

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

MARIANA VICTORINO NICOLosi ARENA

**ABORDAGEM MULTIESCALA PARA AVALIAÇÃO DA OCUPAÇÃO DE
ABELHAS SEM FERRÃO EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DE MATA
ATLÂNTICA**

Sorocaba
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

MARIANA VICTORINO NICOLosi ARENA

**ABORDAGEM MULTIESCALA PARA AVALIAÇÃO DA OCUPAÇÃO DE
ABELHAS SEM FERRÃO EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DE MATA
ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Rogério H. Toppa
Coorientação: Prof^a. Dr^a. Elaine C. M. Silva-Zacarin

Sorocaba
2018

Victorino Nicolosi Arena, Mariana

Abordagem multiescala para avaliação da ocupação de abelhas sem ferrão em fragmentos florestais de Mata Atlântica / Mariana Victorino Nicolosi Arena. - 2018. 91 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Rogério Hatung Toppa

Banca examinadora: Elaine C. M. Silva-Zacarin, Marcos Roberto Martines, Alexandre Marco da Silva

Bibliografia

1. Ecologia da Paisagem. 2. Biologia da conservação. 3. Abelhas sem ferrão. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

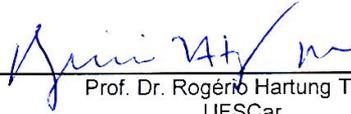


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Folha de Aprovação

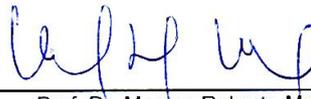
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Mariana Victorino Nicolosi Arena, realizada em 05/02/2018:



Prof. Dr. Rogério Hartung Toppa
UFSCar



Profa. Dra. Elaine Cristina Mathias da Silva Zacarin
UFSCar



Prof. Dr. Marcos Roberto Martines
UFSCar



Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva
UNESP

*“O meu olhar é nítido como um girassol.
Tenho o costume de andar pelas estradas
Olhando para a direita e para a esquerda,
E de vez em quando olhando para trás...
E o que vejo a cada momento
É aquilo que nunca antes eu tinha visto,
E eu sei dar por isso muito bem...
Sei ter o pasmo essencial
Que tem uma criança se, ao nascer,
Reparasse que nascera deveras...
Sinto-me nascido a cada momento
Para a eterna novidade do Mundo...”*

Alberto Caeiro

DEDICATÓRIA
Para Nunes

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para esta conquista, em especial:

Ao meu orientador Rogério Hartung Toppa, à minha co-orientadora Elaine Cristina Mathias da Silva-Zacarin, e ao professor Marcos Roberto Martines, por suas orientações, confiança, paciência e carinho que possibilitaram a existência de todo o trabalho e o meu progresso acadêmico e pessoal. Em especial ao meu orientador Toppa, por ter me ensinado a confiar e acreditar em mim como profissional e por me abrir muitas portas na vida acadêmica;

Ao professor Alexandre Marco da Silva e às professoras Denise de Araújo Alves e Maria Virgínia Urso Guimarães pelas críticas e sugestões;

Aos meus parceiros Fábio Destéfani, Tiago Nunes e Júlio Mascotti por participarem comigo de todas as etapas do projeto e cederem seu tempo, dedicação e amizade;

À minha xará Mariana, por rapidamente ter se tornado minha grande companheira de laboratório durante a fase final do projeto;

À Valquíria Pires, por dividir comigo o material de seu mestrado e por várias vezes me acompanhar nos trabalhos de campo;

À Josimere Assis, por sempre me auxiliar com muito carinho nas questões práticas relativas às abelhas e suas identificações;

À Simone Ribeiro e à Maria Alice, por ajudar no campo;

Ao Roberto do Meliponário Itu, que por diversas vezes me auxiliou com questões relativas às abelhas com entusiasmo e alegria;

Aos proprietários e caseiros das áreas de estudo, que abriram suas portas para a realização da pesquisa e gentilmente nos receberam durante todo o trabalho de campo;

À minha família, por serem o tripé que me sustenta em todas as minhas escolhas. À minha mãe Ana Maria, por sempre torcer e participar ativamente de todos os processos, desde o apoio emocional até “enfiar o pé na lama”. Ao meu pai Ricardo, por sempre me acudir nos momentos em que a vida adulta me passa a perna e por me apoiar independentemente de todas as dificuldades. Ao meu irmão Rafael, por ter me presenteado com o computador com o qual produzi todos os trabalhos, por ter me acompanhado em campo e por ser o melhor amigo que a genética me deu;

Ao meu namorado Thiago, por acreditar mais em mim do que eu mesma, por sempre me estimular a ir atrás dos meus sonhos e por ser o meu psicólogo em tempo integral.

Aos meus amigos Matheus e Isabella, por todo o apoio e companheirismo, mesmo à distância. À Isa, por seu suporte como colega de profissão, e ao Matheus, por suas revisões e críticas dos trabalhos em inglês;

Ao Jon, por ser meu companheiro cotidiano e me fazer sorrir após um dia exaustivo;

A todos os amigos e parentes que ajudaram na arrecadação de garrafas PET e jornais;

A todos os amigos e parentes que torceram por mim durante minha trajetória;

Ao SISBIO pela concessão da autorização de coleta;

Ao PPGSGA e à UFSCar, por possibilitarem a oportunidade de um ensino superior gratuito e de qualidade. À toda equipe de docentes e funcionários que possibilitaram a minha formação no curso, especialmente à Sandra Barros, por ser sempre solícita e eficiente. Aos colegas de curso que cresceram comigo neste percurso, especialmente à Suelen Rodrigues, por representar com responsabilidade o corpo discente, e à Isadora Parada, por diversas vezes ter me prestado auxílio com prontidão e disposição.

RESUMO

ARENA, Mariana V. N. Abordagem multiescala para avaliação da ocupação de abelhas sem ferrão em fragmentos florestais de Mata Atlântica. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2018.

Estudos em múltiplas escalas são essenciais para que se obtenha uma visão holística para a conservação das abelhas. Para a realização destes estudos, deve-se considerar a importância de análises que avaliem tanto a composição da paisagem quanto as variáveis das manchas de habitat e os fatores abióticos. Este estudo visou, portanto, desenvolver modelos para identificação de para abelhas sem ferrão em fragmentos florestais, e abordar os possíveis fatores que influenciam a presença destas abelhas nativas. O estudo foi realizado em de Salto de Pirapora – SP, um município composto por pequenos fragmentos de Mata Atlântica. O modelo espacial foi desenvolvido com base no tamanho do fragmento, tamanho do núcleo, distância até o fragmento mais próximo e distância até o corpo d'água mais próximo. A partir do modelo foram selecionados três fragmentos *hotspot* (com características que favorecem a presença de abelhas sem ferrão com hábito de nidificação arbórea) e três fragmentos controle (considerados fragmentos com características desfavoráveis), e a presença de abelhas foi avaliada a partir da ocupação de abrigos artificiais instalados nos fragmentos. A análise dos abrigos artificiais mostrou que as abelhas estavam sujeitas à competição por recurso de nidificação, à predação e à precipitação. As análises microclimáticas resultaram em dados muito variáveis e não demonstraram correlação significativa com a presença de abelhas. A respeito da escala local, a estrutura da vegetação demonstrou grande importância nas evidências de colonização dos abrigos artificiais, com destaque para o diâmetro e a altura das árvores onde se instalou o abrigo e a presença de arbustos e gramíneas com recursos florais para forrageamento. Houve mais evidências de colonização em abrigos que se localizavam no núcleo dos fragmentos florestais. A análise do entorno de cada fragmento foi um fator essencial para o desenvolvimento do modelo espacial, demonstrando que a atividade de silvicultura foi benéfica para a presença de abelhas sem ferrão e a presença de campo limpo foi um fator negativo. O estudo demonstrou que, para a elaboração de abordagens multiescalas, é essencial que se avalie não somente o tamanho do fragmento e a presença de corpos d'água, mas também a qualidade dos recursos de forrageamento (flores) e nidificação (tamanho das árvores) e o entorno do fragmento. O estudo fornece dados para que as informações sejam extrapoladas para outros contextos fragmentados e incentiva a conservação de pequenos fragmentos florestais como uma estratégia de conservação para abelhas sem ferrão.

Palavras-chave: Meliponini. Paisagem. Conservação. Cobertura de terra.

ABSTRACT

Studies at multiple scales are essential to obtain a holistic view of bee conservation. For the accomplishment of these studies, the importance of analyzes that evaluate the composition of the landscape, the habitat factors and the abiotic factors must be considered. This study aimed to develop models for identification of hotspots for stingless bees in forest patches, and to address possible factors that influence the presence of native bees. The study was conducted in Salto de Pirapora - SP, a municipality composed of small fragments of Atlantic Forest. The spatial model was developed based on fragment size, core size, distance from the nearest forest patch and distance from the nearest body of water. From the spatial model, 3 hotspot forest patches (with characteristics that favor the presence of stingless bees with arboreal nesting habit) and 3 control fragments (considered fragments with unfavorable characteristics) were selected, and the presence of bees was evaluated from the occupation of artificial hives installed in the fragments. The analysis of the artificial hives showed that bees were influenced by competition for nesting sites, by predation and by precipitation. The microclimatic analyzes resulted in very variable data and did not demonstrate a significant relation to the presence of bees. Concerning the local scale, the structure of the vegetation showed great importance to the occupation of the artificial hives, with emphasis on the height and diameter of the trees where the hive was installed and the presence of shrubs and grasses as foraging resources. Bees showed preference to occupy artificial hives that were located in the patches' core. The analysis of the surroundings of each patch was an essential factor for the development of the spatial model, demonstrating that the silviculture activity was beneficial for the presence of bees and the presence of pastures and grasslands was a negative factor. The study suggests that, for the elaboration of multiscale approaches, it is essential to evaluate not only the size of the fragment and the presence of water bodies, but also the quality of foraging (flowers) and nesting (size of trees) resources and the surroundings of the fragment. The study provided content so that the information can be extrapolated to other scenarios and encourages the conservation of the small forest patches as a strategy for the conservation of stingless bees.

Key words: Meliponini. Landscape. Conservation. Land cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Áreas e enfoques da Biologia da Conservação.....	15
Figura 2 - Área de estudo.....	20
Figura 3 - Mapa de hidrografia utilizado para a elaboração do modelo espacial.....	22
Figura 4 – Mapa dos fragmentos florestais utilizado para a elaboração do modelo espacial...	22
Figura 5 - Mapa dos núcleos dos fragmentos florestais utilizado para a elaboração do modelo espacial.....	23
Figura 6 – Detalhes de <i>buffers</i> gerados a partir dos fragmentos florestais para a elaboração do modelo espacial.....	25
Figura 7 - Detalhes de <i>buffers</i> gerados a partir da hidrografia para a elaboração do modelo espacial.....	25
Figura 8 - Classificação dos fragmentos florestais por área.....	26
Figura 9 - Classificação dos núcleos dos fragmentos florestais por área.....	26
Figura 10 - Álgebra de mapas.....	28
Figura 11 - Classificação manual dos valores no histograma.....	28
Figura 12 - Reclassificação de cores e legenda.....	29
Figura 13 - Modelo espacial.....	29
Figura 14 - Fragmentos florestais selecionados para o estudo.....	30
Figura 15 - Confecção dos abrigos artificiais.....	31
Figura 16 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento HA.....	32
Figura 17 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento HB.....	33
Figura 18 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento HC.....	33
Figura 19 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento CA.....	34
Figura 20 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento CB.....	34
Figura 21 - Posição dos abrigos artificiais no fragmento cC.....	35
Figura 22 – Parcela instalada para levantamento da vegetação nos pontos de instalação dos abrigos artificiais.....	37
Figura 23 - Exemplo de parcela dividida em quatro partes iguais.....	38
Figura 24 - Exemplo de características da vegetação.....	39
Figura 25 - Exemplos de estruturas observadas nas parcelas.....	40
Figura 26 - <i>Buffers</i> gerados para a análise dos padrões de cobertura da terra.....	42
Figura 27 - padrão de cobertura da terra na região de cobertura (<i>buffer</i> de 600 m) associado às áreas de estudo (C - fragmentos controle; H - fragmentos <i>hotspot</i>).....	42
Figura 28 - Abrigo colonizado por <i>Scaptotrigona</i> spp.....	46
Figura 29 - Vestígios de abelhas mortas no interior dos abrigos.....	46
Figura 30 - Vestígios de tentativa de colonização nos abrigos.....	47
Figura 31 - Indícios de predação nos abrigos artificiais.....	48
Figura 32 - Conteúdos encontrados nos abrigos artificiais.....	49
Figura 33 - Invertebrados encontrados nos abrigos artificiais.....	50
Figura 34 - Vertebrados encontrados nos abrigos artificiais.....	50
Figura 35 - abrigos com presença de água e mofo.....	51
Figura 36 - Boxplots com os valores medidos para as árvores.....	52
Figura 37 - Análise de agrupamento dos dados da vegetação.....	53
Figura 38 - Análise de PCA dos parâmetros da vegetação.....	54
Figura 39 - Regressão logística dos métricas da vegetação em relação as evidências de colonização nos abrigos artificiais.....	54
Figura 40 - Análise de agrupamento dos dados microclimáticos (H – fragmentos <i>hotspot</i> ; C – fragmentos controle).....	58

Figura 41 – Análise de componentes principais dos atributos microclimáticos obtidos nos fragmentos florestais (H - <i>hotspot</i> ; C - controle).....	59
Figura 42 - Análise de agrupamento dos dados do entorno (C - fragmentos controle; H - fragmentos <i>hotspot</i>).....	61
Figura 43 - Análise de PCA dos padrões de cobertura de terra do entorno (C - fragmentos controle; H - fragmentos <i>hotspot</i>).....	61
Figura 44 - Análise de PCA sintetizando as médias (por parcela) dos dados quantitativos relevantes para o estudo.....	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dados de precipitação (mm) e temperatura (°C) para o período do estudo (Estação Meteorológica de Sorocaba).....	21
TABELA 2 - Presença (1) ou ausência (0) de abelhas sem ferrão.....	48
TABELA 3 – Média e desvio padrão das métricas da vegetação.....	52
TABELA 4 - Total de árvores e líquens associados.....	53
TABELA 5 - Contagem de epífitas, samambaias e troncos por fragmento florestal.....	55
TABELA 6 - Contagem de flores e frutos por extrato em cada fragmento florestal.....	55
TABELA 7 - Caracterização do terreno por fragmento florestal.....	56
TABELA 8 - Análise comparativa da proporção da composição (em %) das parcelas.....	57
TABELA 9 – Média e desvio padrão do monitoramento microclimático.....	58
TABELA 10 - Área total (hectares e porcentagem) de cobertura de terra para a região de cobertura (<i>buffer</i>) de 600 metros.....	60
TABELA 11 - Coeficientes de correlação linear (Pearson) para a relação entre o número de abrigos com evidências de colonização e cada parâmetro quantitativo analisado no estudo...	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Variáveis utilizadas na confecção do modelo espacial.....	24
QUADRO 2 – Cobertura da terra de Salto de Pirapora.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPAGRI Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

EMPLASA Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NEEPC Núcleo de Estudos em Ecologia da Paisagem e Conservação

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

UFSCar Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	15
3.1. CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.....	15
3.2. ABELHAS SEM FERRÃO.....	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
4.2.1. Elaboração do Modelo	21
4.2.2. Confecção e instalação dos abrigos artificiais	31
4.2.3. Levantamento de Dados	35
4.2.3.1. Dados de ocupação dos abrigos artificiais.....	35
4.2.3.2. Parâmetros climáticos.....	35
4.2.3.3. Parâmetros da vegetação.....	36
4.2.4. Caracterização da cobertura da terra associada aos fragmentos florestais	40
4.3. ANÁLISE DE DADOS.....	43
4.3.1. Abrigos artificiais	43
4.3.2. Atributos climáticos	43
4.3.3. Parâmetros da vegetação	44
4.3.4. Análise dos padrões da cobertura da terra	44
4.3.5. Síntese dos resultados	44
5. RESULTADOS	46
5.1. ABRIGOS ARTIFICIAIS.....	46
5.2. PARÂMETROS DA VEGETAÇÃO.....	51
5.3. ATRIBUTOS CLIMÁTICOS.....	57
5.4. ANÁLISE DOS PADRÕES DE COBERTURA DA TERRA.....	59
5.5. SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	62
6. DISCUSSÃO	64
7. CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICES	77

1. INTRODUÇÃO

As abelhas representam o grupo mais importante entre os insetos polinizadores de florestas tropicais (BAWA, 1990) e estão entre os principais polinizadores das culturas agrícolas importantes economicamente em todo o mundo (WINFREE, 2010; GIANNINI *et al.*, 2015). Preocupantemente, muitas populações de abelhas estão em declínio (GOULSON *et al.*, 2015; POTTS *et al.*, 2010), especialmente devido aos efeitos negativos dos agrotóxicos, às mudanças climáticas, à introdução e difusão de espécies exóticas, à intensificação da agricultura, e à fragmentação e perda de habitat (FREITAS *et al.* 2009; STEFFAN-DEWENTER e WESTPHAL, 2008; WINFREE 2010).

A composição da paisagem apresenta um papel fundamental ao determinar a riqueza e a abundância de espécies de abelhas em uma mancha de habitat (FABIAN *et al.*, 2013), e diferentes grupos de abelhas podem mostrar respostas contrastantes a diferentes usos da terra e às mudanças que neles ocorrem (CARRÉ *et al.*, 2009; MONTERO-CASTAÑO e VILA, 2012). Deve-se avaliar a influência de fatores antrópicos de alteração na paisagem, como o isolamento dos ninhos (KREYER *et al.*, 2004; KREWENKA *et al.*, 2011; FABIAN *et al.*, 2013), a urbanização (ZANETTE *et al.*, 2005; BENNETT e GRATTON, 2012; MATTESON *et al.*, 2013) e a proporção de áreas naturais remanescentes (McFREDERICK e LEBUHN, 2006; BOLGER *et al.*, 2000).

A redução da conectividade da paisagem afeta a dinâmica das colônias de abelhas, posto que a polinização e o fluxo gênico diminuem com a distância dos ninhos e com a fragmentação de ambientes naturais, e o isolamento de habitats e de áreas de forrageamento exerce diferentes efeitos em diferentes espécies (KREYER *et al.*, 2004; HATFIELD e LEBUHN, 2007; KREWENKA *et al.*, 2011; BENNETT e GRATTON, 2012). Para as comunidades de abelhas, as alterações na paisagem (fragmentação, perda, isolamento e modificação do habitat) implicam na redução da diversidade de flores para forrageamento e de locais adequados para a nidificação (ROULSTON e GOODELL, 2011; MONTERO-CASTAÑO e VILA, 2012). Abelhas generalistas quanto às necessidades de nidificação podem ser aptas a sobreviverem em um cenário de mudanças de habitat, porém abelhas mais especializadas, como as que nidificam em troncos de árvores, podem não resistir a essas alterações (FERREIRA *et al.* 2015). Os fragmentos florestais apresentam grande importância no fornecimento de recursos, e essa distribuição é essencial para a reprodução de abelhas em paisagens heterogêneas (WILLIAMS e KREMEN, 2007).

Para a realização de estudos completos com comunidades de abelhas, deve-se considerar a importância das análises em múltiplas escalas, que avaliem tanto a composição de paisagem quanto as variáveis do habitat (HATFIELD e LEBUHN, 2007), incluindo os fatores abióticos. Foi constatado, por exemplo, que a atividade de forrageamento de espécies de abelhas dependem da interação entre luminosidade e temperatura (POLATTO *et al.*, 2014), que o armazenamento de alimentos depende da variação sazonal entre estações de chuva e de seca (ALEIXO *et al.*, 2017) e que a umidade exerce influência positiva tanto na abundância de espécies de abelhas grandes (HATFIELD e LEBUHN, 2007) quanto nas pequenas (SÁROSPATAKI *et al.*, 2009). Entretanto, o desenvolvimento de modelos que determinem a atividade das abelhas em função de fatores abióticos é uma tarefa difícil, já que os fatores são dependentes não somente de variáveis climáticas, mas de uma série de outras variáveis (como a disponibilidade de recursos florais, o tamanho corpóreo e o comportamento) e suas relações (POLATTO *et al.*, 2014).

No contexto do desenvolvimento de modelos para a conservação de polinizadores, a falta de programas integrados de monitoramento resulta em dados fragmentados, de forma que o maior desafio da conservação é, não somente identificar as diferentes ameaças, mas avaliar como estas ameaças interagem e afetam conjuntamente esses organismos (POTTS *et al.*, 2010). Assim, estudos em múltiplas escalas são essenciais para que se obtenha uma visão holística para a conservação das abelhas. Este estudo aborda os possíveis fatores que influenciam a presença de abelhas sem ferrão nativas em paisagens fragmentadas, destacando-se por abranger desde uma escala regional (entorno dos fragmentos florestais) até uma escala local (interior dos abrigos artificiais para nidificação de abelhas sem ferrão). O trabalho foi construído com base em um modelo espacial, seguindo com a análise da composição e da cobertura da terra da paisagem no entorno dos fragmentos, com a caracterização dos fragmentos florestais trabalhados, e com o monitoramento do microclima e da ocupação das abelhas nos abrigos artificiais.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo para detecção de *hotspots* de ocorrência de abelhas sem ferrão em fragmentos florestais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a efetividade dos abrigos artificiais para nidificação de abelhas sem ferrão para a detecção de abelhas em pequenos fragmentos florestais de Mata Atlântica;
- Verificar se a presença de abelhas nos fragmentos florestais pode ser influenciada pela estrutura da vegetação;
- Verificar se a presença de abelhas nos fragmentos florestais pode ser influenciada por parâmetros climáticos;
- Detectar quais coberturas de terra são importantes para a presença de abelhas sem ferrão em uma paisagem fragmentada;
- Fornecer subsídios para o posterior desenvolvimento de modelos para diferentes espécies de abelhas sem ferrão nativas.

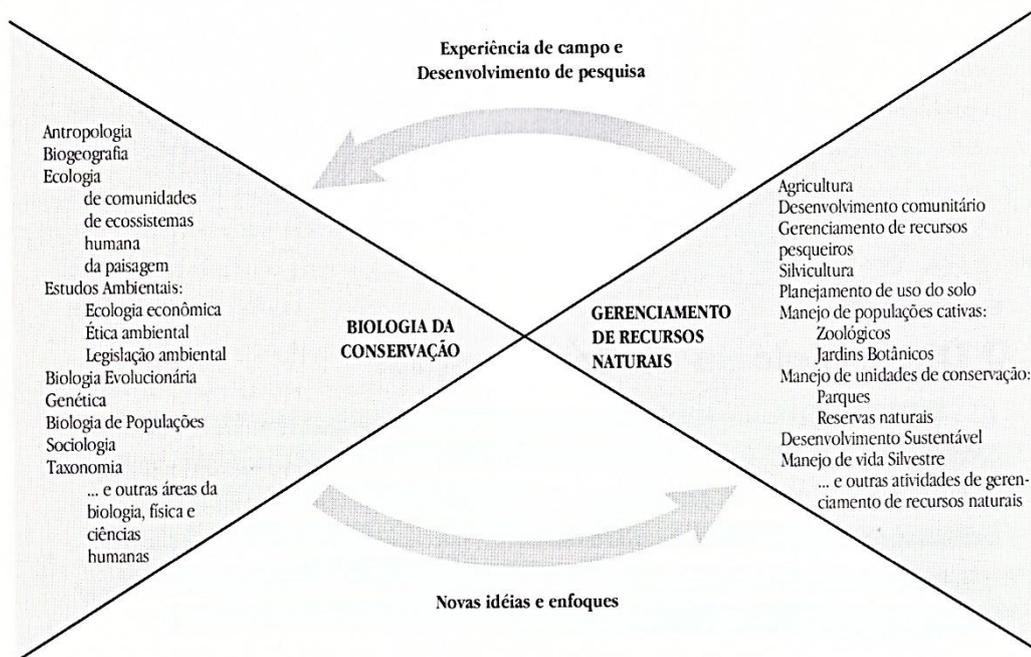
3. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

3.1. CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

A Biologia da Conservação surge como uma Ciência demandada em um cenário de crise, a respeito das consequências ecológicas das perturbações antrópicas, sendo função dos conservacionistas diminuir a taxa de destruição da diversidade biótica e assim trazer mudanças significativas ao longo do tempo (SOULE, 1985). Seu propósito é sintetizar diversas áreas e enfoques (Figura 1), já que as disciplinas tradicionais não trazem a abrangência necessária para lidar com essas questões.

A biologia da conservação complementa as disciplinas aplicadas, fornecendo uma abordagem mais teórica e geral para a proteção da diversidade biológica; ela difere das outras disciplinas porque leva em consideração, em primeiro lugar, a preservação a longo prazo de todas as comunidades biológicas e coloca os fatores econômicos em segundo plano (PRIMACK e RODRIGUES, 2001, p. 6).

FIGURA 1- ÁREAS E ENFOQUES DA BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO



Fonte: PRIMACK e RODRIGUES, 2001, p. 6.

Um dos campos essenciais para os estudos da Biologia da Conservação é a Ecologia da Paisagem. Apesar de a comunidade científica ter atualmente uma noção mais integradora sobre as escolas da Ecologia da Paisagem, essa Ciência baseia-se em duas diferentes abordagens na definição de Paisagem: uma centrada nas interações da sociedade com seu ambiente, que segue a abordagem geográfica, e uma centrada nas “consequências do padrão

espacial nos processos ecológicos”, que segue a abordagem ecológica (METZGER, 2001, p. 3).

Numa conceituação mais abrangente, em relação às definições anteriores, propõe-se que a paisagem seja definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação (METZGER, 2001, p. 4).

Dessa forma, a Ecologia da paisagem é reconhecida como uma “Ciência interdisciplinar de heterogeneidade”, sendo a heterogeneidade “uma estrutura multiescala composta por manchas entrelaçadas e gradientes no espaço e no tempo” (WU, 2006, p. 1, tradução própria). Esse foco na heterogeneidade “é o que torna a perspectiva da paisagem tão importante para a Ecologia nos diferentes níveis organizacionais e para as Ciências da Terra nos diferentes alcances de escalas espaciais”, sendo a heterogeneidade uma “causa e consequência essencial da diversidade e complexidade da diversidade em sistemas naturais” (WU, 2006, p. 1, tradução própria).

Ao se sobrepor a Biologia da Conservação com a Ecologia da Paisagem, é possível destacar várias áreas de interesse em comum, como por exemplo, as interações entre as perturbações, a dinâmica de manchas e a dinâmica de populações; e as interações entre o fluxo da paisagem e a fragmentação (HOBBS, 1993). Processos de fragmentação e perda de habitat representam as maiores ameaças à conservação de espécies em seus habitats naturais, já que a fragmentação reduz a área total do habitat (MURCIA, 1995), diminuindo assim a sua área núcleo. Um fragmento florestal com menor área de núcleo apresenta maior superfície de contato da borda com o ambiente, sendo assim mais diretamente afetado por fatores externos (luz, temperatura e umidade), de forma que muitas espécies sensíveis não sobrevivem nas bordas (MURCIA, 1995). Diversos estudos documentam os efeitos negativos da fragmentação em diferentes escalas e espécies (BREGMAN *et al.*, 2014; MAGRACH *et al.*, 2014; FARIAS *et al.*, 2015; HADDAD *et al.*, 2015; BENÍTEZ-MALVIDO *et al.*, 2016; BLANDÓN *et al.*, 2016).

As variações nos parâmetros ecológicos das espécies em relação aos habitats de borda são respostas essenciais para o entendimento da influência da estrutura da paisagem na qualidade do habitat, e a diversidade desses estudos se torna fundamental, já que as repostas das diferentes espécies podem não variar, variar positivamente ou negativamente aos efeitos da borda (RIES e SISK, 2004). Diversos estudos apresentam e seguem diferentes conceitos de borda (os quais melhor se adequam aos objetivos da pesquisa), que variam de acordo com a origem, a estrutura espacial, a função e a dinâmica temporal (STRAYER *et al.*, 2003). Neste

trabalho, foi assumido para o conceito de borda do fragmento florestal uma descontinuidade surgida a partir da interrupção da floresta por alteração antropogênica da cobertura da terra, como por exemplo, a conversão da floresta em áreas de cultivo agrícola.

As florestas tropicais abrangem grande concentração de diversidade biológica, sendo as mais ricas em espécies terrestres, mas encontram-se ameaçadas por impactos antrópicos como desmatamento, fragmentação e degradação (LEWIS *et al.*, 2013). Modificações nas florestas tropicais levam a alterações em importantes serviços ecossistêmicos, os quais podem ocorrer em níveis globais (como nos ciclos geoquímicos), mas são mais comumente documentados em escala local (como na decomposição e na polinização) (LEWIS *et al.*, 2013). Para garantir a manutenção da biodiversidade nessas florestas, os esforços para conservação devem abranger não apenas nos limites das áreas protegidas, mas em uma perspectiva mais ampla de paisagens e ecossistemas, buscando manter o funcionamento e a diversidade ecológica em paisagens tropicais antropizadas (LEWIS *et al.*, 2013).

A Mata Atlântica brasileira é um *hotspot* de biodiversidade, sendo, portanto, uma prioridade global para a Conservação (MYERS *et al.*, 2000). Abriga mais de 20 mil espécies de plantas, (sendo oito mil endêmicas), 270 espécies conhecidas de mamíferos, 992 espécies de aves, 197 répteis, 372 anfíbios e 350 peixes (S.O.S. MATA ATLÂNTICA, 2016).

Essa floresta é um *Hotspot* mundial, ou seja, uma das áreas mais ricas em biodiversidade e mais ameaçadas do planeta e também decretada Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional, na Constituição Federal de 1988. A composição original da Mata Atlântica é um mosaico de vegetações definidas como florestas ombrófilas densa, aberta e mista; florestas estacionais decidual e semidecidual; campos de altitude, mangues e restingas (S.O.S. MATA ATLÂNTICA, 2016).

Bioma altamente ameaçado, a Mata Atlântica brasileira originalmente abrangia uma área equivalente a 1,3 milhão km², restando hoje apenas 12,5% da área (S.O.S. MATA ATLÂNTICA, 2014), em uma composição de 245.173 fragmentos florestais, o maior deles localizado na Serra do Mar (RIBEIRO *et al.*, 2009). Do total, 83,4% dos fragmentos são menores 250 ha, sendo estes extremamente importantes para aumentar a conectividade da paisagem (RIBEIRO *et al.*, 2009).

3.2. ABELHAS SEM FERRÃO

As abelhas sem ferrão (tribo Meliponini) constituem o grupo polinizador mais abundante das florestas neotropicais (ROUBIK, 1989). São abelhas sociais e de grande interesse para estudos ecológicos, pois “devido à diversidade de suas respostas ambientais a desafios ecológicos específicos, os Meliponini são muito compatíveis com estudos comparativos de várias adaptações ao ambiente encontrado em abelhas sociais” (HRNCIR *et al.*, 2016, p. 599, tradução própria). Neste contexto, é de destaque “as sofisticadas ações cooperativas e coletivas de colônias inteiras, que formam a base do sucesso ecológico de diferentes espécies de abelhas sob condições particulares, prevalecendo em seus respectivos ambientes” (HRNCIR *et al.*, 2016, p. 599, tradução própria).

O grupo apresenta grandes variações comportamentais e morfológicas entre os gêneros (SILVEIRA *et al.*, 2002; MICHENER, 2007), e essa diversidade morfológica resulta em diversificados alcances de voo, já que as distâncias de voo que percorrem se relacionam diretamente com os tamanhos corpóreos (VAN NIEUWSTADT e IRAHETA, 1996; ARAÚJO *et al.*, 2004; GREENLEAF *et al.*, 2007). Levantamentos bibliográficos mostraram que a distância máxima de voo pode chegar a 2.400 m (*Melipona fasciata*, Latreille, 1811) (ROUBIK e ALUJA, 1983). Entretanto, em metodologias que envolvem captura e soltura, tipicamente as abelhas não retornam às colônias quando são soltas a distâncias maiores que 1.000 m, sendo que apenas abelhas dos gêneros *Melipona* e *Trigona* retornam dessas distâncias (GREENLEAF *et al.* 2007). Ainda, as reais distâncias que as abelhas percorrem para o forrageamento dependem da atratividade do recurso compensar a sua distância em relação ao ninho e da disponibilidade de recursos alternativos nas proximidades, de maneira que comumente não ultrapassam 500 m (HEARD, 1999).

As abelhas desse grupo podem ser consideradas como generalistas no forrageamento de flores e néctar que provém às suas colônias (FERREIRA *et al.*, 2015), pois são capazes de forragear tanto em florestas íntegras quanto em florestas fragmentadas (BROSI, 2009). Entretanto, muitos gêneros de abelhas sem ferrão apresentam preferência em nidificar em troncos de árvores (ELTZ *et al.*, 2003), especialmente em árvores de maior diâmetro (SAMEJIMA *et al.*, 2004). Assim, abelhas com hábitos de nidificar “acima do chão”, como em troncos de árvores vivas, são consideradas especialistas em relação aos hábitos de nidificação, sendo negativamente afetadas por processos de perda de habitat e fragmentação (FERREIRA *et al.*, 2015). Ainda, o aumento na área de borda do fragmento florestal pode trazer consequências negativas às comunidades de abelhas que nidificam em cavidades pré-existentes, já que a diversidade destas espécies é maior no núcleo (STANGLER *et al.*, 2016).

Uma peculiaridade deste grupo é o processo de enxameamento, pois as abelhas continuam dependentes da colônia original por um tempo até que a nova colônia se estabeleça:

Diferente de Apini, novos ninhos começam com operarias indo e voltando de uma colônia pré-existente, carregando materiais de construção e alimentos, para o novo local. Por fim, uma jovem rainha vai ao novo local, onde operarias residem, e a independência em relação à velha colônia é gradualmente obtida ao longo de um período de semanas ou meses. A dispersão a longas distâncias por indivíduos reprodutores ou por enxameamento é então impossível (MICHENER, 2007, p. 803, tradução própria).

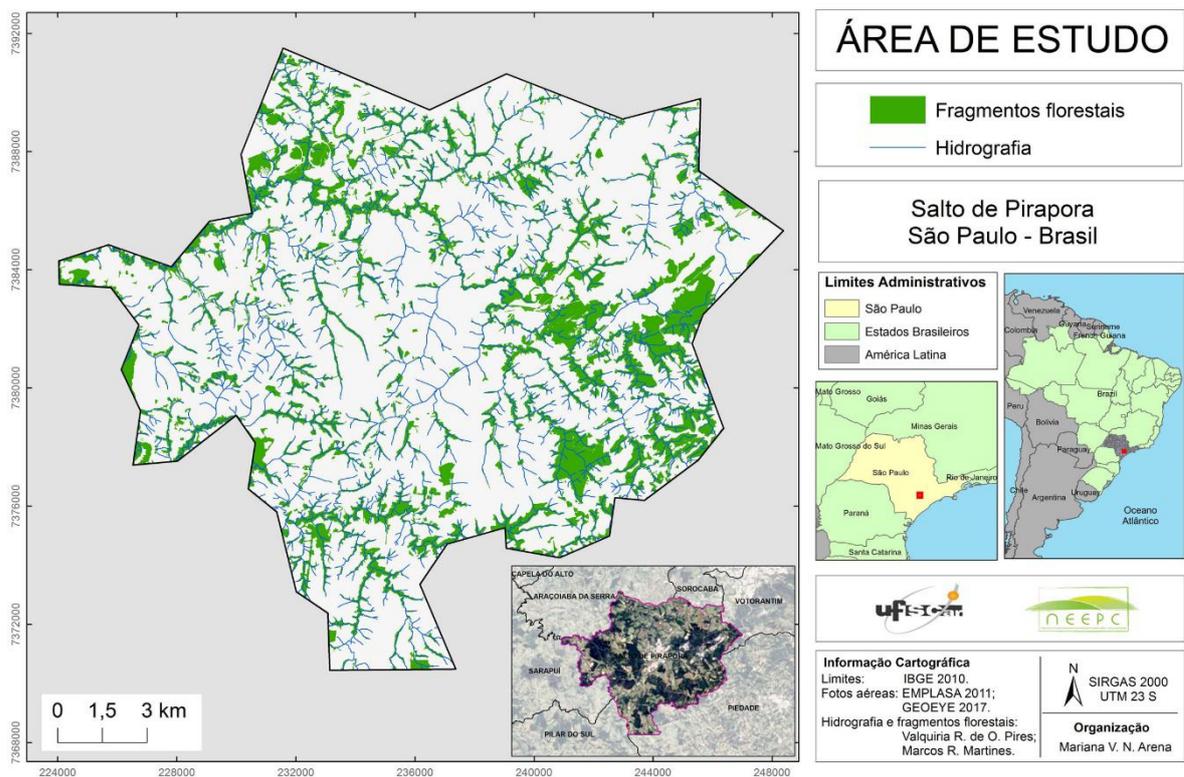
Assim, a relação que essas abelhas mantêm com o espaço que ocupam e o trajeto que percorrem é essencial para a manutenção e o estabelecimento de colônias e, portanto, para sua conservação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em fragmentos florestais de Mata Atlântica localizados no município de Salto de Pirapora (Figura 2), na região metropolitana de Sorocaba, interior do Estado de São Paulo (Apêndice A). Segundo a classificação de Köeppen, o clima é caracterizado como “Cwa”, clima subtropical quente (CEPAGRI, 2017). Durante o período de estudo (Tabela 1), de agosto de 2016 a abril de 2017, a temperatura média mensal foi de 21,4°C e a precipitação total registrada foi de 1.148,4 mm. A temperatura mensal mínima registrada foi 17,1 °C (em agosto) e a temperatura mensal máxima foi 24,9 °C (em fevereiro). A menor precipitação registrada foi 23,2 mm em setembro e a máxima foi 291,8 mm em janeiro (INMET, 2017).

FIGURA 2 - ÁREA DE ESTUDO



Fonte: Própria autora.

TABELA 1 - Dados de precipitação (mm) e temperatura (°C) para o período do estudo (Estação Meteorológica de Sorocaba).

Ano	Mês	Precipitação mensal total (mm)	Temperatura média mensal (°C)	Temperatura máxima mensal (°C)	Temperatura mínima mensal (°C)
2016	Agosto	74,4	17,8	18,7	17,1
	Setembro	23,2	18,9	19,6	18,2
	Outubro	135,6	20,9	21,6	20,2
	Novembro	69,4	21,3	22,0	20,7
	Dezembro	173,2	23,0	23,7	22,3
2017	Janeiro	291,8	23,4	24,0	22,9
	Fevereiro	138,6	24,2	24,9	23,5
	Março	127,0	22,4	23,1	21,8
	Abril	115,2	20,5	21,1	19,9

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2017.

O município de Salto de Pirapora está inserido na sub-bacia Baixo Sorocaba - Sarapuí/Pirapora – Tatuí, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Tietê/Sorocaba (UGRHI 10). Situa-se a uma altitude de 630 m (CEPAGRI, 2017) e pertence ao bioma Mata Atlântica. Possui uma área total de 28.126,98 ha, com predomínio de pastos (29,49% da área total) e silvicultura (21,88%), e apresenta uma área total de 5.996 ha (21,32%) de cobertura vegetal (PIRES *et al.*, 2016a). Apresenta um total de 700 fragmentos florestais, majoritariamente pequenos, sendo somente 27 (3,8%) maiores que 50 ha (PIRES *et al.*, 2016b).

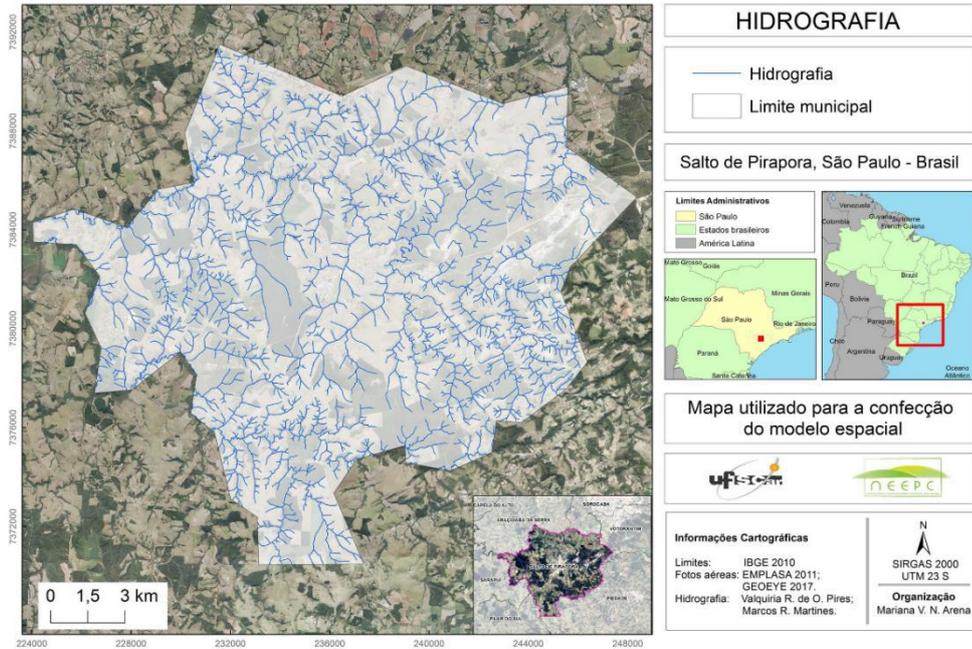
4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1. Elaboração do Modelo

Para subsidiar a elaboração do modelo, foram utilizados planos de informação em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), com informações relativas à hidrografia (Figura 3), fragmentos de floresta (Figura 4) e núcleos dos fragmentos de floresta (Figura 5) do município de Salto de Pirapora, que compõe o Banco de Dados Geográficos do NEEPC (PIRES, 2016). O plano de hidrografia foi gerado a cobertura de terra da base cartográfica do IGC (1:10.000) e ajustada por meio de técnicas de fotointerpretação, com o auxílio de ortofotos do Sistema Mapeia São Paulo de Visualização de Dados da Emplasa, ano 2011, com resolução de 1 m. Os fragmentos de floresta e as demais classes de cobertura da terra que compõem o banco de dados foram vetorizados com o uso das ortofotos da Emplasa, e

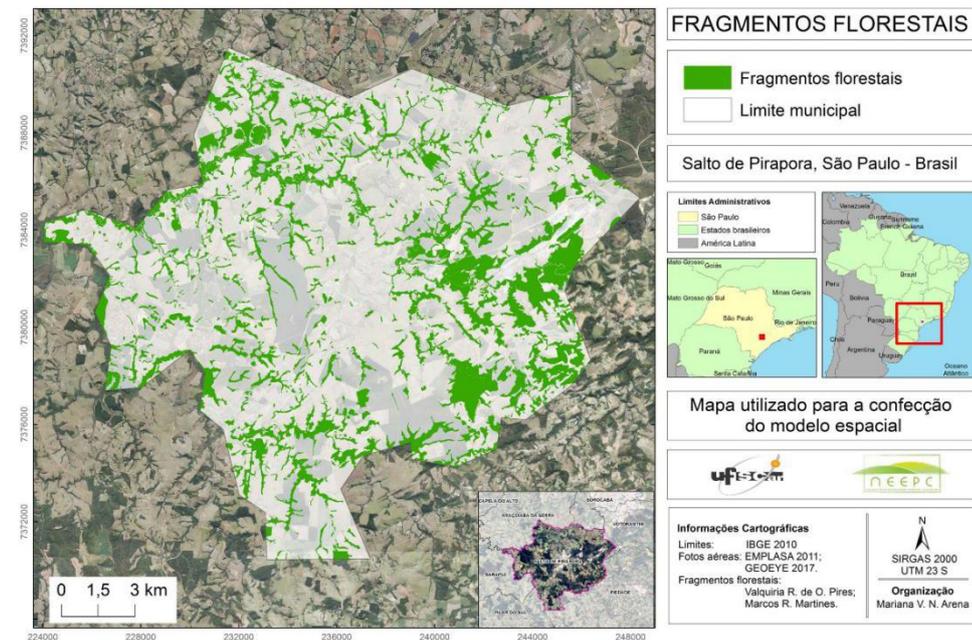
posteriormente foi realizado um levantamento de campo para conferência e ajustes do mapeamento (PIRES, 2016).

FIGURA 3 - MAPA DE HIDROGRAFIA UTILIZADO PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO ESPACIAL



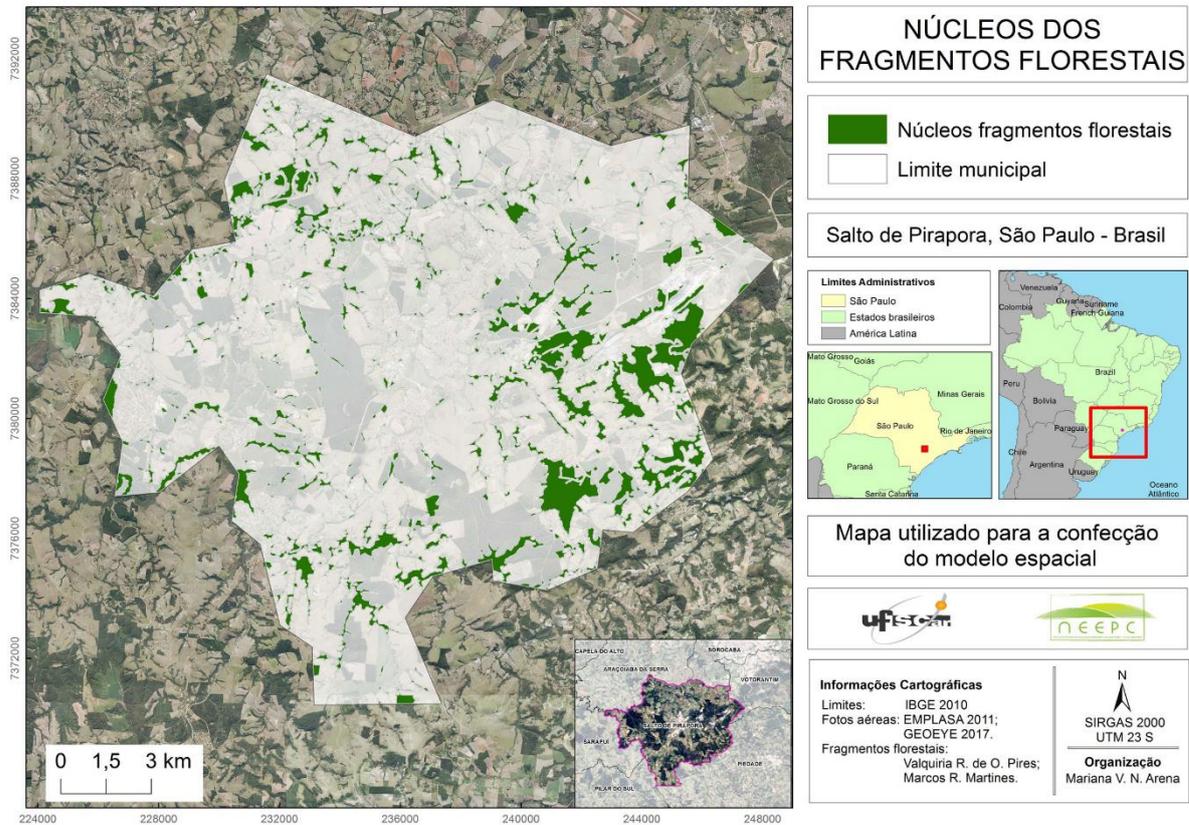
Fonte: Própria autora.

FIGURA 4 – MAPA DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS UTILIZADO PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO ESPACIAL



Fonte: Própria autora.

FIGURA 5 - MAPA DOS NÚCLEOS DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS UTILIZADO PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO ESPACIAL



Fonte: Própria autora.

Quatro variáveis foram definidas como prioritárias para a detecção de abelhas sem ferrão sensíveis à fragmentação: (i) tamanho do fragmento florestal; (ii) tamanho da área núcleo do fragmento florestal; (iii) parâmetros de conectividade e isolamento, utilizando-se como variável a distância para o fragmento mais próximo; (iv) a menor distância para corpos d'água (Quadro 1). Por se tratarem de fragmentos florestais com área pequena, para a definição do núcleo foi considerada uma distância de 35 m de borda (RODRIGUES, 1988; DEGEN *et al.*, 2010; BOURLEGAT, 2003 *apud* JESUS *et al.* 2015).

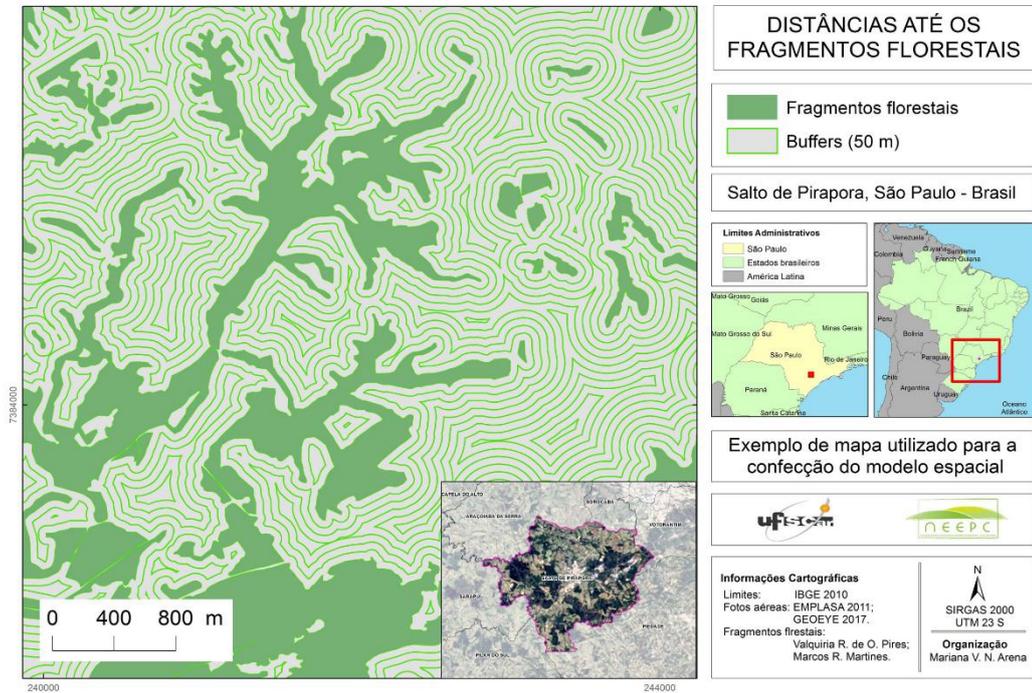
QUADRO 1 - Variáveis utilizadas na confecção do modelo espacial.

Variável	Justificativa	Referência
Tamanho do fragmento	Diversas espécies dependem de ocos de árvores de grande porte para nidificar. Essas árvores se encontram geralmente em fragmentos grandes, antigos e mais íntegros.	ELTZ <i>et al.</i> , 2003 SAMEJIMA <i>et al.</i> , 2004 FERREIRA <i>et al.</i> , 2015
Tamanho do núcleo	O fragmento florestal com menor área de núcleo recebe mais diretamente a influência de elementos externos, de forma que muitas espécies sensíveis deixam de existir nas bordas.	MURCIA, 1995 STANGLER <i>et al.</i> , 2016
Distância até o fragmento	A proximidade e a conectividade entre os fragmentos possibilitam o forrageamento e a dispersão das abelhas. A abundância de abelhas sem ferrão diminui com o aumento da distância ao fragmento mais próximo.	KREYER <i>et al.</i> , 2004 BROSI <i>et al.</i> , 2007 HATFIELD e LEBUHN, 2007 KREWENKA <i>et al.</i> , 2011 BENNETT e GRATTON, 2012
Distância até o corpo d'água	A umidade pode influenciar positivamente na abundância de abelhas grandes e pequenas.	HATFIELD e LEBUHN, 2007 SÁROSPATAKI <i>et al.</i> , 2009

Fonte: Própria autora.

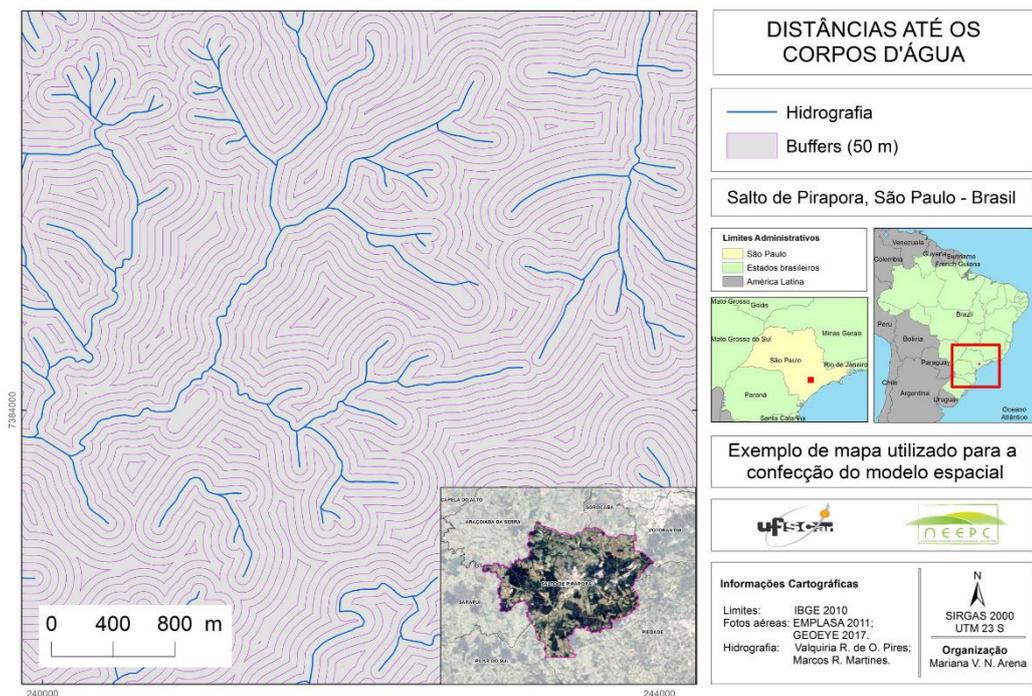
Todo o modelo foi elaborado em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Foram geradas quatro mapas, dois para o cálculo das distâncias (uma com base nos fragmentos florestais e uma com base na hidrografia) e dois para o cálculo das áreas (uma para a área dos fragmentos florestais e uma para a área núcleo dos fragmentos). Para o cálculo das distâncias foram gerados *buffers* (regiões de cobertura) com o uso dos mapas dos fragmentos florestais (Figura 6) e da hidrografia (Figura 7), com distância de 50 m entre os anéis de região de cobertura. Os tamanhos dos fragmentos florestais (Figura 8) e dos núcleos dos fragmentos florestais (Figura 9) foram classificados de acordo com a área.

FIGURA 6 – DETALHES DE *BUFFERS* GERADOS A PARTIR DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO ESPACIAL



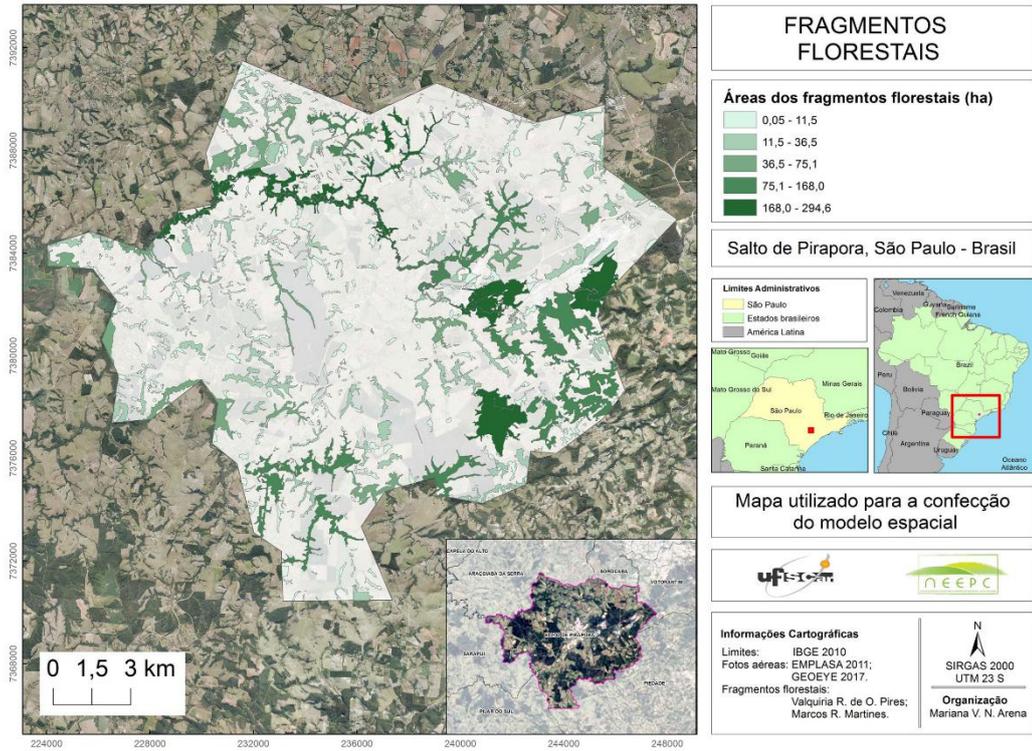
Fonte: Própria autora.

FIGURA 7 - DETALHES DE *BUFFERS* GERADOS A PARTIR DA HIDROGRAFIA PARA A ELABORAÇÃO DO MODELO ESPACIAL



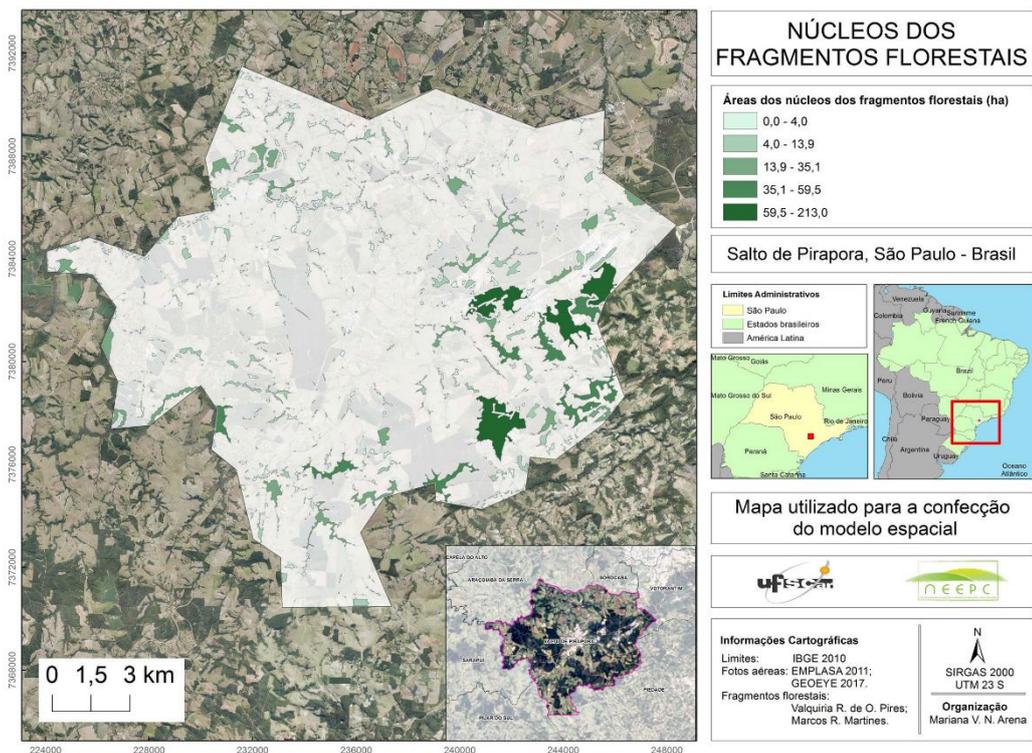
Fonte: Própria autora.

FIGURA 8 - CLASSIFICAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR ÁREA



Fonte: Própria autora.

FIGURA 9 - CLASSIFICAÇÃO DOS NÚCLEOS DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR ÁREA



Fonte: Própria autora.

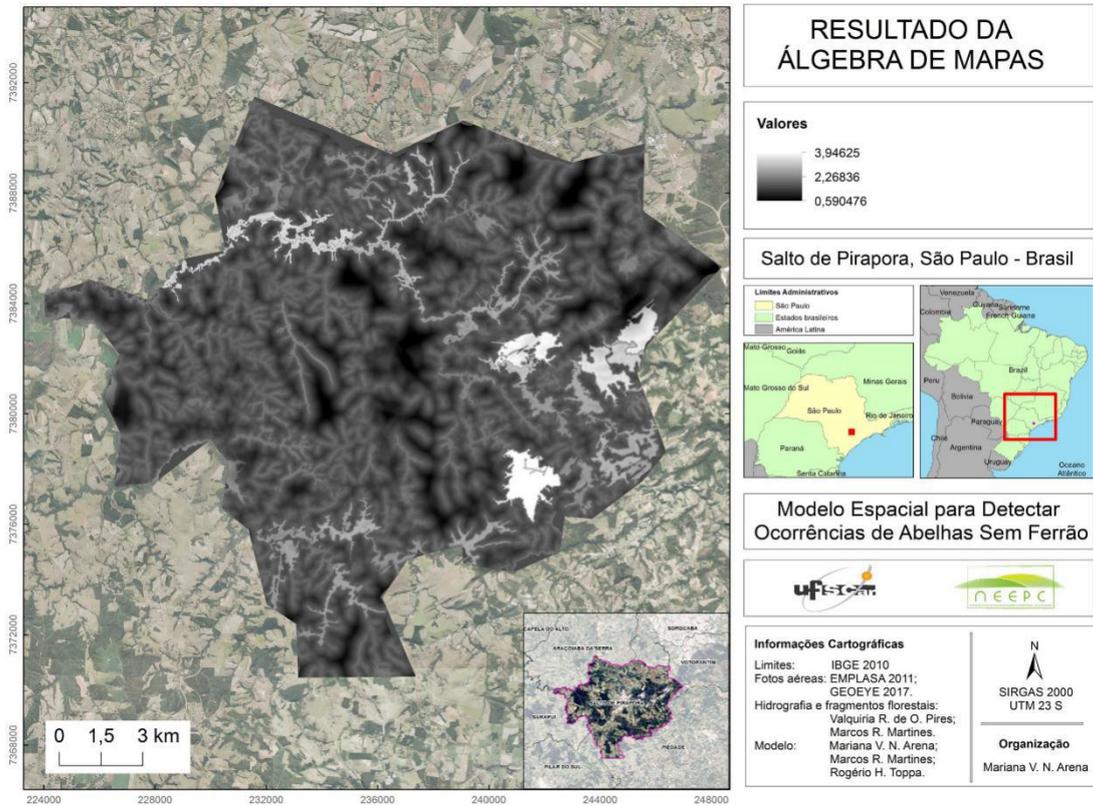
Para padronizar os valores métricos e torna-los passíveis de comparação entre si, as quatro camadas foram normalizadas com valores entre 0 a 1, seguindo a fórmula (1):

$$\left(z_i^k\right)_N = \frac{z_i^k - z_{min}^k}{z_{max}^k - z_{min}^k} \quad (1)$$

A fórmula refere-se a um atributo k , no qual a alternativa i tem o valor z_i^k . Para o cálculo das distâncias o maior valor foi atribuído à menor distância (0 – mais longe; 1 – mais próximo), considerando que menores distâncias até os fragmentos e menores distâncias até os corpos d'água favorecem a presença de abelhas sem ferrão. Para o cálculo das áreas o maior valor foi atribuído à maior área (0 – menor área; 1 – maior área), considerando que maiores áreas de fragmento florestal e maiores áreas-núcleo de fragmentos florestais favorecem a presença de abelhas sem ferrão. Os mapas em formato vetorial foram convertidos para formato *raster* (tamanho do pixel = 5), para que pudesse ser realizada a álgebra de mapas. Foram obtidos como resultado quatro novos mapas nos quais a cada pixel foi atribuído um valor entre 0 e 1: 0 – menos favorável à ocorrência de abelhas sem ferrão; 1 – mais favorável.

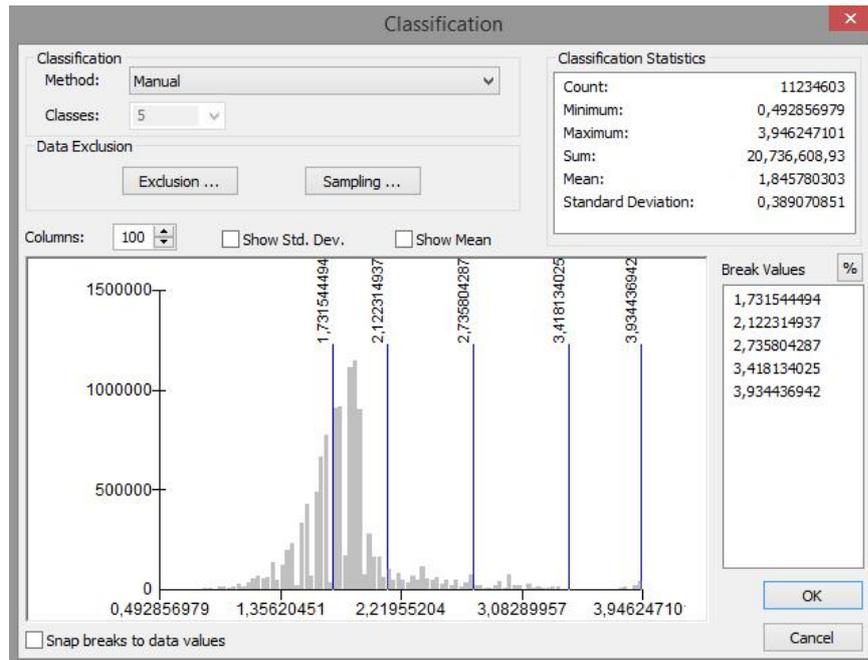
Por fim, foi criado um único mapa contendo a soma das anteriores por meio da álgebra de mapas (Figura 10), no qual cada pixel assume um valor de 0 a 4 (até 1 por camada somada). O mapa final foi reclassificado em cinco categorias a partir da classificação manual do histograma (Figura 11). As cores foram redefinidas para melhor visualização, com os valores indicados do menor (verde escuro) para o maior (vermelho), sendo que, quanto maior o valor, maiores as chances de se encontrar abelhas no local indicado (Figura 12). O resultado obtido para o modelo espacial pode ser visualizado na Figura 13.

FIGURA 10 - ÁLGEBRA DE MAPAS



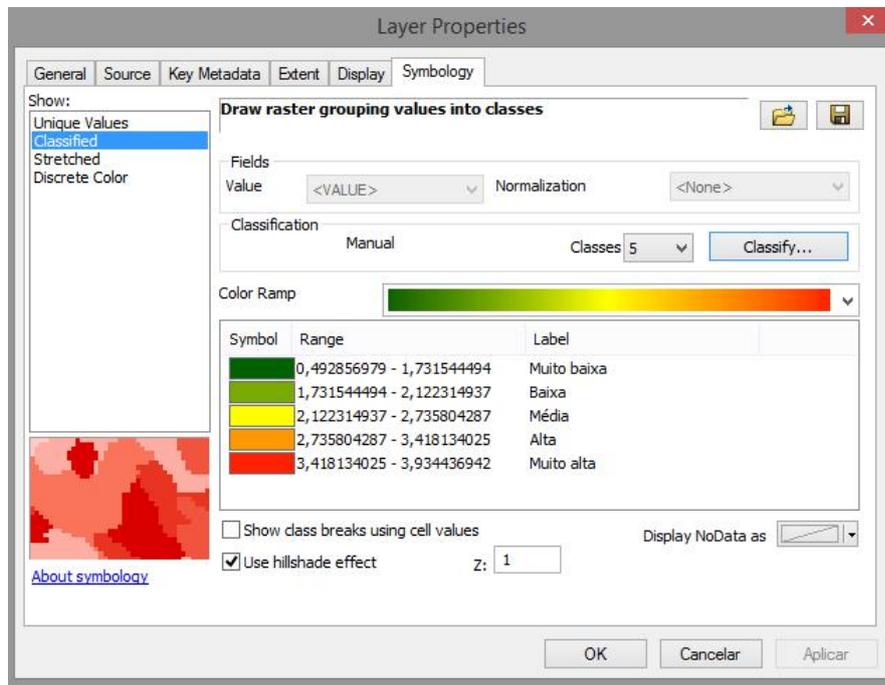
Mapa resultante da álgebra, contendo a soma das quatro camadas *raster*: distância até o fragmento florestal, distância até o corpo d'água, área do fragmento e área do núcleo do fragmento. Fonte: Própria autora.

FIGURA 11 - CLASSIFICAÇÃO MANUAL DOS VALORES NO HISTOGRAMA



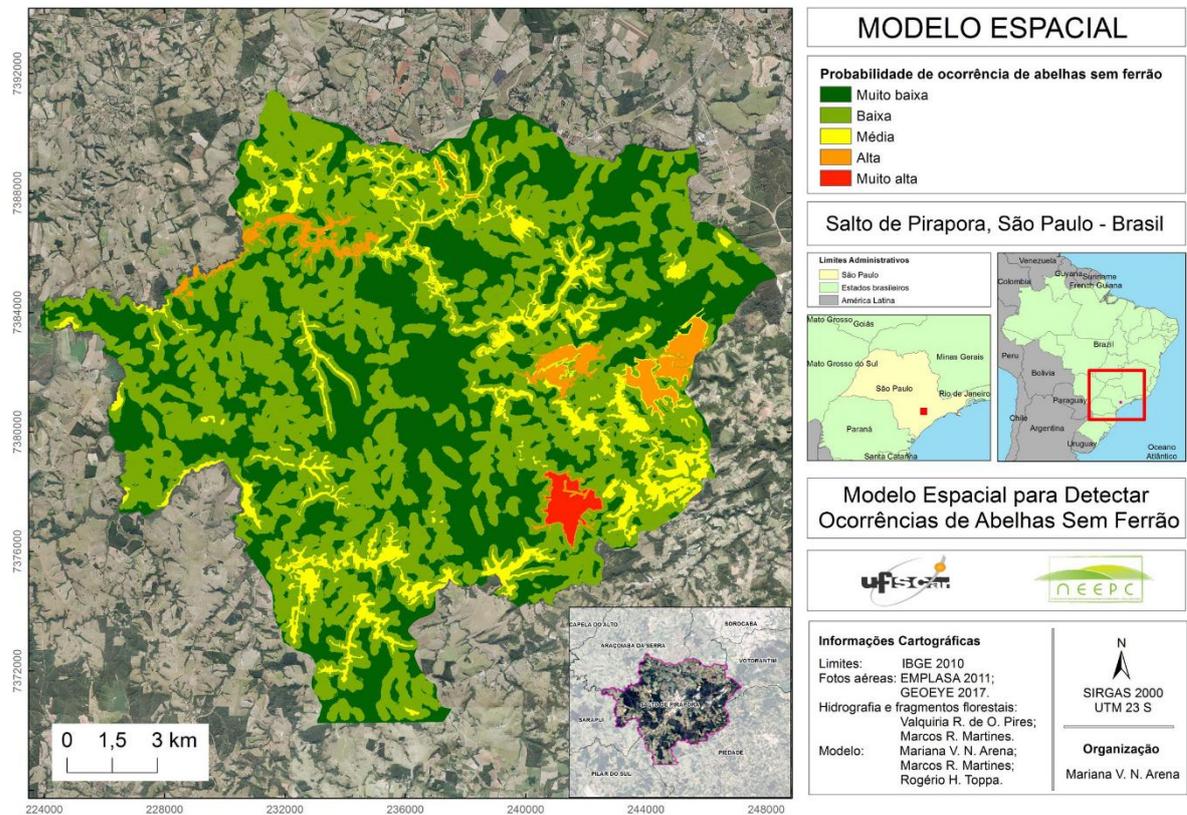
Fonte: Própria autora. Software: ArcMap 10.2.1

FIGURA 12 - RECLASSIFICAÇÃO DE CORES E LEGENDA



Fonte: Própria autora. Software: ArcMap 10.2.1

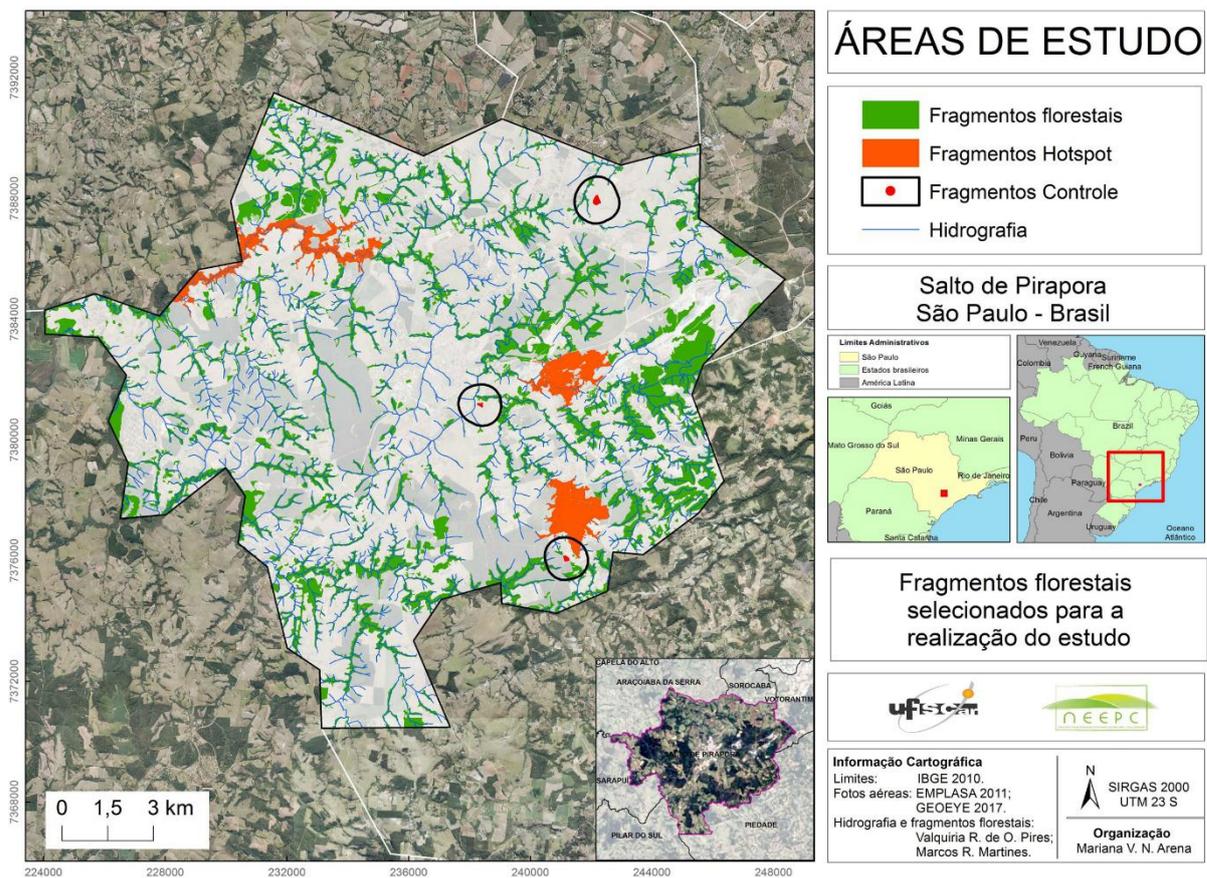
FIGURA 13 - MODELO ESPACIAL



Fonte: Própria autora.

A partir do modelo gerado, foram selecionados os fragmentos nos quais seria realizada a validação do modelo. Foram escolhidos como locais de amostragem três fragmentos florestais onde se esperava encontrar maior presença de abelhas (áreas em vermelho e laranja), os quais foram denominados de fragmentos *hotspots*. Após, foram selecionados três fragmentos florestais onde não se esperava encontrar as abelhas (áreas em verde), os quais foram denominados de fragmento controle (Figura 14). Para melhor organização, os fragmentos *hotspot* foram denominados como HA, HB e HC, e os fragmentos controle como CA, CB e CC.

FIGURA 14 - FRAGMENTOS FLORESTAIS SELECIONADOS PARA O ESTUDO



Fonte: Própria autora.

4.2.2. Confeção e instalação dos abrigos artificiais

Para verificar a presença de abelhas nos fragmentos foi realizada a confecção de abrigos artificiais para a nidificação de abelhas sem ferrão (Figura 15), inspirados em metodologias realizadas por meliponicultores e na metodologia proposta por Oliveira *et al.* (2013). Foram utilizadas garrafas PET de 3L e cada garrafa foi perfurada para a inserção de um cano de PVC de 25mm banhado em cera de abelha (*Apis mellifera*, Linnaeus, 1758) derretida em banho-maria. O interior das garrafas foi borrifado com solução atrativa preparada com geoprópolis de mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*, Lepeletier, 1836) e as garrafas foram revestidas com jornal (para isolamento térmico) e plástico preto (para isolar a luz e proteger o jornal), sendo que as frestas (como a boca da garrafa) foram envolvidas por fita isolante preta.

FIGURA 15 - CONFEÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



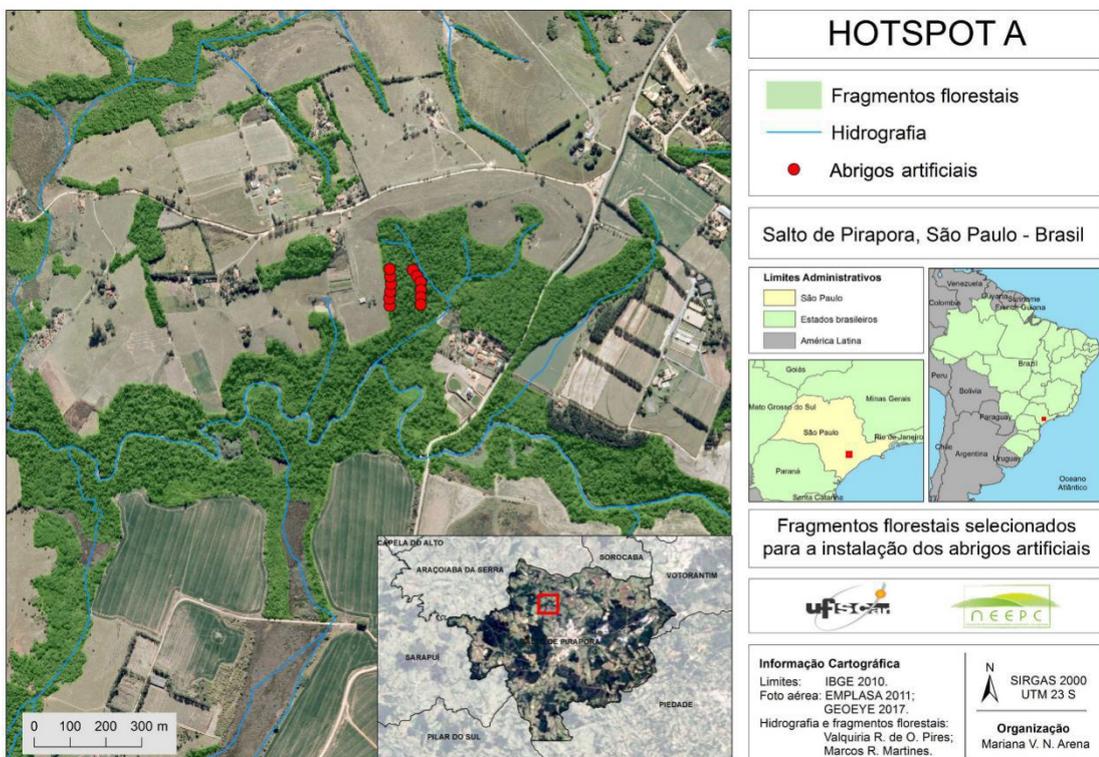
Confeção: (a) Garrafa PET de 3 litros perfurada para a inserção do cano de PVC; (b) Garrafa coberta por jornal; (c) Garrafa coberta por saco plástico; (d) Preparação da cera para derreter em banho-maria; (e) Abrigo artificial finalizado com o tubo de PVC; (f) Abrigo artificial instalado em uma árvore. Fonte: Própria autora.

Os abrigos artificiais foram posicionados com uma distância de 20 m entre cada garrafa, valor calculado com base na distância máxima que os abrigos poderiam ter entre si

considerando o fragmento florestal de menor área (CB – 1,93 ha). Os abrigos foram colocados em seis pontos na borda de cada fragmento florestal e em seis pontos no núcleo de cada fragmento (utilizada a distância mínima de 35 m), totalizando 72 pontos de amostragem. As aberturas dos canos de PVC foram posicionadas voltadas para leste, para que recebessem sol pela manhã.

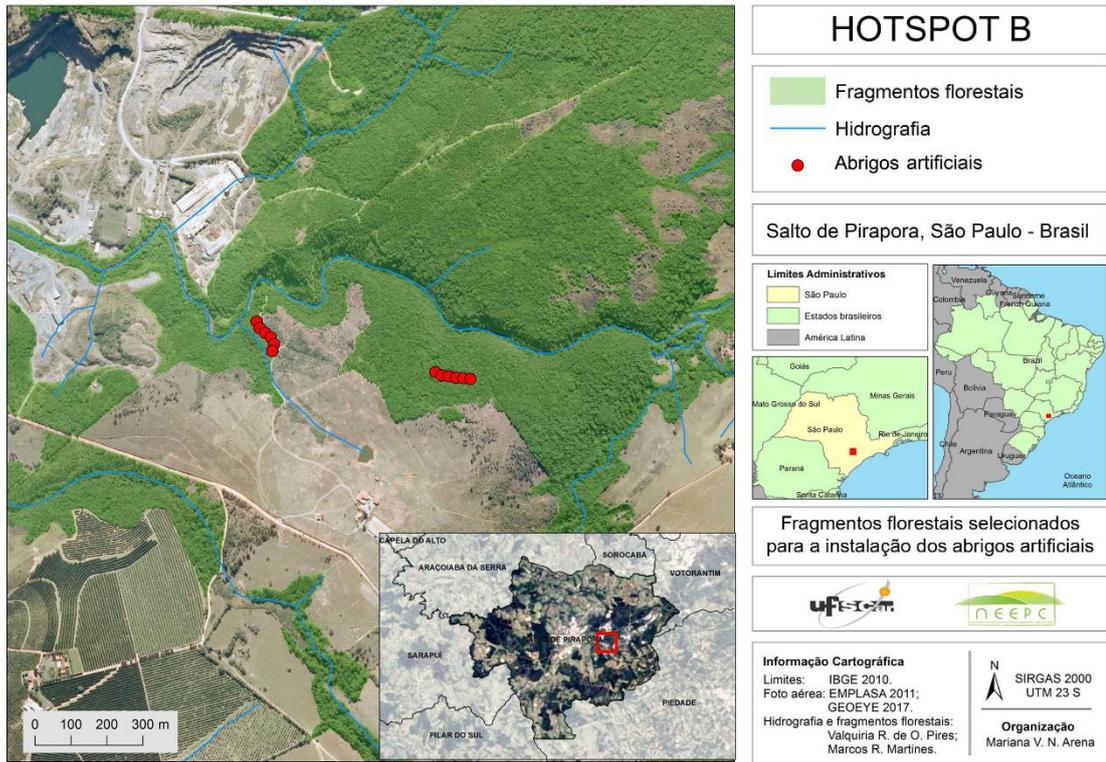
O posicionamento dos abrigos artificiais do núcleo dos fragmentos (Figura 16 a Figura 21) foi realizado, para facilitar a logística dos trabalhos, paralelamente aos abrigos da borda, com exceção do fragmento HB (Figura 17), devido às particularidades deste fragmento. Primeiro, por se localizar no território de uma mineradora, o posicionamento dos abrigos deveria ser realizado em locais seguros e afastados de explosões. Segundo, na região do fragmento que melhor permitia a instalação e o acesso, a borda foi exibida no modelo em cor amarela, ou seja, com probabilidade média de ocorrência de abelhas. Dessa forma, a região amarela foi descartada e somente foi possível a instalação dos abrigos no núcleo. Por fim, na região do fragmento onde foi possível a instalação dos abrigos da borda, as irregularidades do terreno tornariam muito perigoso o acesso ao núcleo.

FIGURA 16 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO HA



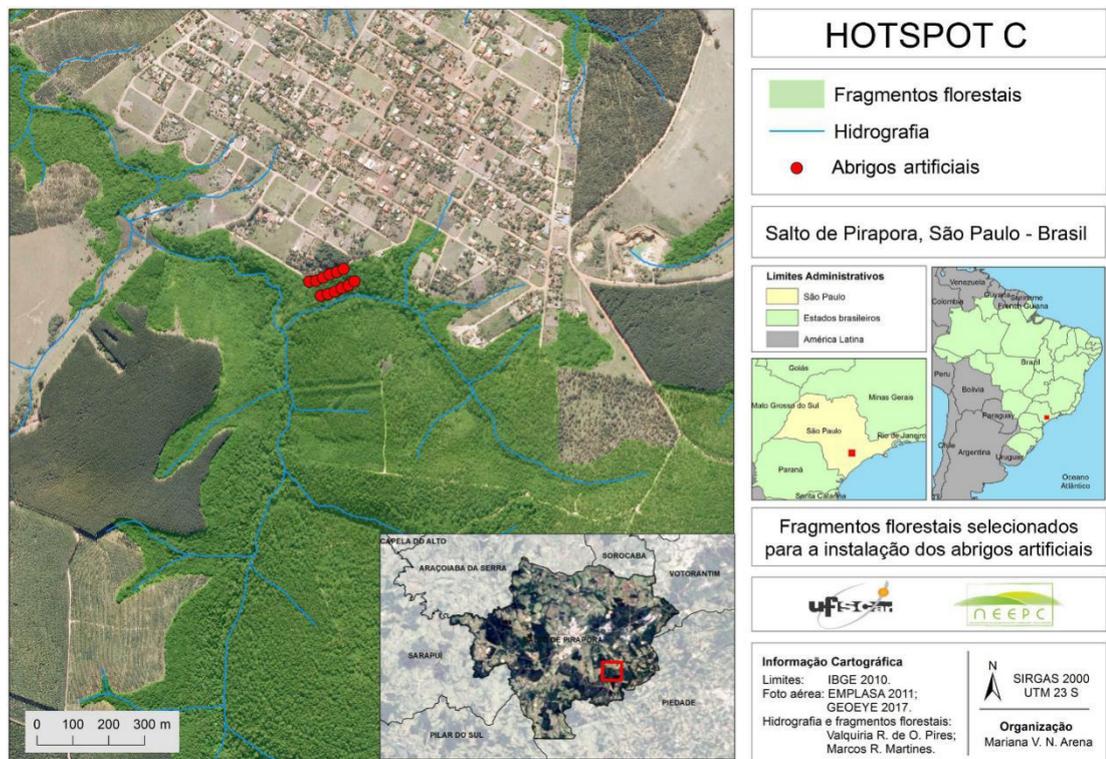
Fonte: Própria autora.

FIGURA 17 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO HB



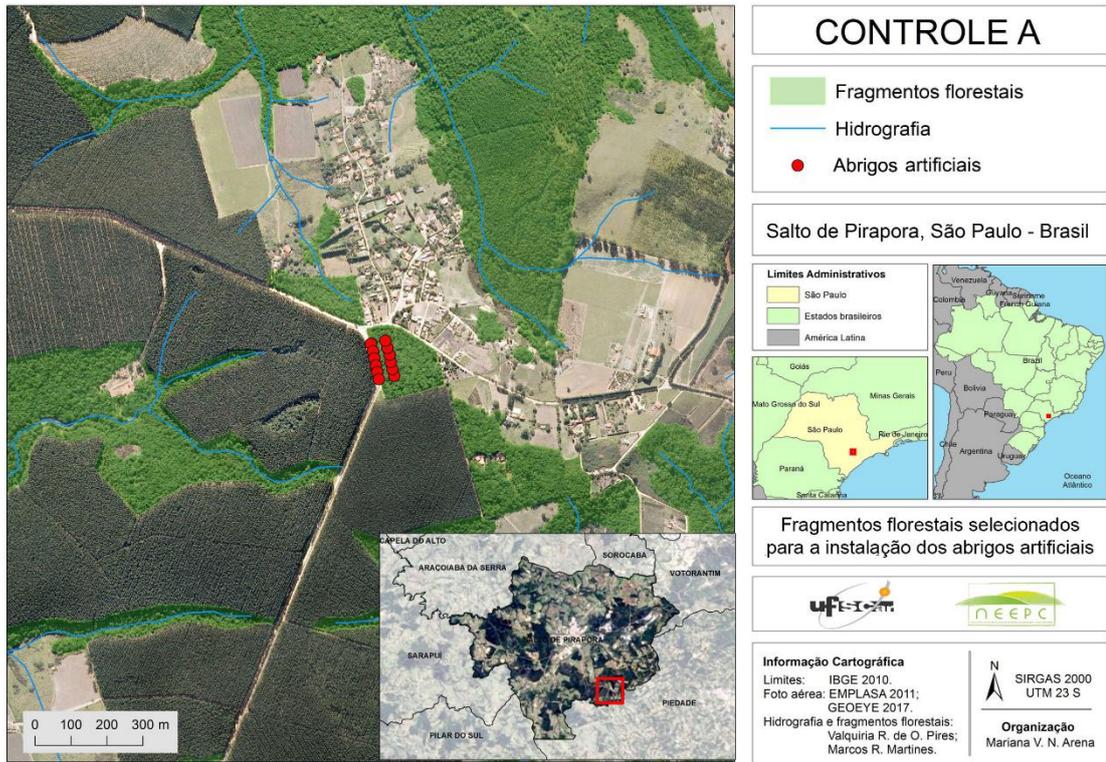
Fonte: Própria autora.

FIGURA 18 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO HC



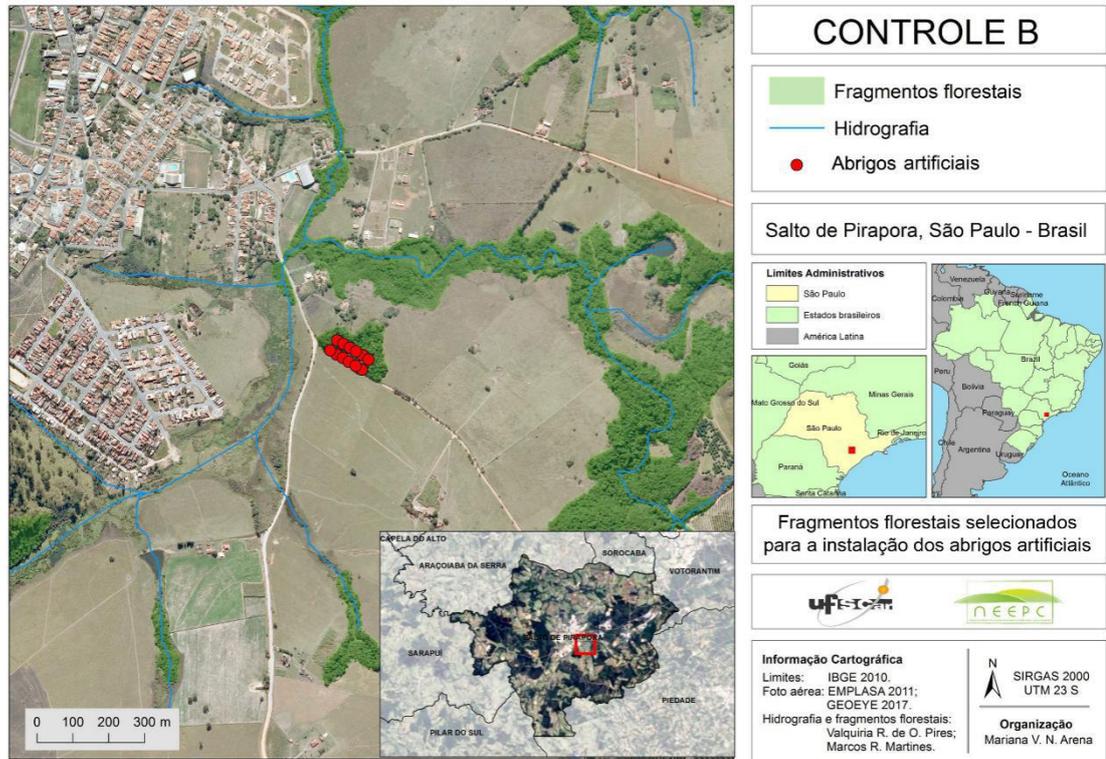
Fonte: Própria autora.

FIGURA 19 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO CA



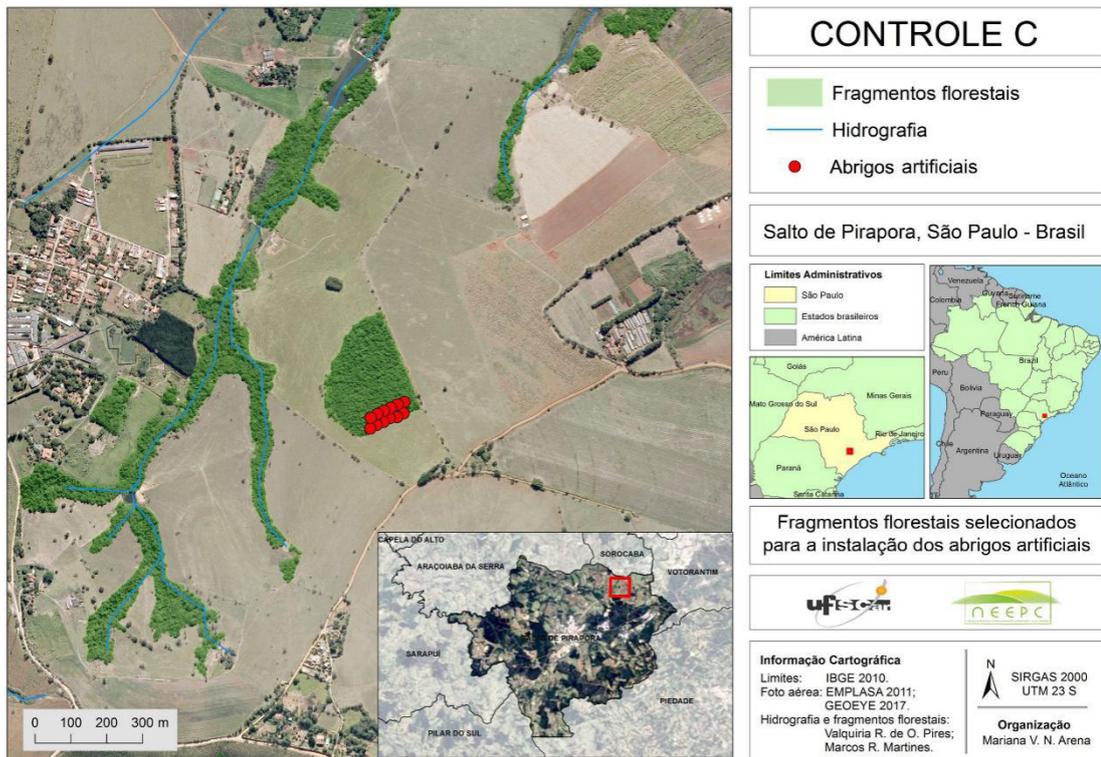
Fonte: Própria autora.

FIGURA 20 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO CB



Fonte: Própria autora.

FIGURA 21 - POSIÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS NO FRAGMENTO CC



Fonte: Própria autora.

4.2.3. Levantamento de Dados

4.2.3.1. Dados de ocupação dos abrigos artificiais

Foram realizadas visitas bimestrais aos fragmentos (de setembro de 2016 a março de 2017) para verificar se os abrigos artificiais haviam sido colonizados. Durante as visitas, foi novamente borrifada a solução atrativa no interior dos abrigos não colonizados e foi realizada a substituição de abrigos danificados. As abelhas que colonizaram os abrigos artificiais foram identificadas até gênero segundo Silveira *et al.* (2002) e Michener (2007). Ao final do período de estudo, os abrigos que não foram colonizados foram removidos das árvores e abertos para verificar o seu interior. Foram realizados registros fotográficos e anotações a respeito do estado de integridade dos abrigos artificiais e do conteúdo no seu interior.

4.2.3.2. Parâmetros climáticos

O monitoramento dos parâmetros climáticos dos pontos de instalação dos abrigos artificiais foi realizado bimensalmente (de setembro de 2016 a março de 2017), durante o período da manhã (das 08h00 às 12h00) e em dias ensolarados. Durante as visitas foi

realizada a obtenção dos dados climáticos locais para cada abrigo artificial: temperatura (°C), umidade (%), luz entrada vertical (lux), luz entrada horizontal (lux), luz chão (%), vento Leste-Oeste (m/s) e vento Norte-Sul (m/s).

As medidas de temperatura e umidade foram obtidas por meio de um Termo-Higrômetro Digital Akso AK630, a luminosidade por meio de um Luxímetro Digital Minipa MLM1011 e a velocidade do vento por meio de um Termo-Anemômetro Digital Akso AK835. Dados de luminosidade foram obtidos em três posições: com o sensor horizontalmente posicionado, próximo ao chão onde se localizava o abrigo artificial; com o sensor horizontalmente posicionado, próximo à entrada do abrigo; e com o sensor verticalmente posicionado, próximo à entrada do abrigo. Dados de velocidade do vento foram obtidos em duas posições: norte-sul e leste-oeste.

Para os dados de luminosidade e velocidade do vento, devido à grande variação nas medições, foram realizadas cinco medições, com intervalos de 10 segundos entre elas, descartadas as duas medições extremas (valores maior e menor) e feita a média das três medições restantes. Devido a um defeito com o aparelho, não foi realizada a medição de velocidade do vento no último bimestre do monitoramento. Os modelos das planilhas de campo estão organizados no Apêndice B. Dados de pluviosidade para os meses de amostragem foram obtidos a partir da Estação Automática de Sorocaba, disponíveis no portal do INMET.

4.2.3.3. Parâmetros da vegetação

Paralelamente ao monitoramento dos abrigos artificiais, foi realizado o levantamento da estrutura da vegetação. Para cada ponto de amostragem, foi delimitada uma parcela de 10x10 metros (Figura 22), tendo como centro a árvore na qual se posicionava o abrigo artificial, totalizando assim 72 parcelas (12 por fragmento).

FIGURA 22 – PARCELA INSTALADA PARA LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO NOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



Fonte: Própria autora.

Em cada parcela foram obtidas as medidas de todas as árvores com CAP (Circunferência a Altura do Peito) ≥ 10 cm (incluindo a árvore onde se posicionava o abrigo). As medidas de diâmetro (DAP) foram obtidas a partir das medidas de circunferência com uma fita métrica simples, por meio da fórmula (2):

$$DAP = CAP/\pi \quad (2)$$

Sendo que:

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

CAP – Circunferência à Altura do Peito

A densidade de árvores de cada parcela foi obtida por meio da relação entre o número de árvores e a área da parcela em metros quadrados (3):

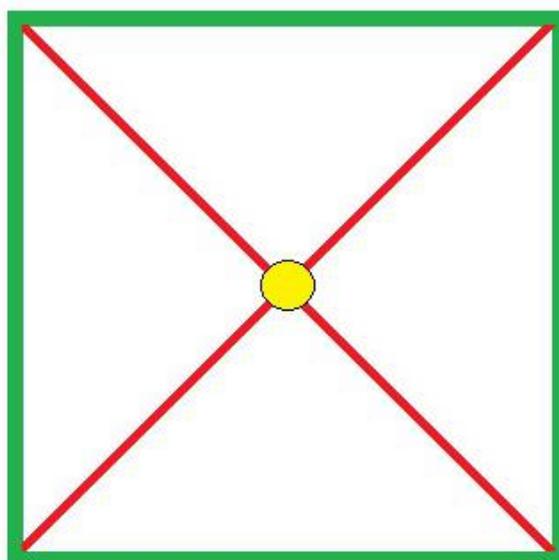
$$\text{densidade} = n^{\circ} \cdot \text{Árvores}/100 \quad (3)$$

As medidas de altura do fuste e altura total foram estimadas com o auxílio de uma Trena Laser Bosch Glm 80 com clinômetro, que calcula automaticamente as distâncias por triangulação. Também foram anotadas para cada árvore informações sobre a coloração e

textura do tronco e verificada a presença de líquens, musgos, cipós ou outras informações de possível relevância. Os modelos das planilhas de campo encontram-se no Apêndice C.

Cada parcela foi dividida em quatro triângulos iguais (cada um contendo 25% da parcela), cujas bases coincidiam com as arestas da parcela e os topos convergiam para a árvore onde se encontrava o abrigo (Figura 23). Estes triângulos foram utilizados como referência para realizar uma análise visual da composição da parcela (Figura 24 e Figura 25), sendo a classificação: Ausente (0% da cobertura da parcela), Pouco (até 25%), Comum (25 a 50%) e Abundante (acima de 50%). Essa classificação foi atribuída à presença de cipós, lianas e trepadeiras, extrato arbustivo, extrato herbáceo, serapilheira, plântulas e bambus. Líquens, musgos e fungos foram classificados como Ausente, Pouco (musgos nas arvores), Comum (líquens e musgos nas arvores) e Abundante (líquens e musgos nas arvores e cogumelos no chão). Foi realizada para cada parcela a contagem de indivíduos de epífitas (orquídeas e bromélias), samambaias e avencas, de árvores e troncos mortos no chão e de indivíduos com flores e frutos. A declividade do terreno em cada parcela foi obtida com o auxílio de uma Trena Laser Bosch Glm 80 com clinômetro e classificada em Plana, até 25°, de 25 a 45° e acima de 45°. Por fim, o solo foi classificado visualmente como íntegro ou erodido; úmido, seco ou alagado; e compactado ou não compactado. Os modelos das planilhas de campo estão organizadas no Apêndice D.

FIGURA 23 - EXEMPLO DE PARCELA DIVIDIDA EM QUATRO PARTES IGUAIS

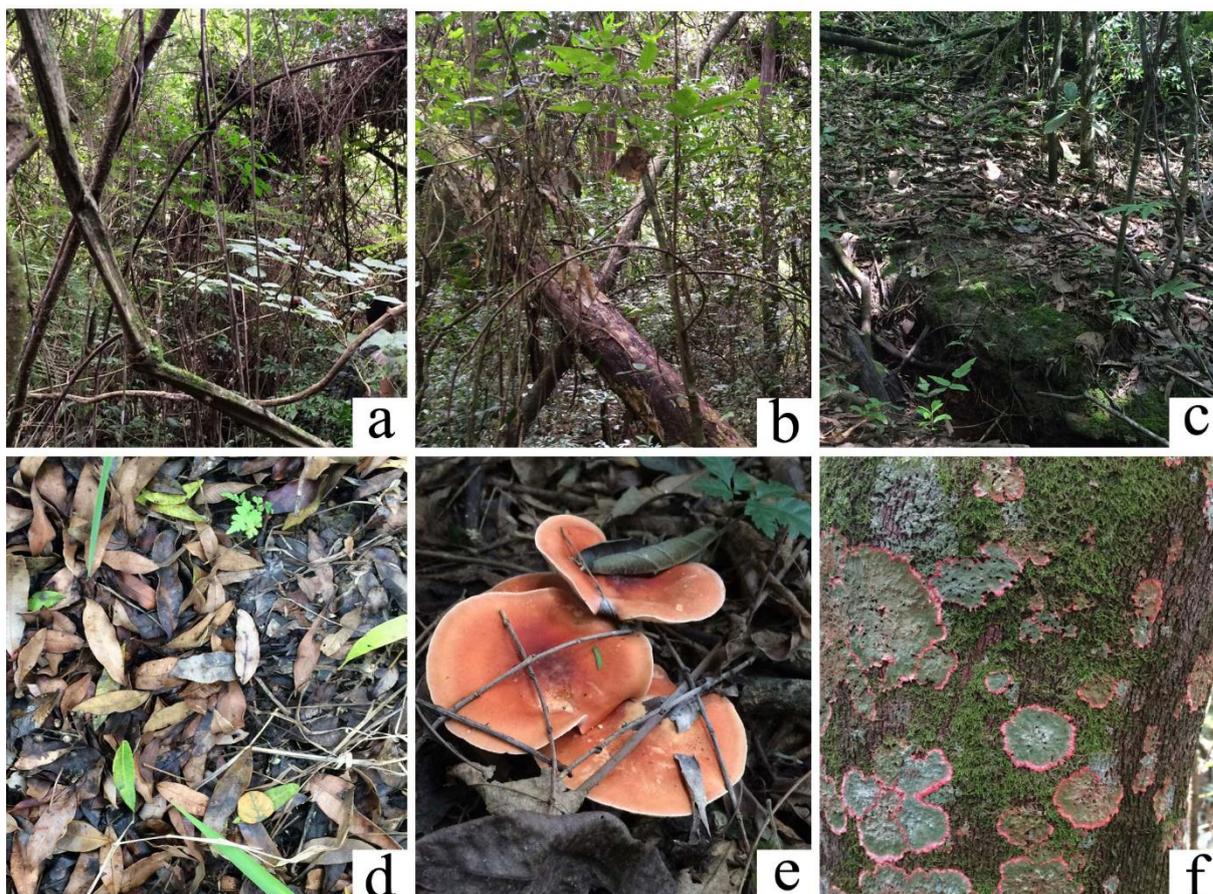


Parcela dividida para a análise da estrutura da vegetação. Quadrado verde: parcela; Esfera amarela: abrigo artificial; Linhas vermelhas: divisão da parcela. Fonte: Própria autora.

FIGURA 24 - EXEMPLO DE CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO

Características da vegetação: (a) extrato herbáceo; (b) extrato arbustivo; (c) extrato arbóreo; (d) samambaia; (e) avenca; (f) epífita; (g) fruto herbáceo; (h) fruto arbustivo; (i) fruto arbóreo. Fonte: Própria autora.

FIGURA 25 - EXEMPLOS DE ESTRUTURAS OBSERVADAS NAS PARCELAS



Exemplos de: (a) cipós e galhos; (b) árvore morta; (c) erosão no solo; (d) serapilheira; (e) fungos; (f) líquens.
 Fonte: Própria autora.

4.2.4. Caracterização da cobertura da terra associada aos fragmentos florestais

Na incerteza do gênero de abelha que seria detectado e na tentativa de abranger um raio no qual a maioria das espécies de abelhas sem ferrão nativas poderia percorrer (ver item 3.2), foram gerados *buffers* de 600 m para a obtenção dos dados referentes aos padrões de cobertura de terra no entorno de cada fragmento florestal. Para a seleção da área de cobertura do entorno, foi considerada a intersecção das áreas resultantes da geração de dois *buffers*, para os quais foram considerados como centros os pontos médios dos transectos da borda e do núcleo de cada fragmento (Figura 26 e Figura 27). As informações de cobertura da terra do município de Salto de Pirapora (Quadro 2) foram previamente produzidas pelo NEEPC, UFSCar-Sorocaba, pelo método de vetorização manual explicado no item 4.2.1, com base no Manual Técnico de Uso de Terra do IBGE (2013).

QUADRO 2 – Cobertura da terra de Salto de Pirapora.

Cobertura da terra	Descrição
Área urbana	Áreas onde existe a predominância de construções como centro urbano do município, sistema viário e bairros afastados.
Ocupação humana	Construções isoladas de instalações rurais ou galpões - também foram considerados nessa classificação os loteamentos, pista de motocross e aeroporto.
Mineração	Áreas ocupadas pela exploração e extração de argila, calcário, dolomito, magnesita, ardósia e filito.
Cultura permanente	Áreas ocupadas com culturas de ciclos com longa duração - encontram-se no município cultivos de caqui, laranja, limão, maçã, maracujá, pêssego, tangerina e uva.
Cultura temporária	Áreas ocupadas com culturas de curta e média duração, incluindo áreas cultivadas ou em descanso - encontram-se no município lavouras de cebola, feijão, mandioca, milho, soja e tomate.
Campo limpo	Compreende áreas de pastagem de gado e áreas cobertas por vegetação de gramíneas sem uso definido.
Campo sujo	Áreas com vegetação arbustiva e árvores esparsamente distribuídas sujeitas a regeneração da vegetação original.
Silvicultura	Áreas ocupadas por plantações de florestas de <i>Eucalyptus</i> spp.
Fragmentos florestais	Conjunto de estrutura florestal de vegetação nativa em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento.
Várzea	Terreno pantanoso com predomínio de plantas aquáticas.
Corpos d'água	Recursos hídricos relacionados a rios, riachos, lagos, açudes, reservatórios artificiais e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura.
Solo exposto	Área sem cobertura vegetal decorrente da degradação provocada por atividades antrópicas.
Arruamento	Caminho não pavimentado para trânsito de veículos ou pessoas.
Via	Rua pavimentada para rodagem exclusiva de veículos.

Fonte: Elaboração própria, com referências em IBGE, 2013 e PIREs, 2016.

4.3. ANÁLISE DE DADOS

4.3.1. Abrigos artificiais

Os dados referentes ao que foi observado em cada abrigo artificial foram organizados em uma planilha e apresentados em gráficos, e foi avaliado se houve preferência de ocupação dos abrigos (i) entre fragmentos *hotspot* e controle e (ii) entre borda e núcleo dos fragmentos florestais. Foram organizadas planilhas de presença e ausência de abelhas (1 e 0), uma separando as observações na borda e no núcleo dos fragmentos e uma planilha separando as informações em fragmento *hotspot* e controle. Foi realizado o teste de qui-quadrado para verificar se as associações ocorreram ao acaso. Os dados desta etapa foram organizados e analisados no Excel e Past 3.11.

4.3.2. Atributos climáticos

Para cada fragmento foi calculada a média do valor de cada atributo microclimático. Os dados foram normalizados seguindo a fórmula 1. O índice de similaridade de Morisita foi utilizado nas análises quantitativas, o qual gera resultados que variam de 0 (não há similaridade entre os fragmentos) a 1 (similaridade completa) (FONSECA e SILVA JUNIOR, 2004). A partir deste índice, foi realizada a análise de agrupamentos (*cluster*), de maneira que os fragmentos florestais foram classificados em um dendograma, considerando os atributos microclimáticos para avaliar a relação entre eles. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada a fim de detectar quais variáveis-chave melhor caracterizam o conjunto de dados multivariados (GOTELLI e ELLISON, 2011), ou seja, quais foram os atributos microclimáticos que melhor caracterizaram cada fragmento. As análises foram realizadas utilizando os softwares Excel e MVSP 3.22.

Para verificar se houve correlação entre os atributos microclimáticos e os abrigos com evidências de colonização por abelhas sem ferrão, foi montada uma planilha contendo um campo numérico (o parâmetro microclimático analisado) e um campo categórico “1” e “0” (para presença e ausência de abelha, respectivamente), contendo os dados para cada um dos pontos (abrigos artificiais) amostrados. A análise de regressão foi utilizada por ser um método que “descreve a relação linear entre uma variável preditora (...) e uma variável resposta” (GOTELLI e ELLISON, 2011, p. 257). Como a variável resposta é categórica, foi realizada a análise de regressão logística. A organização dos dados foi realizada no Excel e a regressão logística foi realizada no software R.

4.3.3. Parâmetros da vegetação

O mesmo procedimento de análise de dados dos atributos microclimáticos foi utilizada para a análise dos parâmetros quantitativos da vegetação. Dados médios de DAP (m), altura do fuste (m), altura total (m) e densidade por fragmento foram normalizados para as análises de agrupamento e PCA, e os dados médios para cada parcela foram utilizados para a análise de regressão logística.

Para os parâmetros para presença de serapilheira, cipós, arbustos, gramíneas, plântulas e bambus foram realizados testes de qui-quadrado, que avaliam a relação entre variáveis categóricas. Os testes foram realizados a fim de verificar as correlações entre abrigos com evidências de colonização por abelhas sem ferrão e os parâmetros qualitativos, as diferenças entre borda e núcleo dos fragmentos e as diferenças entre fragmentos *hotspot* e controle. O teste de qui-quadrado também foi realizado para verificar se houve correlação entre a ocupação dos abrigos pelas abelhas considerando a cor da árvore em que o abrigo foi posicionado (clara ou escura). Os dados foram organizados no Excel e as análises de qui-quadrado foram realizadas no Past 3.11.

4.3.4. Análise dos padrões da cobertura da terra

Para cada área de estudo, foi calculada a área total (hectares) das classes de cobertura da terra presentes no *buffer*, e o número total de abrigos artificiais com evidências de presença de abelhas. Os dados foram normalizados (fórmula 1) e foi realizada a análise de agrupamentos, de maneira que os fragmentos florestais foram classificados em um dendograma, considerando as coberturas da terra para avaliar a correlação (similaridade de Morisita) entre eles. A PCA foi realizada a fim de detectar quais variáveis-chave melhor caracterizam o conjunto de dados multivariados, ou seja, quais foram as classes das coberturas da terra mais relevantes para cada fragmento florestal. As análises foram realizadas utilizando o software MVSP 3.22.

4.3.5. Síntese dos resultados

Para verificar resumidamente se houve correlação entre os diferentes atributos quantitativos analisados e o número de abrigos artificiais com evidências de colonização por fragmento, todos os dados foram organizados em duas planilhas: uma contendo todos os valores médios normalizados para cada parcela (12 parcelas por fragmento, totalizando 72 parcelas e 72 abrigos artificiais) e uma contendo as médias normalizadas dos dados para cada fragmento florestal. Para a organização dos dados por fragmento, foram utilizados todos os

dados quantitativos de microclima (umidade, temperatura, velocidade do vento e luminosidade), vegetação (DAP, altura do fuste, altura total e densidade) e as áreas dos padrões de cobertura de terra. Para as médias das parcelas não foram utilizados os dados de cobertura da terra, já que estes dados correspondem aos fragmentos como um todo, e não apresentam características individuais para cada parcela. A partir desses dados foram geradas matrizes de correlação por meio do coeficiente de correlação linear r de Pearson. Os coeficientes de correlação assumem valores de -1 a +1, de maneira que valores mais próximos de -1 apresentam uma maior correlação negativa, valores mais próximos de +1 apresentam uma maior correlação positiva e se o coeficiente for igual a 0 não há correlação.

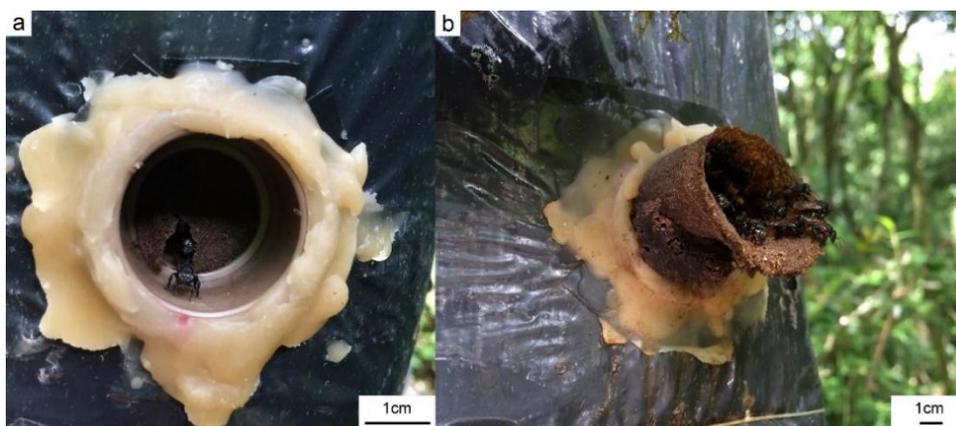
Por fim, foi realizada a análise de PCA reunindo as médias (normalizadas) por parcela de apenas os dados que foram considerados significativos para a ocupação dos abrigos artificiais, a fim de verificar se houve algum padrão entre os fragmentos considerando todas as variáveis analisadas. A PCA foi realizada no Past 3.11.

5. RESULTADOS

5.1. ABRIGOS ARTIFICIAIS

Ao final do estudo, quatro abrigos (5,5%) foram colonizados com sucesso por abelhas do gênero *Scaptotrigona* spp. (Figura 28), todos encontrados durante os primeiros dois meses de monitoramento (setembro e novembro). Do total de 72 abrigos, foram observados 27 casos (37,5%) com algum tipo de associação com presença de abelhas. Esses casos incluem os quatro abrigos colonizados; 20 abrigos (27,8% do total) com vestígios de abelhas mortas (Figura 29), como fragmentos do corpo; e três abrigos (4,2%) contendo vestígios de uma tentativa de colonização, com fragmentos de abelhas mortas, células de cera e entradas feitas de cera e barro (Figura 30), sendo esses três localizadas no fragmento CA.

FIGURA 28 - ABRIGO COLONIZADO POR *Scaptotrigona* spp.



Abrigos artificiais: (a) abrigo em processo de colonização (b) abrigo colonizado. Fonte: Própria autora.

FIGURA 29 - VESTÍGIOS DE ABELHAS MORTAS NO INTERIOR DOS ABRIGOS



Fonte: Própria autora.

FIGURA 30 - VESTÍGIOS DE TENTATIVA DE COLONIZAÇÃO NOS ABRIGOS



Vestígios de tentativa de colonização: (a e b) entrada de cera e barro (c) células de cera (d) [1] células de cera e [2] abelhas mortas. Fonte: Própria autora.

Levando em consideração que apenas quatro abrigos foram colonizados com sucesso e que o interesse do estudo não foi avaliar a eficiência da colonização, mas somente a presença ou ausência de abelhas sem ferrão nos fragmentos estudados, foram considerados para a análise todos os abrigos que apresentavam algum indício de prévia presença de abelhas no local (Tabela 2). Do total por fragmento, os fragmentos *hotspot* apresentaram um maior número de abrigos com ocorrência de abelhas (15 abrigos) em relação ao controle (12 abrigos). Dentre os abrigos localizados no *hotspot*, HA e HC se destacaram em relação ao fragmento HB. Apesar de ser um fragmento controle, CA apresentou a maior ocorrência de abelhas, totalizando oito abrigos. No fragmento CC foram observadas três ocorrências e no fragmento CB apenas uma.

Não foram reveladas diferenças significativas entre a ocupação dos fragmentos *hotspot* e a ocupação dos fragmentos controle ($\chi^2 = 5,3$; $p = 0,4652$). Dos 27 casos observados, nove (33,3%) ocorreram na borda dos fragmentos e 18 (66,7%) ocorreram no núcleo dos fragmentos, e o teste de qui-quadrado revelou que essas frequências foram distribuídas não-aleatoriamente ($\chi^2 = 4,8$; $p = 0,0284$), o que indica que houve preferência maior das abelhas em ocupar os núcleos dos fragmentos ($p < 0,05$).

TABELA 2 - Presença (1) ou ausência (0) de abelhas sem ferrão.

Posição	Abrigo	HA	HB	HC	CA	CB	CC	TOTAL
Borda	1	0	0	0	0	0	0	9
	2	1	1	0	1	0	0	
	3	0	0	1	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	1	0	
	6	1	0	1	1	0	1	
Núcleo	7	0	0	1	1	0	1	18
	8	1	0	1	1	0	0	
	9	1	1	1	1	0	0	
	10	1	0	0	1	0	0	
	11	1	1	0	1	0	0	
	12	0	0	1	1	0	1	
TOTAL		6	3	6	8	1	3	27

H – fragmentos *hotspot*; C – fragmentos controle. Fonte: Própria autora.

Dos quatro abrigos colonizados com sucesso, dois foram substituídos devido ao ataque de algum predador, mas não foram recolonizados após a reposição. Ainda, cinco abrigos dos que não foram colonizados tiveram que ser substituídos devido a danos causados por predadores. Isso mostra que os abrigos sofreram ataques, como é indicado pelos danos encontrados nas estruturas de plástico e pelas marcas de garras encontradas em algumas árvores nas quais os abrigos haviam sido posicionados (Figura 31).

FIGURA 31 - INDÍCIOS DE PREDACÃO NOS ABRIGOS ARTIFICIAIS

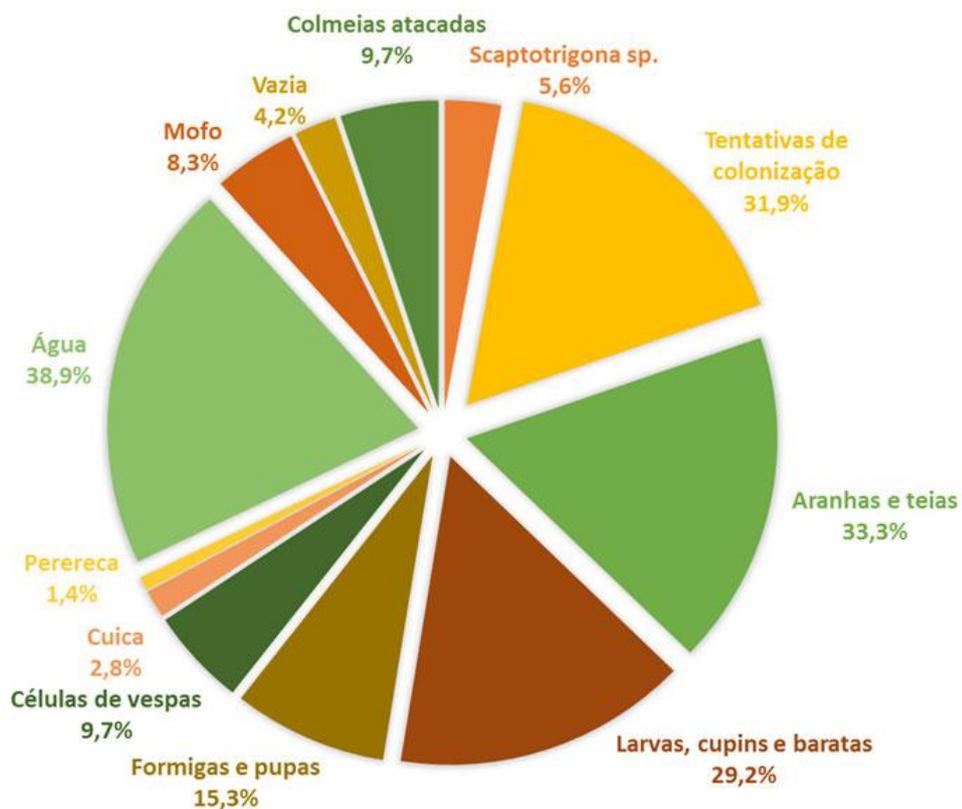


Indícios de predação: [1] marcas de garras e danos [2] no plástico e [3] na garrafa. Fonte: Própria autora.

No total, foram abertos e analisados 70 abrigos artificiais: 68 que não foram efetivamente colonizados, mais os dois abrigos que substituíram os abrigos que foram

colonizados e predados. Diversos conteúdos foram encontrados no interior dos abrigos, sendo que um único abrigo podia apresentar mais de um conteúdo, o que resulta em um número maior de observações do que o número total de abrigos (Figura 32): 24 abrigos (33,3%) contendo aranhas, teias de aranhas e/ou seus ninhos; 21 (29,2%) com larvas de outros insetos, cupins e/ou pequenas baratas; 11 (15,3%) com formigas e suas pupas, algumas delas contendo folhas posicionadas para formar ninhos; sete (9,7%) com vestígios de colonização por vespas, como suas pupas e células de barro (Figura 33); sete (9,7%) com vestígios de colonização por vespas, como suas pupas e células de barro (Figura 33); dois (2,8%) contendo ninhos de cuícas (Didelphidae), feitos por uma camada de 10 cm de folhas; e um (1,4%) com uma pequena perereca (Figura 34). Apenas nove abrigos (12,5%) não apresentaram nenhum vestígio de habitação por outras espécies.

FIGURA 32 - CONTEÚDOS ENCONTRADOS NOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



Porcentagem de ocorrências totais encontradas nos abrigos artificiais, sendo que um único abrigo pode apresentar mais de um conteúdo, de maneira que a soma das porcentagens excede 100%. Fonte: Própria autora.

FIGURA 33 - INVERTEBRADOS ENCONTRADOS NOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



Invertebrados: (a) aranha (b) ninho de aranha (c) cupins (d) formigas (e) células de vespas. Fonte: Própria autora.

FIGURA 34 - VERTEBRADOS ENCONTRADOS NOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



Vertebrados: (a e c) perereca (b e d) cuica. Fonte: Própria autora.

Em todos os abrigos artificiais abertos o jornal se encontrava úmido, 28 abrigos (38,9%) continham água em seu interior e seis (8,3%) mostraram algum tipo de mofo (Figura 35).

FIGURA 35 - ABRIGOS COM PRESENÇA DE ÁGUA E MOFO



Abrigos com: [1] abelhas mortas [2] água [3] mofo [4] larvas. Fonte: Própria autora.

5.2. PARÂMETROS DA VEGETAÇÃO

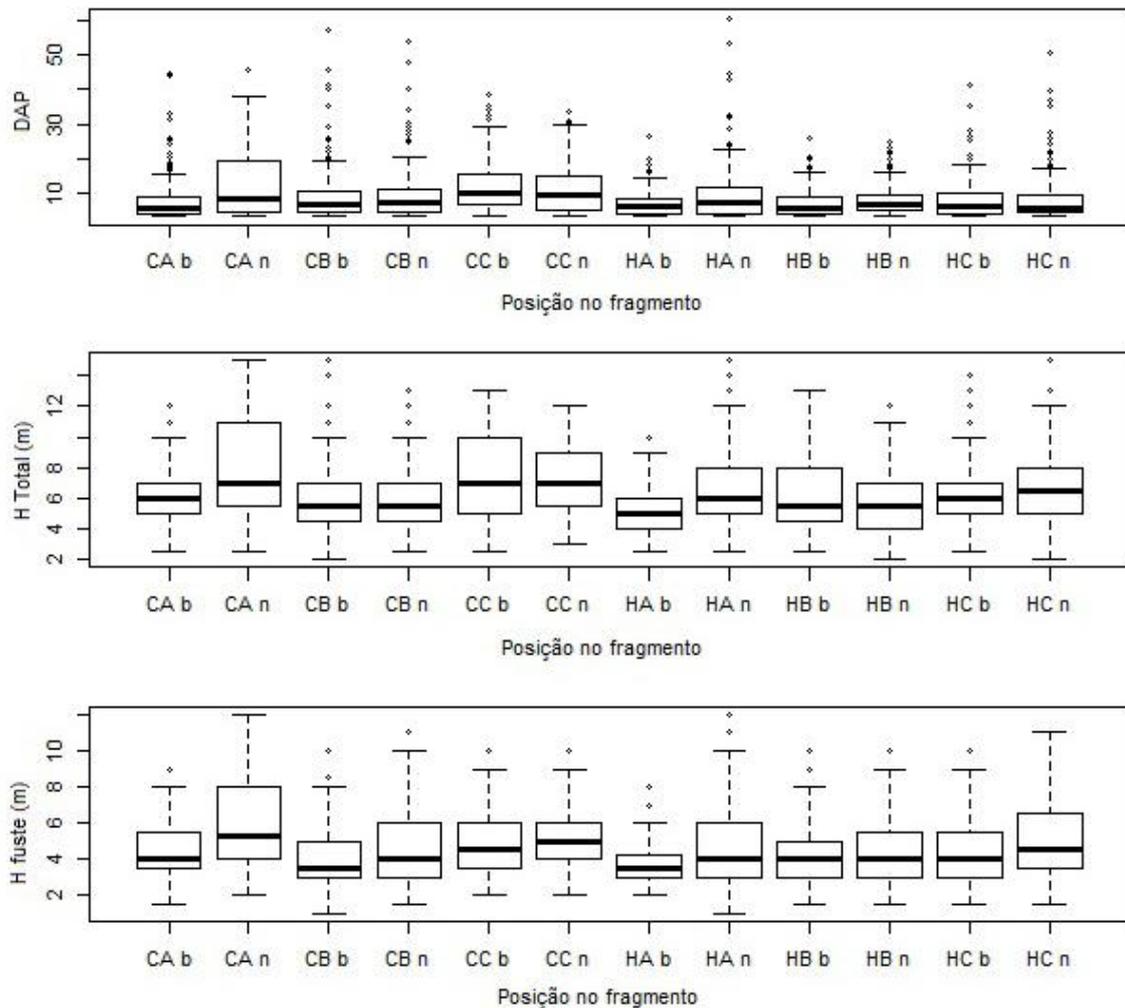
Foram amostradas um total de 1.728 árvores: 259 no fragmento HA, 377 no HB, 327 no HC, 233 no CA, 300 no CB e 232 no CC. As médias obtidas para cada fragmento são apresentadas na Tabela 3 e os valores para as árvores posicionadas nas bordas e nos núcleos de cada fragmento florestas estão representados em *boxplots* na Figura 36. O total de árvores e líquens e dos musgos associados são apresentados na Tabela 4. Médias por parcela são apresentadas nos Apêndices E e F. A respeito da coloração dos troncos onde se posicionavam os abrigos, foram contabilizados 17 abrigos ocupados em troncos escuros e 10 em troncos claros, e não foi observada correlação entre a ocupação e a cor ($\chi^2 = 3,5$; $p = 0,0572$).

TABELA 3 – Média e desvio padrão das métricas da vegetação.

Fragmento		DAP	h Fuste	h Total	Densidade
CA	Borda	8,50 ± 1,33	4,42 ± 0,64	6,08 ± 0,87	0,22 ± 0,06
	Núcleo	13,08 ± 1,95	5,87 ± 0,38	8,22 ± 0,68	0,17 ± 0,04
CB	Borda	9,40 ± 1,85	4,11 ± 0,35	5,87 ± 0,30	0,30 ± 0,12
	Núcleo	9,88 ± 2,00	4,51 ± 0,91	5,98 ± 1,11	0,21 ± 0,5
CC	Borda	12,41 ± 2,76	5,01 ± 0,93	7,18 ± 1,29	0,18 ± 0,2
	Núcleo	11,40 ± 1,35	5,12 ± 0,46	7,06 ± 0,60	0,21 ± 0,04
HA	Borda	7,05 ± 0,76	3,58 ± 0,35	5,10 ± 0,55	0,25 ± 0,04
	Núcleo	10,71 ± 1,86	4,80 ± 0,91	6,73 ± 1,06	0,19 ± 0,02
HB	Borda	7,16 ± 1,44	4,53 ± 1,15	6,22 ± 1,45	0,20 ± 0,04
	Núcleo	7,95 ± 0,79	4,55 ± 0,86	5,88 ± 1,07	0,43 ± 0,12
HC	Borda	8,75 ± 1,58	4,58 ± 0,90	6,52 ± 0,57	0,27 ± 0,10
	Núcleo	8,58 ± 1,33	5,16 ± 0,51	7,02 ± 0,34	0,28 ± 0,10

DAP: Diâmetro Altura do Peito; h: Altura. Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora.

FIGURA 36 - BOXPLOTS COM OS VALORES MEDIDOS PARA AS ÁRVORES



C – fragmento controle; H – fragmento *hotspot*; b – borda; n – núcleo; DAP – Diâmetro Altura do Peito; H – altura. Os pontos representam os valores discrepantes (*outliers*). Fonte: Própria autora.

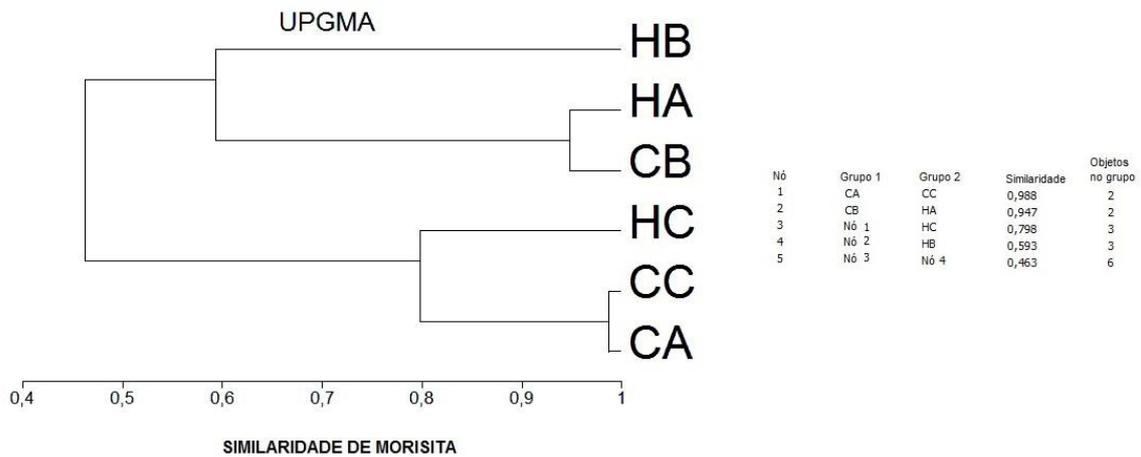
TABELA 4 - Total de árvores e líquens associados

Frag	Posição	Total árvores	Árvores claras	Árvores escuras	Líquens	Líquens Vermelhos	Musgos
CA	Borda	133	94	39	99	54	99
	Núcleo	100	69	31	101	0	133
CB	Borda	177	124	53	155	1	171
	Núcleo	123	76	47	122	0	122
CC	Borda	107	67	40	105	5	121
	Núcleo	125	86	39	99	19	87
HA	Borda	148	127	21	110	0	133
	Núcleo	111	94	17	92	2	107
HB	Borda	120	102	18	117	0	90
	Núcleo	257	156	101	247	0	254
HC	Borda	162	129	33	163	3	161
	Núcleo	165	126	39	131	0	117

Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora.

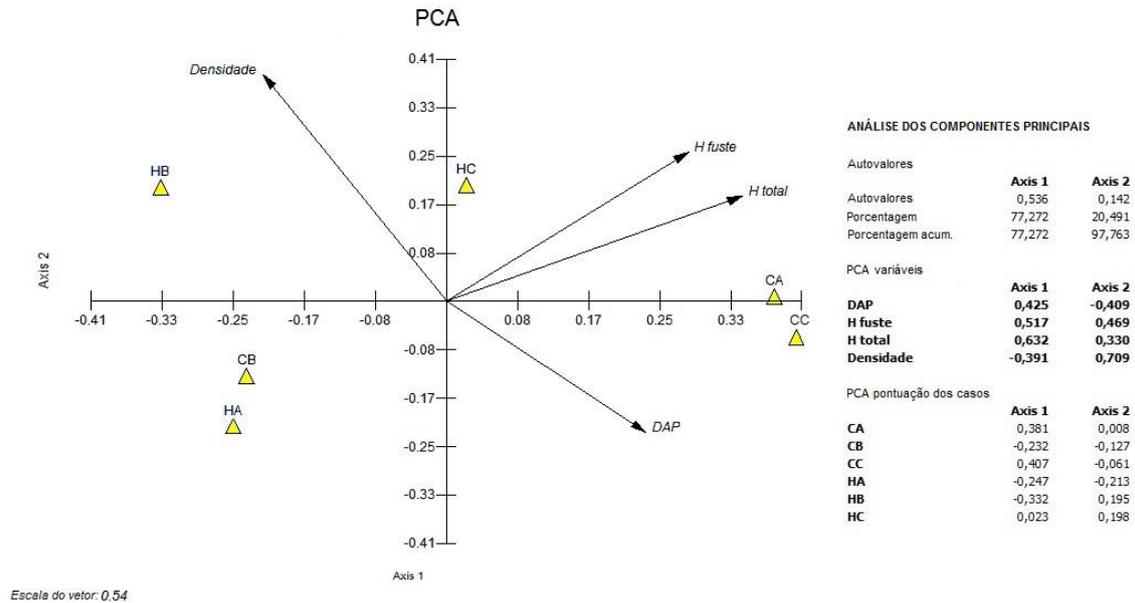
As análises de agrupamento (Figura 37) e PCA (Figura 38) indicam grande similaridade entre os fragmentos CC e CA (0,982), devido aos maiores valores de DAP e altura.

FIGURA 37 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DOS DADOS DA VEGETAÇÃO



Fonte: Própria autora.

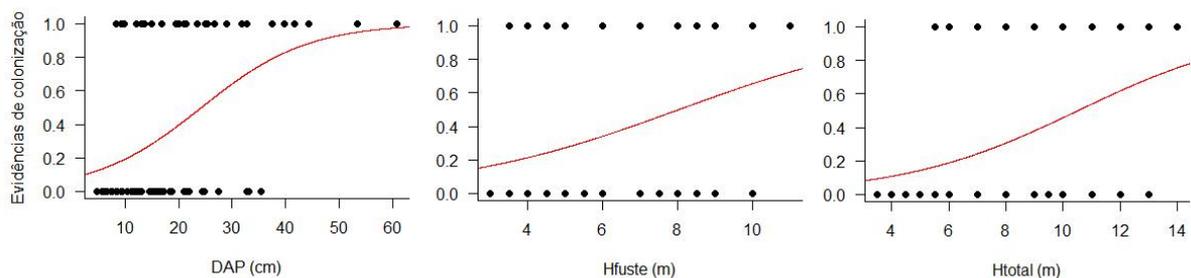
FIGURA 38 - ANÁLISE DE PCA DOS PARÂMETROS DA VEGETAÇÃO



Fonte: Própria autora.

As análises de regressão logística (Figura 39) indicaram que houve forte correlação entre os abrigos ocupados e o DAP das árvores das parcelas ($z = 3,378$; $p = 0,000729$) e entre os abrigos ocupados e as alturas do fuste ($z = 2,642$; $p = 0,00824$) e total ($z = 3,202$; $p = 0,001366$). Não foi demonstrada relação entre os abrigos ocupados e a densidade de árvores da parcela ($z = -0,53$; $p = 0,596$).

FIGURA 39 - REGRESSÃO LOGÍSTICA DOS MÉTRICAS DA VEGETAÇÃO EM RELAÇÃO AS EVIDÊNCIAS DE COLONIZAÇÃO NOS ABRIGOS ARTIFICIAIS



Fonte: Própria autora.

A respeito da caracterização de cada parcela, os dados completos do levantamento para cada fragmento estão disponíveis nos Apêndices G a P. A Tabela 5 apresenta, para cada fragmento, a contagem de epífitas, samambaias, avencas, árvores mortas, troncos (caídos no chão) e se há presença de emaranhados de troncos e galhos secos. A Tabela 6 apresenta o total

de flores e frutos em cada extrato para cada fragmento. A caracterização do terreno para cada fragmento está sintetizada na Tabela 7.

TABELA 5 - Contagem de epífitas, samambaias e troncos por fragmento florestal.

Fragmento		Epífitas	Samambaias	Avencas	Árvores mortas	Troncos caídos	Emaranh.
HA	Borda	1	16	0	74	30	sim
	Núcleo	1	92	0	39	29	sim
HB	Borda	8	39	28	29	45	sim
	Núcleo	27	120	362	26	53	não
HC	Borda	2	112	112	11	44	não
	Núcleo	38	203	9	9	119	não
CA	Borda	9	109	0	22	82	sim
	Núcleo	65	79	0	14	39	não
CB	Borda	46	15	0	14	> 100	sim
	Núcleo	9	30	0	26	> 100	sim
CC	Borda	4	76	0	14	> 100	sim
	Núcleo	1	0	0	18	25	sim

Emaranh.: Galhos secos e troncos mortos formando emaranhados impossíveis de contar. Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora.

TABELA 6 - Contagem de flores e frutos por extrato em cada fragmento florestal.

Fragmento		Flor herbáceo	Flor arbustivo	Flor árvore	Fruto herbáceo	Fruto arbustivo	Fruto árvore
HA	Borda	3	40	2	81	1	3
	Núcleo	3	121	0	121	0	12
HB	Borda	29	84	1	10	28	2
	Núcleo	0	5	1	0	11	19
HC	Borda	24	14	3	0	12	5
	Núcleo	0	3	1	0	30	2
CA	Borda	0	3	0	0	5	0
	Núcleo	0	1	0	14	2	4
CB	Borda	11	22	2	1	18	1
	Núcleo	9	4	0	0	16	4
CC	Borda	12	6	1	0	4	2
	Núcleo	0	0	0	0	0	2

Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora.

TABELA 7 - Caracterização do terreno por fragmento florestal.

Fragmento	Declividade (graus)	Erosão	Umid	Comp	Alag	Toca	Form	
HA	Borda	até 24	íntegro	úmido	não	não	1	2
	Núcleo	plano a 25	maioria íntegro	úmido	não	sim	12	0
HB	Borda	até 25	maioria erodido	seco	não	não	0	11
	Núcleo	25 a 45	maioria íntegro	úmido	não	não	22	0
HC	Borda	até 45	maioria íntegro	úmido	não	não	9	0
	Núcleo	25 a > 45	maioria íntegro	úmido	não	não	1	0
CA	Borda	plano	íntegro	úmido	não	não	6	3
	Núcleo	plano	íntegro	úmido	não	não	3	4
CB	Borda	plano	íntegro	úmido	não	não	4	0
	Núcleo	plano	íntegro	úmido	não	não	15	0
CC	Borda	plano	íntegro	úmido	sim	não	2	3
	Núcleo	plano	íntegro	úmido	sim	não	3	7

Características do terreno. Umid: umidade do solo; Comp: compactabilidade do solo; Alag: solo alagado; Toca: presença de tocas no solo; Form: presença de formigueiros. Fonte: Própria autora.

As epífitas apresentaram-se bastante distribuídas entre os fragmentos, com exceção do fragmento HA, que apresentou um total de apenas dois indivíduos. Samambaias também estavam presentes em todos os fragmentos, mas em menor abundância nos fragmentos CB e CC. Avencas foram registradas apenas nos fragmentos *hotspot* B e C. Árvores mortas e troncos foram comumente encontrados em todos os fragmentos, mas em maior abundância nos controles B e C. Flores e frutos foram contabilizados distribuídos em todos os fragmentos, sendo que o *hotspot* HA se destacou com maior abundância e, no geral, os fragmentos controle apresentaram menor número.

Da caracterização do terreno, todos os fragmentos controle se apresentaram planos e todos os *hotspot* apresentaram declividade, característica que se observou devido à presença de corpos d'água no grupo *hotspot*. Também devido à presença de corpos d'água e declividade, os fragmentos *hotspot* apresentaram focos de erosão, causadas pelo escoamento de água no terreno. O único solo que foi avaliado como "seco" foi o da borda do HA, uma região que recebe interferências externas das atividades de mineração e que também apresentou menores valores de DAP. Somente o fragmento CA apresentou solo compactado, o que é um resultado da presença de bovinos que circulam por dentro do fragmento. Adicionalmente, o terreno do fragmento CB apresentou diversos locais dominados por depósitos de lixo.

Todas as parcelas apresentaram serapilheira em abundância, logo esse parâmetro não foi considerado nas análises comparativas (Tabela 8). Os testes de qui-quadrado revelaram

que, para as evidências de colonização e ocupação dos abrigos, houve correlação com a presença de gramíneas ($x^2 = 7,9$; $p = 0,0468$), de arbustos ($x^2 = 8,4$; $p = 0,0374$) e de fungos no solo e nas árvores ($x^2 = 7,4$; $p = 0,0243$). Sobre as diferenças entre fragmentos *hotspot* e controle, houve correlação significativa para a presença de gramíneas ($x^2 = 11,4$; $p = 0,0096$) e de arbustos ($x^2 = 11,4$; $p = 0,0095$). Sobre as diferenças entre borda e núcleo, houve correlação significativa para a presença de gramíneas ($x^2 = 15,5$; $p = 0,0013$), fungos ($x^2 = 14,2$; $p = 0,0008$) e bambus ($x^2 = 9,6$; $p = 0,0218$).

TABELA 8 - Análise comparativa da proporção da composição (em %) das parcelas.

FRAGMENTO		CIPÓS	ARBUSTOS	GRAMÍNEAS	FUNGOS	PLÂNTULAS	BAMBUS
CA	Borda	25 a 100	25 a 100	Maioria 25	Maioria 25	25 a 100	0 a 100
	Núcleo	25	100	50	100	25 a 100	0 a 100
CB	Borda	50 a 100	0 a 100	0 a 25	25 a 100	25 a 100	0
	Núcleo	100	25	25	100	25	25
CC	Borda	25 a 100	25	0 a 50	25 a 50	25	0
	Núcleo	100	25	25	50	25	0
HA	Borda	50 a 100	25 a 100	0 a 25	25 a 100	25 a 100	0
	Núcleo	50 a 100	100	25 a 50	25 a 100	25	0 a 25
HB	Borda	25	50 a 100	50	25	25 a 50	0
	Núcleo	50 a 100	25 a 100	25	50 a 100	25	0
HC	Borda	25	25 a 100	0 a 100	25 a 50	25 a 100	0 a 50
	Núcleo	25	25 a 100	25 a 100	25	0 a 100	0 a 50

Proporção média estimada para os elementos observados nos fragmentos, ocupando de 0 (ausente) a 100% (abundante) das parcelas. Fonte: Própria autora.

5.3. ATRIBUTOS CLIMÁTICOS

Os dados de precipitação e temperatura para o período estudado são apresentados na Tabela 1 e as médias obtidas para cada fragmento são apresentadas na Tabela 9.

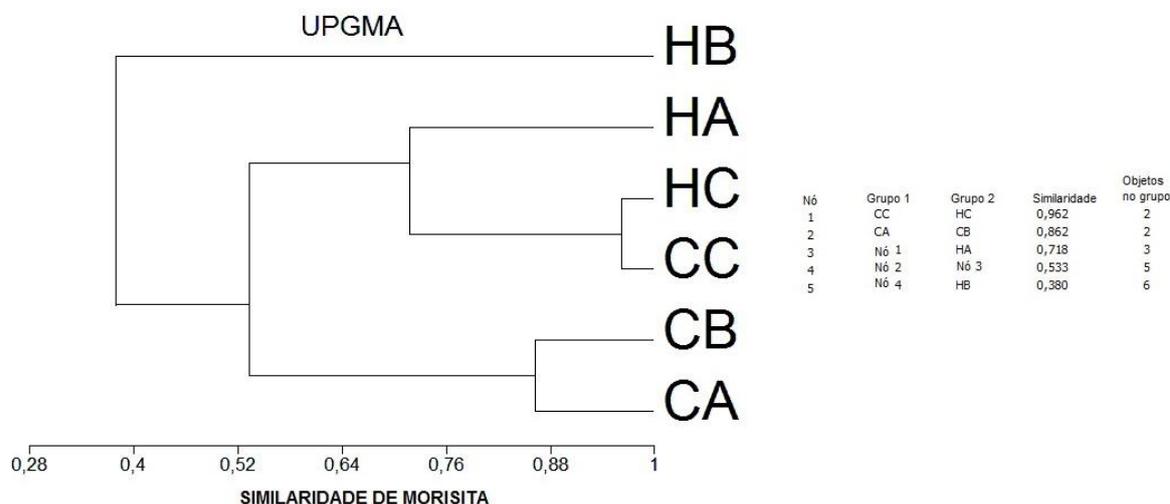
TABELA 9 – Média e desvio padrão do monitoramento microclimático.

Fragmento	Temp (°C)	Umíd (%)	Luz vertical (lux)	Luz horiz (lux)	Luz chão (lux)	Vento L-O (m/s)	Vento N-S (m/s)
CA	23,2 ± 1,1	84,2 ± 2,5	4719 ± 3197	2815 ± 2225	3344 ± 3786	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,05
CB	22,5 ± 1,6	86,3 ± 3,3	5422 ± 8079	2136 ± 3306	1452 ± 1355	0,06 ± 0,08	0,04 ± 0,09
CC	22,2 ± 0,6	83,0 ± 2,3	7710 ± 8676	2516 ± 2290	3641 ± 4929	0,23 ± 0,21	0,12 ± 0,12
HA	24,3 ± 0,8	82,3 ± 2,4	6316 ± 6991	2737 ± 1485	2529 ± 3683	0,09 ± 0,09	0,12 ± 0,13
HB	24,8 ± 2,3	75,1 ± 7,3	18393 ± 20681	14275 ± 18712	7676 ± 8253	0,13 ± 0,09	0,08 ± 0,08
HC	22,6 ± 0,7	82,8 ± 1,3	7578 ± 9642	5162 ± 4120	2386 ± 2650	0,24 ± 0,16	0,15 ± 0,15

Temp: temperatura; Umíd: umidade; Luz vertical: luminosidade medida verticalmente à entrada do abrigo artificial; Luz horiz: luminosidade medida horizontalmente à entrada do abrigo artificial; Luz chão: luminosidade medida ao nível do solo; Vento L-O: Velocidade do vento medida em sentido Leste-Oeste; Vento N-S: Velocidade do vento medida em sentido Norte-Sul. Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora.

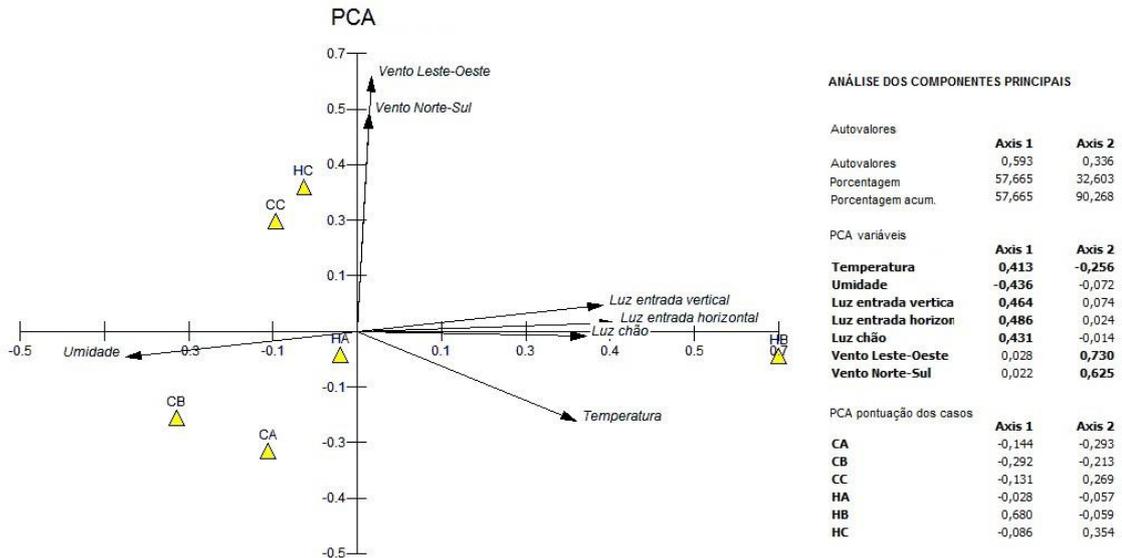
As análises de agrupamento (Figura 40) e PCA (Figura 41) mostraram uma maior proximidade entre os fragmentos HC e CC (0,962), devido à maior velocidade de vento, e entre os fragmentos CB e CA (0,862), devido à maior umidade. Essas relações, entretanto, são extremamente sutis, como mostra a Tabela 9. A correlação mais evidente nesta análise é a menor similaridade do fragmento HB em relação aos demais, devido aos números elevados de luminosidade e temperatura neste fragmento.

FIGURA 40 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DOS DADOS MICROCLIMÁTICOS (H – FRAGMENTOS *HOTSPOT*; C – FRAGMENTOS CONTROLE)



Fonte: Própria autora.

FIGURA 41 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DOS ATRIBUTOS MICROCLIMÁTICOS OBTIDOS NOS FRAGMENTOS FLORESTAIS (H - *HOTSPOT*; C - CONTROLE)



Escala do vetor: 0,86

Fonte: Própria autora.

As análises de regressão não demonstraram correlação entre a ocupação dos abrigos e os atributos microclimáticos analisados: temperatura ($z = 0,673$; $p = 0,501$), umidade ($z = 0,575$; $p = 0,566$), vento leste-oeste ($z = 0,946$; $p = 0,3444$), vento norte-sul ($z = -0,442$; $p = 0,659$), luz no chão ($z = -0,125$; $p = 0,900$), luz entrada horizontal ($z = -0,360$; $p = 0,719$) e luz entrada vertical ($z = -0,357$; $p = 0,721$).

5.4. ANÁLISE DOS PADRÕES DE COBERTURA DA TERRA

Os resultados da área total, calculada para cada cobertura de terra, encontrado no raio de cada área de estudo, podem ser visualizados na Tabela 10. Todas as regiões de cobertura associadas aos fragmentos *hotspot* (HA, HB e HC) apresentaram a cobertura florestal como padrão predominante de classe cobertura de terra (37,9, 53,4 e 48,6%, respectivamente). As regiões de cobertura associadas aos fragmentos controle CB e CC apresentaram predomínio de campo limpo (57,5 e 55,3%, respectivamente). A região de cobertura do fragmento CA se diferencia dos outros fragmentos por apresentar predomínio de silvicultura (37,8%), e se distancia dos outros fragmentos controle por apresentar apenas 14,8% de campo limpo e por apresentar maior cobertura florestal (27,3%) do que os outros fragmentos controle.

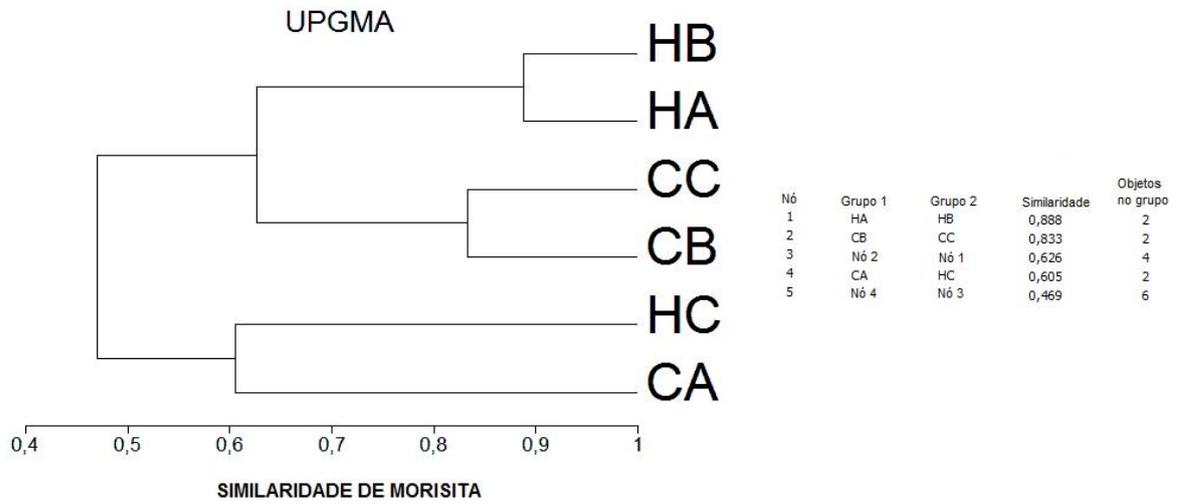
TABELA 10 - Área total (hectares e porcentagem) de cobertura de terra para a região de cobertura (*buffer*) de 600 metros.

	CA		CB		CC		HA		HB		HC	
	ha	%										
Água	0,05	0,04	0	0	0,26	0,22	4,04	3,29	2,20	1,28	0	0
Arruamento	3,72	3,15	1,92	1,64	0,86	0,74	1,92	1,56	1,64	0,96	0,15	0,13
Campo	17,45	14,77	67,78	57,75	64,68	55,33	39,88	32,44	42,67	24,79	3,90	3,27
Campo sujo	0	0	0	0	0,34	0,29	0,95	0,77	12,61	7,33	0,15	0,13
Cob. florest.	32,22	27,27	12,18	10,38	13,56	11,60	46,59	37,89	91,90	53,40	57,97	48,64
Ocup. hum.	3,25	2,75	1,19	1,02	0	0	8,65	7,03	1,44	0,84	0	0
Mineração	0	0	0	0	0	0	0	0	19,06	11,08	0	0
Cult.	0	0	0	0	0	0	2,04	1,66	0,23	0,13	0	0
Silvicultura	44,67	37,81	0	0	0,56	0,48	0	0	0	0	5,51	4,63
Cult. tempor.	2,48	2,10	0,88	0,75	36,24	31,00	17,60	14,32	0	0	0	0
Área urbana	13,63	11,54	20,99	17,89	0,40	0,34	0	0	0	0	50,55	42,42
Várzea	0,68	0,58	12,43	10,59	0	0	0,23	0,19	0,35	0,20	0,94	0,79
Via	0	0	0	0	0	0	1,04	0,85	0	0	0	0
TOTAL	118,2	100	117,4	100	116,9	100	122,9	100	172,1	100	119,2	100

Cob. florest.: cobertura florestal; Ocup. hum.: ocupação humana; Cult. perman.: cultura permanente; Cult. tempor.: cultura temporária; C: fragmentos controle; H: fragmentos *hotspot*. Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Fonte: Própria autora

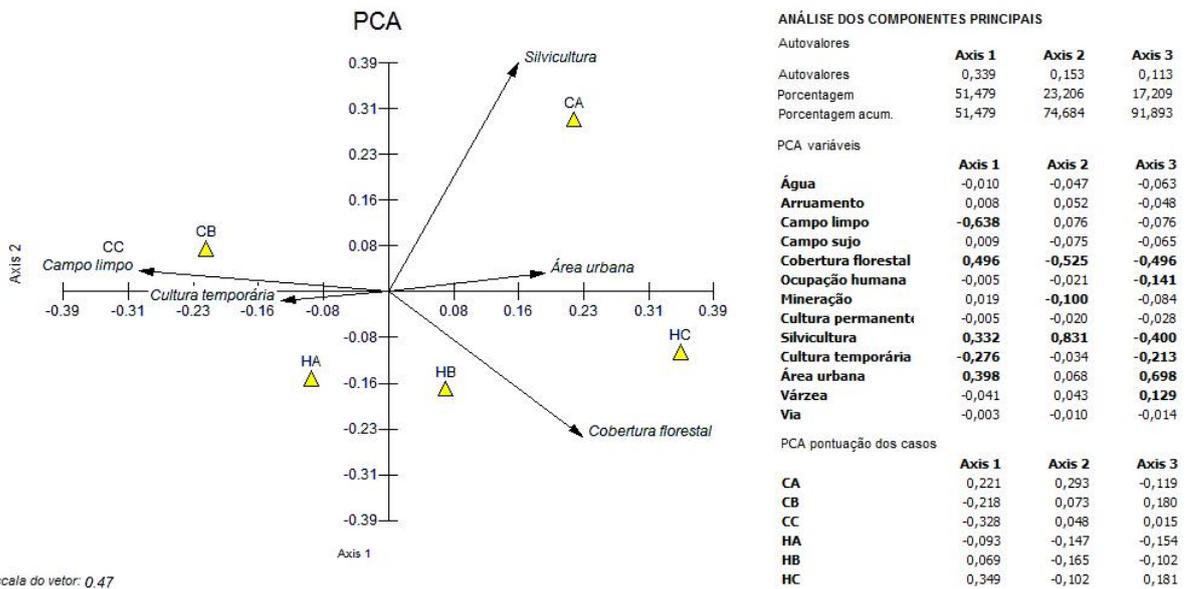
As análises de agrupamento (Figura 42) e PCA (Figura 43) mostraram que houve uma maior similaridade entre os fragmentos controle CB e CC (0,833) e uma grande similaridade entre os fragmentos *hotspot* HB e HA (0,888). Os três fragmentos *hotspot* apresentam, em comum, uma grande proporção de manchas de fragmentos florestais. Apesar de HC e CA não serem significativamente próximos (0,605), esses fragmentos estão correlacionados devido ao predomínio de fragmentos florestais e à presença de área urbana. O fato do fragmento CA não se agrupar aos outros fragmentos controle pode ser explicado pela predominância de fragmentos florestais e de áreas de silvicultura na matriz, contrapondo-se às manchas de campo limpo e agricultura temporária que dominam as outras áreas controle, CB e CC.

FIGURA 42 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DOS DADOS DO ENTORNO (C - FRAGMENTOS CONTROLE; H - FRAGMENTOS *HOTSPOT*)



Fonte: Própria autora.

FIGURA 43 - ANÁLISE DE PCA DOS PADRÕES DE COBERTURA DE TERRA DO ENTORNO (C - FRAGMENTOS CONTROLE; H - FRAGMENTOS *HOTSPOT*)



Fonte: Própria autora.

5.5. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Os coeficientes de correlação reforçam, em conjunto, observações que haviam sido feitas isoladamente em cada etapa das análises dos atributos em relação à ocupação dos abrigos artificiais pelas abelhas sem ferrão (Tabela 11).

TABELA 11 - Coeficientes de correlação linear (Pearson) para a relação entre o número de abrigos com evidências de colonização e cada parâmetro quantitativo analisado no estudo.

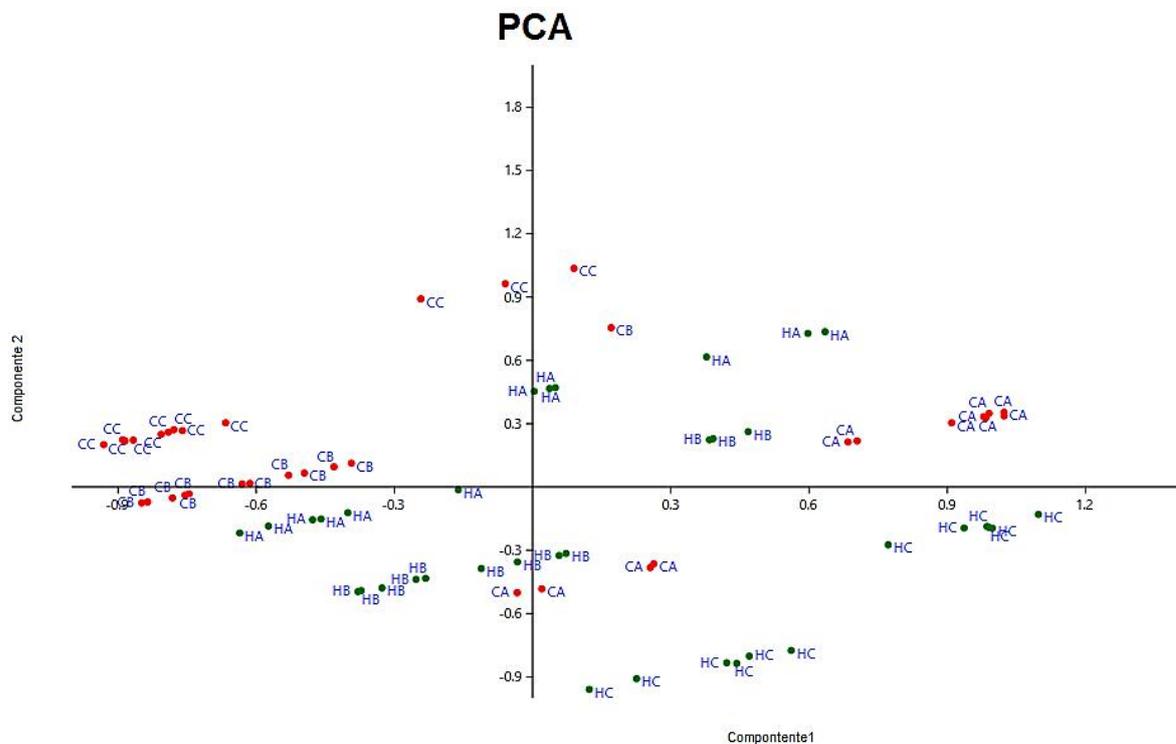
Parâmetro	Correlação (por fragmento)	Correlação (por parcela)
Água	0,12	-
Altura fuste	0,40	0,32
Altura total	0,46	0,40
Área urbana	0,19	-
Arruamento	0,36	-
Campo limpo	-0,83	-
Campo sujo	-0,27	-
Cobertura florestal	0,18	-
Cultura permanente	0,26	-
Cultura temporária	-0,12	-
DAP	0,06	0,46
Densidade	-0,36	-0,06
Luz chão	-0,11	-0,01
Luz entrada horizontal	-0,18	-0,04
Luz entrada vertical	-0,32	-0,04
Mineração	-0,28	-
Ocupação humana	0,42	-
Silvicultura	0,71	-
Temperatura	0,17	0,09
Umidade	0,06	0,07
Várzea	-0,62	-
Vento Leste-Oeste	-0,10	0,11
Vento Norte-Sul	0,18	-0,05
Via	0,28	-

Coeficientes de correlação linear (Pearson) para a correlação entre o número de abrigos com evidências de colonização e cada parâmetro quantitativo analisado no estudo, considerando as médias normalizadas por fragmento florestais e as médias normalizadas por parcela. DAP: Diâmetro à altura do peito; Luz chão: Luminosidade medida com o sensor na altura do chão; Luz entrada horizontal: Luminosidade medida com o sensor posicionado horizontalmente à entrada do abrigo artificial; Luz entrada vertical: Luminosidade medida com o sensor posicionado verticalmente à entrada do abrigo artificial; Vento Leste-Oeste: Velocidade do vento medida com o sensor posicionado em sentido leste-oeste; Vento Norte-Sul: Velocidade do vento medida com o sensor posicionado em sentido norte-sul. Números em negrito destacam os maiores valores obtidos para cada coluna. Células em azul destacam correlações positivas e células em vermelho destacam correlações negativas. Fonte: Própria autora.

Considerando as médias das parcelas, apesar de não terem sido observadas correlações fortes, o maior valor de coeficiente de correlação obtido indica correlação positiva entre a ocupação dos abrigos e o tamanho das árvores da parcela, que é dado pelo DAP (0,46) e pela altura total (0,40). Ao considerar as médias dos fragmentos florestais *hotspot* (HA, HB e HC) e controle (CA, CB, CC), os coeficientes apontaram fortes correlações ao considerar as classes de cobertura da terra, com os maiores valores destacando correlação negativa com o campo limpo (-0,83) e positiva com a silvicultura (0,71).

Foram utilizados para a realização da PCA os parâmetros considerados significativos para a ocupação dos abrigos artificiais por abelhas sem ferrão: DAP, altura do fuste, altura total e coberturas de terra de campo limpo, fragmentos florestais, cultura permanente, silvicultura, cultura temporária e área urbana. O resultado obtido no PCA abrangendo os dados por parcela pode ser conferido na Figura 44, e a disposição geográfica das parcelas divide os fragmentos em três grupos: um formado pelos fragmentos controle CB e CC; um formado pelos fragmentos *hotspot*; e um formado pelo fragmento controle CA.

FIGURA 44 - ANÁLISE DE PCA SINTETIZANDO AS MÉDIAS (POR PARCELA) DOS DADOS QUANTITATIVOS RELEVANTES PARA O ESTUDO



Cada ponto sinalizado no gráfico se refere a uma parcela. Pontos verdes indicam as parcelas dos fragmentos *hotspot* (HA, HB e HC) e pontos vermelhos indicam as parcelas dos fragmentos controle (CA, CB e CC). Fonte: Própria autora.

6. DISCUSSÃO

A taxa de colonização dos abrigos artificiais no estudo foi de 5,5% (quatro de 72 abrigos), coincidindo com as taxas de colonização de estudos com método similar: Oliveira *et al.* (2013), durante o período de experimentação em que utilizaram somente abrigos artificiais confeccionados com garrafas plásticas, atingiram uma taxa de colonização de 4% (48 de 1.200) em um ano; Silva *et al.* (2014) obtiveram uma taxa de colonização de 3,5% (25 de 720) em 2,5 anos. Ainda, é relevante considerar que as taxas de enxameamento na tribo Meliponini são muito baixas, sendo que um estudo realizado em um período de quatro anos detectou apenas 17 colônias de *Scaptotrigona* em atividades de nidificação (SLAA, 2006). Considerando a baixa taxa de enxameamento das abelhas sem ferrão, e considerando que, em relação aos outros estudos similares, o presente estudo foi realizado com um número menor de abrigos, em apenas oito meses de observações em campo, e obteve uma taxa maior de colonização, supõe-se que o modelo foi bem sucedido na seleção das áreas de ocorrência de abelhas.

Diferente dos estudos anteriores, os abrigos artificiais foram instalados em uma região com presença de vegetação natural altamente fragmentada, demonstrando que o método pode ser aplicado também neste contexto. Em ambos os experimentos citados, as abelhas do gênero *Scaptotrigona* colonizaram garrafas de 3L, indicando que este volume de abrigo artificial pode ser uma estratégia eficiente para atrair essas abelhas sem ferrão. Isso pode ser explicado pela alta preferência de *Scaptotrigona* em nidificar em buracos de árvores vivas (BATISTA *et al.* 2003; SIQUEIRA *et al.* 2012), já que o abrigo artificial simula este recurso. A maior disponibilidade de árvores, troncos e tocas como recursos de nidificação favorecem a presença de espécies de *Scaptotrigona* (BATISTA *et al.* 2003).

Considerando a presença de outras espécies de animais (Figura 32), Oliveira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2014) também encontraram formigas, aranhas e vespas dentro dos abrigos artificiais, sugerindo que esses invertebrados competem com as abelhas sem ferrão pelos recursos de nidificação. Os resultados aqui apresentados sugerem que os abrigos atuaram como recurso alimentar para predadores, já que os dois abrigos que foram atacados se encontravam no núcleo de um mesmo fragmento, em um transecto com distância de 40 metros entre eles. Há registros de iraras (*Tayra barbara*), tatus (Dasipodideos), juparás (*Potos flavus*), tamanduás-mirim (*Tamandua tetradactyla*) e quatis (*Nasua nasua*) como mamíferos que podem ser considerados como inimigos naturais em meliponários (NOGUEIRA-NETO,

1997), contudo até o momento este foi o primeiro estudo a respeito de predação de abrigos artificiais em ambientes naturais.

Os resultados descritos no presente trabalho mostraram uma maior presença de abelhas sem ferrão no núcleo dos fragmentos florestais. Esses resultados coincidem com os obtidos por Stangler *et al.* (2016), que encontraram uma maior diversidade de abelhas capturáveis por ninhos armadilha (exceto *Apis m.*) no interior da floresta, e indicam que a ocupação das abelhas pode ser negativamente afetada por fatores externos, que são mitigados no núcleo. Assim, o aumento da borda dos fragmentos pode ameaçar o futuro das espécies de abelhas que nidificam acima do chão (STANGLER *et al.* 2016). O principal motivo que pode explicar a menor ocupação nas bordas dos fragmentos é a maior vulnerabilidade de árvores maiores em florestas tropicais fragmentadas (LAURANCE *et al.* 2000). A distribuição espacial de ninhos de abelhas sem ferrão em fragmentos florestais é correlacionada com a disponibilidade de substratos adequados para a construção dos ninhos (SIQUEIRA *et al.* 2012), como buracos de árvores grandes. Essas constatações são condizentes com os resultados do presente estudo, que mostraram uma relação direta entre o tamanho da árvore (DAP, altura total e altura do fuste) e a ocupação dos abrigos artificiais, conforme sugerido por Eltz *et al.* (2003) e Samejima *et al.* (2004).

A correlação entre a ocupação dos abrigos artificiais e a presença de gramíneas e arbustos sugere uma associação com a presença de recursos para alimento, já que nesses extratos foram contabilizados os maiores números de flores e frutos (Tabela 6). Os fragmentos controle foram os que apresentaram menor presença de arbustos e também de flores e frutos. Complementando esse cenário, os fragmentos CB e CC apresentaram o entorno dominado por campo limpo (Figura 43). Isso reforça a menor disponibilidade de recursos, já que a presença de arbustos e gramíneas em terras inativas beneficia a diversidade de abelhas (HIRSCH e WOLTERS, 2003) e nos campos os animais pastadores podem prejudicar a busca das abelhas por recursos florais (HATFIELD e LEBUHN, 2007).

A partir da análise da sazonalidade (Tabela 1), notou-se que todos os abrigos que foram colonizados com sucesso atingiram a colonização nos dois meses com o menor intervalo de precipitação (23,2 mm em setembro e 69,4 mm em novembro). Em dezembro e janeiro, entretanto, houve o intervalo com maior precipitação (465 mm), o que provavelmente foi responsável pela entrada de água nas garrafas. Como as abelhas sem ferrão são muito eficientes em selar suas colmeias com cera (NOGUEIRA-NETO, 1997) e as *Scaptotrigona* possuem alta capacidade em controlar a temperatura dos ninhos (ENGELS *et al.*, 1995), os abrigos que já haviam sido colonizados puderam manter-se protegidos durante a estação

chuvosa. Ainda, Slaa *et al.* (2006) relataram que muitos ninhos naturais de abelhas sem ferrão podem ser desocupados ao longo do tempo, devido principalmente a influências humanas diretas (como derrubada de árvores). Entretanto, ao excluir os casos de mortalidade por interferências humanas, o estudo relata a sazonalidade como a maior causa natural de mortalidade de ninhos, incluindo a mortalidade por alagamento das colônias durante períodos de extrema precipitação (SLAA *et al.* 2006). Dessa forma, a infiltração de água observada nos abrigos artificiais também é um problema enfrentado pelas abelhas em seus ninhos naturais. Assim, apesar de a disponibilidade de recursos alimentares ser maior na estação chuvosa (ALEIXO *et al.* 2017), pode ser mais interessante instalar os abrigos na estação seca (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Os dados obtidos durante o monitoramento microclimático foram muito variáveis durante o curto período de tempo que o estudo foi realizado, principalmente em relação às medições de luminosidade e vento (ver desvios padrão na Tabela 9), e não foram obtidas correlações entre os resultados e a ocupação dos abrigos. Entretanto, a relevância dada à presença de fungos no teste de qui-quadrado poderia sugerir uma correlação indireta com a presença da umidade no fragmento. Adicionalmente, as análises de agrupamento e PCA (Figura 40 e Figura 41) destacaram o fragmento HB como diferente dos demais, devido à grande incidência de luz obtida nas medições. Essa diferença se deu porque a borda desse fragmento era dominada por indivíduos arbóreos de pequeno diâmetro e com menor densidade (Tabela 3), que resultam em um solo seco (Tabela 7) e com maior incidência de luz e maior temperatura (Tabela 9). Além disso, apesar de a PCA não ter destacado com relevância na região de cobertura da terra (Figura 43), o fragmento HB se situa dentro da área de uma empresa mineradora (ver Figura 27 e Tabela 10), tendo, portanto, sua integridade afetada por essa atividade (MECHI e SANCHES, 2010), especialmente na borda. Todos esses fatores podem ter contribuído para terem sido encontradas menos abrigos artificiais com presença de abelhas no fragmento HB (Tabela 2), apesar de este ter sido selecionado como um dos fragmentos *hotspot* por suas características dentro do modelo inicial (Figura 13).

Levando o foco da discussão para o desenvolvimento do modelo, comparando-se as 27 evidências de colonização nos fragmentos florestais (Tabela 2), destacam-se 15 abrigos (56% de 27) com evidências em fragmentos *hotspot*, dos quais 10 (67% de 15 eventos) ocorreram no núcleo e 5 na borda (33% de 15 eventos). No fragmento HA foram observados seis abrigos com evidências de colonização, que correspondem a 22% do total (27 observações) e 40% (de 15 eventos). No fragmento HB foram observados três abrigos, que correspondem a 11% do total (27 observações) e 20% (de 15 eventos). No fragmento HC foram observados seis

abrigos, que correspondem a 22% do total (27 observações) e 40 % (de 15 eventos). Assim, é possível observar que não houve muita variação na distribuição das evidências de colonização entre os fragmentos *hotspot*.

A respeito dos fragmentos controle, foram observados 12 abrigos (44% de 27) com evidências de colonização, sendo oito no núcleo (67% de 12 eventos) e quatro na borda (33% de 12 eventos). No fragmento CA foram observados oito abrigos com evidências de colonização, que correspondem a 30% do total (27 observações) e 67% (de 12 eventos). No fragmento CB foi observado um abrigo, que corresponde a 4% do total (27 observações) e 8% (de 12 eventos). No fragmento CC foram observados três abrigos, que correspondem a 11% do total (27 observações) e 25% (de 12 eventos). Fica evidente, portanto, que o controle CA difere dos demais controles quando às evidências de colonização encontradas nos abrigos artificiais, e necessitou de uma análise mais aprofundada para o entendimento de suas singularidades.

As análises dos coeficientes (Pearson) para a correlação entre o número de abrigos com evidências de colonização e os parâmetros quantitativos (Tabela 11), mostram que os padrões de cobertura da terra foram importantes para definir a ocupação dos abrigos pelas abelhas sem ferrão nos fragmentos controle. Essa explicação se torna evidente já que os fragmentos associados as áreas de campo limpo (CB: 57,5%; CC: 55,3% - ver Tabela 10) apresentaram baixa ocupação das colmeias e correlação negativa, e o fragmento associados as áreas de silvicultura (CA: 37,8%) apresentou o maior número de abrigos artificiais ocupados (Tabela 2). Outros estudos também constataram que a silvicultura pode favorecer polinizadores, incluindo diversos grupos de abelhas (PROCTOR *et al.*, 2012; ROBERTS *et al.*, 2017). Ainda, Aleixo *et al.* (2017) observaram que apesar de abelhas *Scaptotrigona* serem generalistas quanto aos hábitos de forrageamento, elas utilizam um número limitado de recursos como alimento, destacando-se espécies de eucalipto como atrativos em função de suas altas concentrações de inflorescências. Em um estudo realizado para a identificação de polens coletados por abelhas *Scaptotrigona depilis* (Moure, 1942), as árvores do gênero *Eucalyptus* spp. foram as mais representativas (FERREIRA *et al.*, 2010). Adicionalmente, o fragmento CA foi o fragmento que mais apresentou líquens vermelhos (Tabela 4), que são conhecidos bioindicadores para boa qualidade do ar (CONTI e CECCHETTI, 2001).

Optou-se por realizar análises de correlação (Tabela 11) separadas para as médias dos fragmentos e para as médias das parcelas, pois a análise das parcelas trouxe correlações que não foram possíveis de se detectar na análise com as médias dos fragmentos florestais, que é a correlação com o diâmetro das árvores. Essas diferenças indicam que, considerando o foco do

trabalho em trabalhar com múltiplas escalas, a cobertura da terra se mostrou como o parâmetro mais importante a ser incluído na elaboração do modelo espacial para a seleção dos fragmentos florestais relevantes para a detecção de abelhas sem ferrão. Ainda, apesar de o tamanho da árvore não ter sido destacado para as correlações com as médias dos fragmentos, as variáveis DAP e altura se mostraram extremamente relevantes para a modelagem em escala local, principalmente nas análises de regressão logística (Figura 39). Assim, esse é um parâmetro que deve estar incluso na seleção do habitat para a instalação dos abrigos artificiais, ou mesmo para a busca ativa por ninhos naturais de abelhas sem ferrão.

A análise final de PCA (Figura 44) sintetizando os dados demonstrou que, apesar de ter sido definido como um fragmento controle, o CA apresenta características que o separam deste grupo. A análise aglomerou as parcelas dos fragmentos controle CB e CC em um quadrante do gráfico, demonstrando que as características analisadas os aproximam. O fragmento CA, por sua vez, apresentou seus pontos mais próximas aos aglomerados de pontos dos fragmentos *hotspot*, o que ilustra graficamente as inferências das análises anteriores de que este fragmento não apresentou as características esperadas de um fragmento controle e, portanto, apresentou uma alta taxa de abrigos com evidências de colonização.

7. CONCLUSÃO

O estudo objetivou investigar as principais variáveis que poderiam influenciar a presença de abelhas sem ferrão em uma paisagem altamente fragmentada. A pesquisa foi capaz de analisar cada aspecto separadamente - a modelagem com características do habitat, os abrigos artificiais, os atributos microclimáticos, os parâmetros da vegetação e a análise dos padrões de cobertura da terra no entorno dos fragmentos florestais -, mas com a intenção de verificar a ação conjunta desses fatores.

O estudo foi realizado em uma escala regional, considerando um município dentro da Região Metropolitana de Sorocaba, de bioma Mata Atlântica, no Estado de São Paulo. Entretanto, os resultados podem servir como subsídio para o desenvolvimento e a validação de novos modelos, os quais deverão obrigatoriamente considerar a peculiaridade de cada área de estudo. A ambição deste estudo foi, não apenas desenvolver um modelo aplicado à região trabalhada, mas abrir portas para que novas abordagens multiescala possam ser desenvolvidas com base em diferentes contextos espaciais.

As análises apontaram alguns parâmetros que podem ser identificados em qualquer contexto, como, por exemplo, o tamanho das árvores como uma especificidade de recurso de nidificação para abelhas sem ferrão. Outros parâmetros, como a análise da cobertura da terra, devem ser avaliados com cautela em cada contexto trabalhado, já que estes são totalmente dependentes da região estudada. Apesar de os parâmetros considerados aqui já terem sido previamente verificados em estudos anteriores, o presente estudo se destacou pelo desafio de examinar todos esses parâmetros e a conexão entre eles, em uma paisagem altamente fragmentada.

Esses dados geraram resultados novos para a literatura, pois a interação entre as variáveis cria novos contextos dentro da região estudada, e a maior parte dos dados a respeito da conservação de abelhas sem ferrão ser realizada em florestas maiores e mais íntegras. Os resultados indicam que, apesar do contexto de uma paisagem altamente fragmentada, esses pequenos fragmentos florestais podem fornecer recursos de alimentação e de nidificação para abelhas sem ferrão. Assim, a conservação dos pequenos fragmentos florestais favorece a conservação das abelhas nativas, destacando-se a importância da realização de estudos que abordem a interação das abelhas nesses cenários de grande interferência antrópica.

Os abrigos artificiais para nidificação de abelhas sem ferrão, apesar de apresentarem baixa taxa de colonização efetiva, cumpriram com sua função na detecção de tentativas de colonização e, portanto, de presença de abelhas. O posicionamento dos abrigos artificiais no

núcleo dos fragmentos florestais foi um fator importante para as suas ocupações. A precipitação excessiva ao longo do período de trabalho de campo influenciou nos resultados da ocupação dos abrigos, mas os atributos microclimáticos não foram significativos para as análises, possivelmente devido à ampla variação observadas nas medições.

O entorno que contextualiza o habitat se destacou como um fator essencial ao modelo espacial, uma vez que foi capaz de explicar a divergência de resultados que a análise do habitat isoladamente não pôde complementar, enfatizando o papel das áreas de silvicultura como influência positiva e de campo limpo como influência negativa. A presença de árvores grandes (principalmente em diâmetro) como recurso de nidificação se apresentou como um relevante fator local de influência para a presença das abelhas sem ferrão, assim como a presença de recursos alimentares de qualidade, que podem se apresentar em floradas de eucaliptos e em arbustos.

Com base nos resultados obtidos, sugere-se que para o desenvolvimento de um modelo para detecção de locais de presença de abelhas sem ferrão é necessário analisar não somente a área dos fragmentos florestais e a distância entre eles, mas é igualmente importante considerar também fatores da paisagem (classes de cobertura da terra) e de habitat (parâmetros da vegetação). Assim, para avaliar a ocupação de abelhas sem ferrão em fragmentos florestais de Mata Atlântica, é importante incluir as classes de cobertura de terra como um dos parâmetros para a elaboração do modelo espacial, juntamente com a disponibilidade de cobertura vegetal e de recursos hídricos.

Recomenda-se, portanto, a instalação de abrigos artificiais em fragmentos florestais de área total e de área núcleo grandes, com menores distâncias entre os fragmentos e os corpos d'água mais próximos. Os entornos dos fragmentos florestais devem apresentar a menor área de cobertura da terra de campo limpo e a maior área de cobertura florestal, a qual inclui a silvicultura como um parâmetro favorável. Para maximizar a eficácia dos abrigos, recomenda-se que durante a confecção seja realizada a vedação reforçada de quaisquer possíveis orifícios de infiltração de água. Para a instalação dos abrigos artificiais nos fragmentos florestais, o posicionamento deve ser realizado no núcleo dos fragmentos, em árvores de grande diâmetro e altura, com disponibilidade de recursos alimentares próximos aos abrigos.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L.; SILVA, C. I. DA. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona* aff. *depilis*). *Apidologie*, v. 48, n. 1, p. 117–127, 2017.
- ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. *Braz. J. of Biol.*, v. 64, n. 3B, p. 563–568, 2004.
- BATISTA, M. A.; RAMALHO, M.; SOARES, A. E. E. Nesting sites and abundance of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) in heterogeneous habitats of the Atlantic Rain Forest, Bahia, Brazil. *Lundiana*, v. 4, n. 1, p. 19–23, 2003.
- BAWA, K. S. Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests. *Annu. Rev. of Ecol. and Syst.*, v. 21, n. 1990, p. 399–422, 1990.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J. *et al.* The multiple impacts of tropical forest fragmentation on arthropod biodiversity and on their patterns of interactions with host plants. *PLoS ONE*, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2016.
- BENNETT, A. B; GRATTON, C. Local and Landscape scale variables impact parasitoid assemblages across an urbanization gradient. *Landsc. and Urban Plan.*, v. 104, n.1, p. 26-33, 2012.
- BLANDÓN, A. C. *et al.* Temporal bird community dynamics are strongly affected by landscape fragmentation in a Central American tropical forest region. *Biodivers. and Conserv.*, v. 25, n. 2, p. 311–330, 2016.
- BOLGER, D. T. *et al.* Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age and edge effects. *Ecol. Appl.*, v. 10, n. 4, p. 1230-1248, 2000.
- BREGMAN, T. P.; SEKERCIOGLU, C. H.; TOBIAS, J. A. Global patterns and predictors of bird species responses to forest fragmentation: Implications for ecosystem function and conservation. *Biol. Conserv.*, v. 169, p. 372–383, 2014.
- BROSI, B. J.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R. Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecol. Appl.*, v. 17, n. 2, p. 418–430, 2007.
- BROSI, B. J. The complex responses of social stingless bees (Apidae: Meliponini) to tropical deforestation. *For. Ecol. and Manag.*, v. 258, n. 9, p. 1830–1837, 2009.
- CARRÉ, G. *et al.* Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agric., Ecosyst. and Environ.*, v. 133, n. 1–2, p. 40–47, 2009.
- CEPAGRI. Clima dos Municípios Paulistas: Salto de Pirapora. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_511.html>. Acesso em: 05 junho 2017.

- CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review. *Environ. Pollut.*, v. 114, n. 3, p. 471-492, 2001.
- DEGEN, T.; DEVILLEZ, F.; JACQUEMART, A.-L. Karyotypic studies in ecotypes of *hippophæ rhamnoides* l. from romania. *Ann. For. Sci.*, v. 62, p. 429-440, 2010.
- ELTZ, T.; BRÜHL, C. A.; IMIYABIR, Z.; LINSENMAIR, K. E. Nesting and nest trees of stingless bees (Apidae: Meliponini) in lowland dipterocarp forests in Sabah, Malaysia, with implications for forest management. *For. Ecol. and Manag.*, v. 172, n. 2-3, p. 301-313, 2003.
- EMPLASA. Sistema Mapeia São Paulo de Visualização de Dados da Emplasa. Disponível em: <http://www.mapeiasp.sp.gov.br>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- ENGELS, W.; ROSENKRANZ, P.; ENGELS, E. Thermoregulation in the nest of the Neotropical Stingless bee *Scaptotrigona postica* and a hypothesis on the evolution of temperature homeostasis in highly Eusocial bees. *Stud. on Neotrop. Fauna and Environ.*, v. 39, n. 4, p. 193-205, 1995.
- FABIAN, Y. *et al.* The importance of Landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. *J. of Anim. Ecol.*, v. 82, n. 6, p. 1203-1214, 2013.
- FARIAS, I. P. *et al.* Effects of forest fragmentation on genetic diversity of the critically endangered primate, the pied tamarin (*Saguinus bicolor*): Implications for conservation. *J. of Hered.*, v. 106, n. S1, p. 512-521, 2015.
- FERREIRA, M. G.; MANENTE-BALESTIERI, F. C. D.; BALESTIERI, J. B. P. Pólen coletado por *Scaptotrigona depilis* (Moure) (Hymenoptera, Meliponini), na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Bras. de Entomol.*, v. 54, p. 258-262, 2010.
- FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D.; CARVALHEIRO, L. G.; *et al.* Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. *Landsc. Ecol.*, v. 30, n. 10, p. 2067-2078, 2015.
- FONSECA, M. S.; SILVA JUNIOR, M. C. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Bot. Bras.*, v. 18, n. 1, p. 19-29, 2004.
- FREITAS, B. M. *et al.* Diversity, threats and Conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.
- GIANNINI, T. C. *et al.* The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *J. of Econ. Entomol.*, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Princípios de estatística em ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.
- GOULSON, D. *et al.* Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, v. 347, n. 6229, p. 1255957, 2015.

- GREENLEAF, S. S.; WILLIAMS, N. M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, v. 153, p. 589–596, 2007.
- HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Sci. Adv.*, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2015.
- HATFIELD, R. G.; LEBUHN, G. Patch and landscape factors shape community assemblage of bumble bees, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae), in montane meadows. *Biol. Conserv.*, v. 139, n. 1–2, p. 150–158, 2007.
- HEARD, T. A. the Role of Stingless Bees in Crop Pollination. *Annu. Revi. of Entomol.*, v. 44, n. 1, p. 183–206, 1999.
- HIRSCH, M.; WOLTERS, V. Response of aculeate Hymenoptera to spatial features of an agricultural landscape. *J. for Nat. Conserv.*, v. 11, n. 3, p. 179–185, 2003.
- HOBBS, R. Landscape ecology and conservation: Moving from description to application. *Paci. Conserv. Biol.*, v. 1, n. 3, p. 170–176, 1993.
- HRNCIR, M.; JARAU, S.; BARTH, F. G. Stingless bees (Meliponini): senses and behavior. *J. Comp. Physiol. A.*, v. 202, p. 597–601, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE. 2013, 171p.
- INMET. Consulta Dados da Estação Automática: Sorocaba (SP). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 27 julho 2017.
- de JESUS, E. N. *et al.* Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. *Revista Árvore*, v. 39, n. 3, p. 467–474, 2015.
- KREWENKA, K. M. *et al.* Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biol. Conserv.*, v. 144, n. 6, p. 1816-1825, 2011.
- KREYER, D. *et al.* R. Are forests potential Landscape barriers for foraging bumblebees? Landscape scale experiments with *Bombus terrestris* agg. and *Bombus pascuorum* (Hymenoptera, Apidae) *Biol. Conserv.*, v. 116, n. 1, p. 111-118, 2004.
- LAURANCE, W. F. *et al.* Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature*, v. 404, n. 6780, p. 836, 2000.
- LEWIS, O. T. *et al.* Conservation of tropical forests. In: D. W. Macdonald; K. J. Willis (Eds.) Key Topics in Conservation Biology. John Wiley & Sons, p. 222–235, 2013.
- MAGRACH, A.; LAURANCE, W. F.; LARRINAGA, A. R.; SANTAMARIA, L. Meta-analysis of the effects of forest fragmentation on interspecific interactions. *Conserv. Biol.*, v. 28, n. 5, p. 1342–1348, 2014.

- MATTESON, K. C.; GRACE, J. B.; MINOR, E. S. Direct and indirect effects of land use on floral resources and flower-visiting insects across an urban Landscape. *Oikos*, v. 122, n. 5, p. 682–694, 2013.
- MCFREDERICK, Q. S.; LEBUHN, G. Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biol. Conserv.*, v. 129, n. 3, p. 372–382, 2006.
- MECHI, A.; SANCHES, D. L. The environmental impact of mining in the state of São Paulo. *Estud. av.*, v. 24, n. 68, p. 209–220, 2010.
- METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens? *Biota Neotrop.*, v. 1, n. 12, p. 1–9, 2001.
- MICHENER, C. D. The Bees of the World. 2ª ed. Baltimore: JHU Press, 2007. 992p.
- MONTERO-CASTAÑO, A.; VILÀ, M. Impact of Landscape alteration and invasions on pollinators: A meta-analysis. *J. of Ecol.*, v. 100, n. 4, p. 884–893, 2012.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecol. and Evol.*, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for Conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853–858, nov. 2000.
- NOGUEIRA-NETO, P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. São Paulo: Nogueirapis, 1997.
- OLIVEIRA, R. C. *et al.* Trap-nests for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie*, v. 44, n. 1, p. 29–37, 2013.
- PIRES, V. R. DE O. Análise da paisagem do município de Salto de Pirapora, SP como subsídio para o planejamento ambiental. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.
- PIRES, V. R. DE O. *et al.* Análise da estrutura da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas em fragmentos de Mata Atlântica. *Ambiencia*, v. 12, n. 3, p. 765–774, 2016b.
- PIRES, V. R. DE O. *et al.* Mapeamento do uso e ocupação da terra como subsídio para o planejamento ambiental. *Ambiencia*, v. 12, n. 3, p. 899–908, 2016a.
- POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. V. Influence of Abiotic Factors and Floral Resource Availability on Daily Foraging Activity of Bees: Influence of Abiotic and Biotic Factors on Bees. *J. of Insect Behav.*, v. 27, n. 5, p. 593–612, 2014.
- POTTS, S. G. *et al.* Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecol. and Evol.*, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da Conservação. Londrina: Planta, 2001.

- PROCTOR, E. *et al.* Responses of insect pollinators and understory plants to silviculture in northern hardwood forests. *Biodivers. Conserv.* V. 21, n. 7, p. 1703–1740, 2012.
- RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.*, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- RIES, L.; SISK, T. D. A predictive model of edge effects. *Ecology*, v. 85, n. 11, p. 2917–2926, 2004.
- ROBERTS, H. P.; KING, D. I.; MILAM, J. Factors affecting bee communities in forest openings and adjacent mature forest. *For. Ecol. and Manag.*, v. 394, p. 111–122, 2017.
- ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989.
- ROUBIK, D. W.; ALUJA, M. Flight Ranges of *Melipona* and *Trigona* in Tropical Forest. *J. of the Kansas Entomol. Soc.*, v. 56, n. 2, p. 217–222, 1983.
- RODRIGUES, E. Edge effects on the regeneration of forest fragments in North Paraná. 1988. Tese de Ph.D. Harvard University, Cambridge, 1988.
- ROULSTON, T.H.; GOODELL, K. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annu. Rev. of Entomol.*, v. 56, p. 293–312, 2011.
- SAMEJIMA, H.; MARZUKI, M.; NAGAMITSU, T.; NAKASIZUKA, T. The effects of human disturbance on a stingless bee community in a tropical rainforest. *Biol. Conserv.*, v. 120, n. 4, p. 577–587, 2004.
- SÁROSPATAKI, M.; BÁLDI, A.; BATÁRY, P.; *et al.* Factors affecting the structure of bee assemblages in extensively and intensively grazed grasslands in Hungary. *Community Ecol.*, v. 10, n. 2, p. 182–188, 2009.
- SILVA, M. D.; RAMALHO, M.; MONTEIRO, D. Communities of Social Bees (Apidae: Meliponini) in Trap-Nests: The Spatial Dynamics of Reproduction in an Area of Atlantic Forest. *Neotrop. Entomol.*, v. 43, n. 4, p. 307–313, 2014.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002.
- SIQUEIRA, E. N. L. *et al.* Diversity and nesting substrates of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in a forest remnant. *Psyche*, v. 2012, p. 1–9, 2012.
- SLAA, E. J. Population dynamics of a stingless bee community in the seasonal dry lowlands of Costa Rica. *Insectes Sociaux*, v. 53, n. 1, p. 70–79, 2006.
- S.O.S. MATA ATLÂNTICA, 2014. Relatório Annual 2014. Disponível em: https://www.sosma.org.br/link/relatorio_anual_sosma_2014/index.html. Acesso em: 07 março 2016.

S.O.S. MATA ATLÂNTICA, 2016. A Mata Atlântica. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica>. Acesso em: 07 março 2016.

SOULE, M. E. What is Conservation Biology. A New Synthetic Discipline Address The Dynamics and Problems of Perturbed Species, Communities, and Ecosystems. *BioScience*, v. 35, n. 11, p. 727–734, 1985.

STANGLER, E. S.; HANSON, P. E.; STEFFAN-DEWENTER, I. Vertical diversity patterns and biotic interactions of trap-nesting bees along a fragmentation gradient of small secondary rainforest remnants. *Apidologie*, v. 47, n. 4, p. 527–538, 2016.

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of Habitat Area and Landscape Context Fragmented Orchard Meadows. *Conserv. Biol.*, v. 17, n. 4, p. 1036–1044, 2003.

STEFFAN-DEWENTER, I.; WESTPHAL, C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and Landscape change. *J. of Appl. Ecol.*, v. 45, n. 3, p. 737–741, 2008.

STRAYER, D. L. *et al.* Classification of Ecological Boundaries. *BioScience*, v. 53, n. 8, p. 723, 2003.

VAN NIEUWSTADT, M. G. L.; IRAHETA, C. E. R. Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae , Meliponinae). *Apidologie*, v. 27, p. 219–228, 1996.

WILLIAMS, N. M.; KREMEN, C. Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecol. Appl.*, v. 17, n. 3, p. 910–921, 2007.

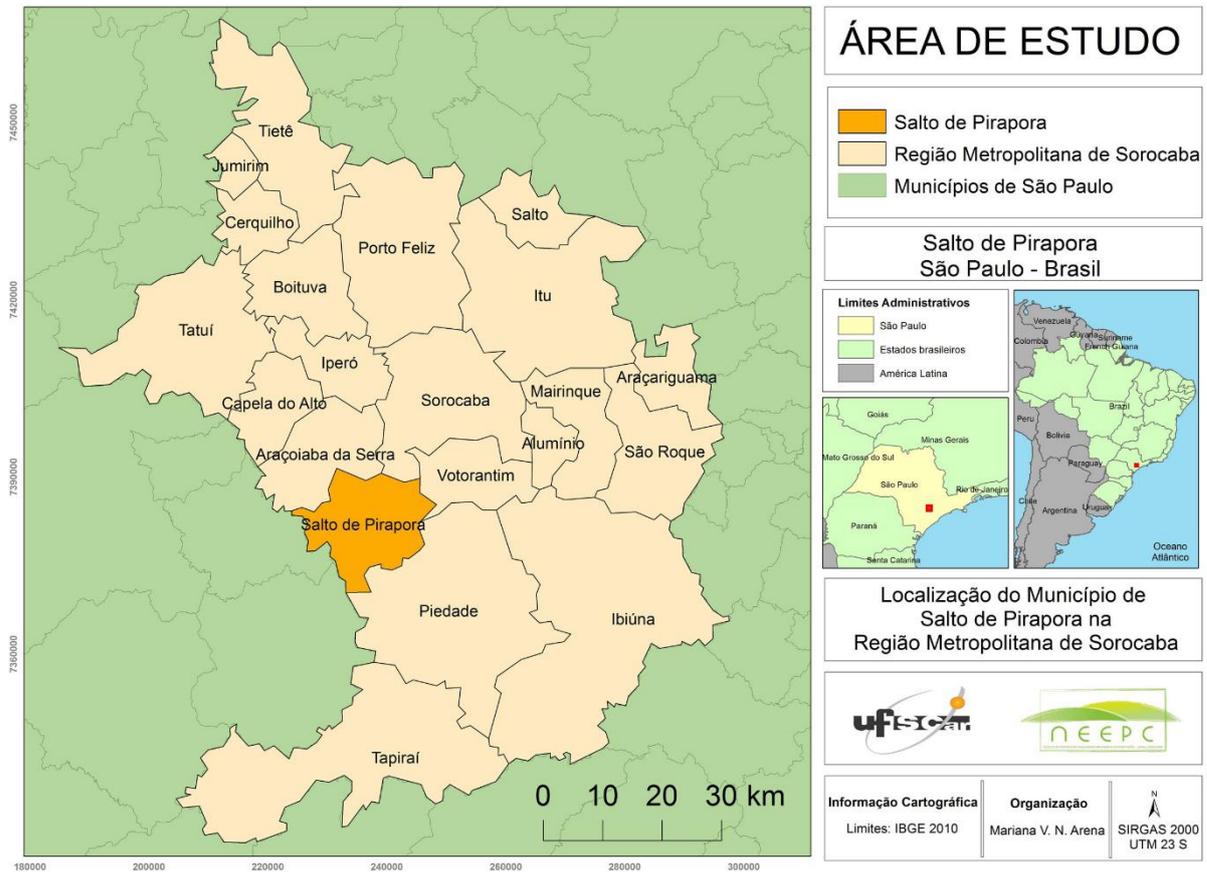
WINFREE, R. The Conservation and restoration of wild bees. *Ann. of the New York Acad. of Sci.*, v. 1195, p. 169–197, 2010.

WU, J. Landscape ecology, cross-disciplinarity, and sustainability science. *Landsc. Ecol.*, v. 21, n. 1, p. 1–4, 2006.

ZANETTE, L. R. S., *et al.* Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landsc. and Urban Plan.*, v. 71, n. 2-4, p. 105-121, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Localização do município de Salto de Pirapora, região metropolitana de Sorocaba, estado de São Paulo, Brasil. Fonte: Própria autora.



APÊNDICE C - Planilha de campo utilizada para a medição da estrutura e características gerais da vegetação arbórea. Fonte: Própria autora.

Fragmento:		Data:					
ID	CAP	Altura fuste	Altura total	Tronco casca	Tronco onfícios	Tronco cor	OBS
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

CAP min = 15 (medida a 1,30 m)

APÊNDICE D - Planilha de campo utilizada para a caracterização biótica e abiótica das parcelas. Fonte: Própria autora.

Fragmento:

Nº Colméia:

Data:

Declividade Plana Até 25° 25 a 45° > 45°

OBS:

Lianas, cipós e trepadeiras Ausente Pouco Comum Abundante

Arbustos Ausente Pouco Comum Abundante

Gramineas Ausente Pouco Comum Abundante

Líquens, musgos e fungos Ausente Pouco Comum Abundante

OBS:

Epífitas n° _

Samambaias e avencas n° _

Árvores e troncos mortos n° _

Serrapilheira Ausente Pouco Comum Abundante

OBS:

Flores em Herbáceo n° _

Flores em Arbustivo n° _

Flores em Arbóreo n° _

OBS:

Frutos em Herbáceo n° _

Frutos em Arbustivo n° _

Frutos em Arbóreo n° _

OBS:

Solo Claro Escuro

Arenoso Argiloso

Íntegro Erodido

Seco Úmido Alagado

Compactado Não compactado

Buracos, cupinzeiros, etc n° _

OBS:

* Pouco: 25% de cobertura; Comum: 25 a 50%; Abundante: Acima de 50%

APÊNDICE E – Médias de DAP, altura do fuste, altura total e densidade das árvores para os fragmentos controle. Parcelas de numeração 1 a 6 localizam-se nas bordas dos fragmentos florestais, e parcelas de numeração 7 a 12 localizam-se nos núcleos. Fonte: Própria autora.

FRAGMENTO	DAP	H FUSTE	H TOTAL	DENSIDADE
CA01	6,93	4,40	6,45	0,29
CA02	9,11	5,20	6,82	0,30
CA03	8,98	4,84	6,75	0,16
CA04	10,44	4,50	6,35	0,20
CA05	7,05	3,30	4,57	0,15
CA06	8,52	4,26	5,57	0,23
CA07	11,72	5,83	8,20	0,15
CA08	14,75	6,28	8,44	0,18
CA09	9,75	5,43	7,57	0,23
CA10	14,41	6,14	9,00	0,14
CA11	14,21	6,14	8,82	0,11
CA12	13,64	5,37	7,29	0,19
CB01	12,23	4,43	6,27	0,28
CB02	10,29	3,68	6,00	0,28
CB03	7,22	3,77	5,48	0,47
CB04	8,29	4,55	6,05	0,40
CB05	10,27	4,24	5,89	0,19
CB06	8,08	4,00	5,53	0,15
CB07	9,19	3,59	4,73	0,11
CB08	10,49	5,42	6,98	0,25
CB09	9,41	4,68	6,05	0,20
CB10	6,56	3,34	4,66	0,25
CB11	11,25	4,50	6,12	0,21
CB12	12,34	5,55	7,33	0,21
CC01	9,16	4,45	6,39	0,19
CC02	15,64	6,55	8,63	0,17
CC03	13,33	5,25	8,43	0,14
CC04	12,81	4,68	7,27	0,22
CC05	8,99	3,82	5,18	0,17
CC06	14,54	5,31	7,22	0,18
CC07	10,91	5,70	7,73	0,28
CC08	10,77	4,37	6,37	0,19
CC09	11,41	5,31	7,55	0,21
CC10	9,71	4,81	6,41	0,16
CC11	13,74	5,24	7,47	0,17
CC12	11,87	5,29	6,85	0,24

APÊNDICE F – Médias de DAP, altura do fuste, altura total e densidade das árvores para os fragmentos *hotspot*. Parcelas de numeração 1 a 6 localizam-se nas bordas dos fragmentos florestais, e parcelas de numeração 7 a 12 localizam-se nos núcleos. Fonte: Própria autora.

FRAGMENTO	DAP	H FUSTE	H TOTAL	DENSIDADE
HA01	7,20	3,25	4,48	0,20
HA02	7,72	3,97	5,17	0,31
HA03	6,20	3,09	4,35	0,23
HA04	6,77	3,93	5,61	0,22
HA05	6,31	3,61	5,52	0,22
HA06	8,09	3,65	5,47	0,30
HA07	14,01	6,57	8,67	0,15
HA08	8,29	4,76	7,00	0,19
HA09	10,31	4,17	6,61	0,23
HA10	10,97	4,53	5,82	0,17
HA11	10,07	4,03	5,81	0,18
HA12	10,62	4,74	6,45	0,19
HB01	7,91	4,61	6,66	0,28
HB02	8,82	4,44	5,92	0,18
HB03	5,74	3,36	4,82	0,14
HB04	5,18	3,32	4,45	0,19
HB05	7,06	5,05	7,15	0,20
HB06	8,22	6,43	8,30	0,21
HB07	8,33	4,98	6,38	0,33
HB08	7,99	4,74	6,13	0,36
HB09	8,85	4,63	5,92	0,43
HB10	7,00	4,23	5,52	0,61
HB11	6,81	3,64	4,86	0,48
HB12	8,69	5,10	6,43	0,36
HC01	6,39	3,56	5,72	0,43
HC02	9,39	4,02	6,34	0,28
HC03	8,55	3,83	6,42	0,12
HC04	7,91	5,03	6,47	0,33
HC05	9,16	5,24	6,72	0,25
HC06	11,13	5,81	7,48	0,21
HC07	8,59	5,26	6,92	0,25
HC08	7,64	5,08	6,81	0,13
HC09	10,36	5,80	7,55	0,22
HC10	9,05	4,97	6,82	0,31
HC11	7,99	5,50	7,31	0,29
HC12	7,86	4,37	6,74	0,45

APÊNDICE G - Proporção de cipós, arbustos, gramíneas, fungos, plântulas e bambus para cada parcela nos fragmentos controle. Fonte: Própria autora.

FR	POSICÃO	Nº	CIPOS	ARBUSTOS	GRAMÍN	FUNGOS	PLÂNTU	BAMBU
CA	Borda	1	Comum	Abund.	Pouco	Comum	Comum	Abund.
CA	Borda	2	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente
CA	Borda	3	Comum	Pouco	Pouco	Pouco	Abund.	Ausente
CA	Borda	4	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Comum	Ausente
CA	Borda	5	Abund.	Comum	Pouco	Pouco	Comum	Abund.
CA	Borda	6	Comum	Pouco	Abund.	Pouco	Comum	Ausente
CA	Núcleo	7	Pouco	Comum	Comum	Abund.	Pouco	Comum
CA	Núcleo	8	Pouco	Comum	Abund.	Abund.	Comum	Ausente
CA	Núcleo	9	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Comum	Ausente
CA	Núcleo	10	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Comum	Comum
CA	Núcleo	11	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Abund.	Abund.
CA	Núcleo	12	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.
CB	Borda	1	Comum	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Ausente
CB	Borda	2	Abund.	Ausente	Ausente	Abund.	Pouco	Ausente
CB	Borda	3	Abund.	Comum	Ausente	Abund.	Abund.	Ausente
CB	Borda	4	Comum	Pouco	Ausente	Comum	Comum	Ausente
CB	Borda	5	Comum	Abund.	Ausente	Pouco	Abund.	Ausente
CB	Borda	6	Abund.	Comum	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
CB	Núcleo	7	Abund.	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Pouco
CB	Núcleo	8	Abund.	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Pouco
CB	Núcleo	9	Comum	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Pouco
CB	Núcleo	10	Abund.	Comum	Pouco	Abund.	Pouco	Pouco
CB	Núcleo	11	Abund.	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco
CB	Núcleo	12	Abund.	Pouco	Ausente	Abund.	Pouco	Pouco
CC	Borda	1	Comum	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente
CC	Borda	2	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Pouco	Ausente
CC	Borda	3	Comum	Pouco	Ausente	Comum	Pouco	Ausente
CC	Borda	4	Abund.	Pouco	Ausente	Comum	Pouco	Ausente
CC	Borda	5	Comum	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente
CC	Borda	6	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente
CC	Núcleo	7	Abund.	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Ausente
CC	Núcleo	8	Abund.	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
CC	Núcleo	9	Abund.	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Pouco
CC	Núcleo	10	Comum	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
CC	Núcleo	11	Abund.	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
CC	Núcleo	12	Abund.	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente

APÊNDICE H – Proporção de cipós, arbustos, gramíneas, fungos, plântulas e bambus para cada parcela nos fragmentos *hotspot*. Fonte: Própria autora.

FR	POSIÇÃO	Nº	CIPÓS	ARBUSTOS	GRAMÍN	FUNGOS	PLÂNTU	BAMBU
HA	Borda	1	Abund.	Pouco	Ausente	Pouco	Pouco	Ausente
HA	Borda	2	Abund.	Comum	Pouco	Abund.	Abund.	Ausente
HA	Borda	3	Abund.	Abund.	Ausente	Comum	Comum	Ausente
HA	Borda	4	Comum	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
HA	Borda	5	Abund.	Comum	Pouco	Abund.	Comum	Ausente
HA	Borda	6	Comum	Comum	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente
HA	Núcleo	7	Pouco	Abund.	Ausente	Pouco	Pouco	Ausente
HA	Núcleo	8	Abund.	Abund.	Pouco	Abund.	Pouco	Ausente
HA	Núcleo	9	Comum	Abund.	Pouco	Abund.	Pouco	Ausente
HA	Núcleo	10	Comum	Pouco	Comum	Pouco	Pouco	Pouco
HA	Núcleo	11	Abund.	Abund.	Comum	Comum	Comum	Pouco
HA	Núcleo	12	Abund.	Abund.	Pouco	Comum	Abund.	Ausente
HB	Borda	1	Pouco	Abund.	Pouco	Comum	Comum	Ausente
HB	Borda	2	Pouco	Comum	Comum	Pouco	Pouco	Ausente
HB	Borda	3	Pouco	Abund.	Comum	Pouco	Pouco	Ausente
HB	Borda	4	Pouco	Comum	Comum	Pouco	Comum	Ausente
HB	Borda	5	Pouco	Abund.	Comum	Pouco	Comum	Ausente
HB	Borda	6	Pouco	Abund.	Comum	Pouco	Pouco	Ausente
HB	Núcleo	7	Comum	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
HB	Núcleo	8	Abund.	Pouco	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
HB	Núcleo	9	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Abund.	Ausente
HB	Núcleo	10	Comum	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.
HB	Núcleo	11	Abund.	Comum	Pouco	Comum	Pouco	Ausente
HB	Núcleo	12	Comum	Comum	Pouco	Comum	Comum	Ausente
HC	Borda	1	Ausente	Pouco	Abund.	Comum	Comum	Ausente
HC	Borda	2	Pouco	Pouco	Abund.	Comum	Comum	Ausente
HC	Borda	3	Pouco	Pouco	Abund.	Pouco	Abund.	Ausente
HC	Borda	4	Pouco	Comum	Comum	Comum	Pouco	Pouco
HC	Borda	5	Pouco	Comum	Ausente	Pouco	Comum	Comum
HC	Borda	6	Pouco	Abund.	Abund.	Pouco	Comum	Comum
HC	Núcleo	7	Pouco	Abund.	Abund.	Comum	Pouco	Ausente
HC	Núcleo	8	Comum	Abund.	Abund.	Pouco	Abund.	Ausente
HC	Núcleo	9	Pouco	Comum	Comum	Pouco	Comum	Ausente
HC	Núcleo	10	Pouco	Pouco	Pouco	Pouco	Ausente	Ausente
HC	Núcleo	11	Pouco	Abund.	Abund.	Comum	Pouco	Comum
HC	Núcleo	12	Abund.	Comum	Comum	Abund.	Pouco	Comum

APÊNDICE I – Número de epífitas, samambaias, avencas, árvores mortas, galhos e emaranhados de galhos para cada parcela nos fragmentos controle. Fonte: Própria autora.

FRAG	POSIC	Nº	EPIF	SAMAM	AVEN	ÁRV. MORTAS	TRONCOS	EMARANH
CA	Borda	1	2	12	0	0	32	sim
CA	Borda	2	1	41	0	6	26	sim
CA	Borda	3	0	23	0	9	0	sim
CA	Borda	4	1	13	0	3	7	sim
CA	Borda	5	3	3	0	2	8	sim
CA	Borda	6	2	17	0	2	9	sim
CA	Núcleo	7	15	10	0	1	7	não
CA	Núcleo	8	12	7	0	1	6	não
CA	Núcleo	9	13	13	0	1	0	não
CA	Núcleo	10	15	34	0	3	7	não
CA	Núcleo	11	3	2	0	3	14	não
CA	Núcleo	12	7	13	0	5	5	não
CB	Borda	1	0	15	0	0	42	sim
CB	Borda	2	0	0	0	0	47	sim
CB	Borda	3	15	0	0	6	7	não
CB	Borda	4	7	0	0	5	18	não
CB	Borda	5	13	0	0	3	14	não
CB	Borda	6	11	0	0	0	>100	sim
CB	Núcleo	7	1	2	0	5	>100	sim
CB	Núcleo	8	5	28	0	5	21	não
CB	Núcleo	9	2	0	0	5	5	sim
CB	Núcleo	10	0	0	0	6	27	não
CB	Núcleo	11	0	0	0	3	>100	sim
CB	Núcleo	12	1	0	0	2	>100	sim
CC	Borda	1	0	3	0	0	4	não
CC	Borda	2	1	14	0	4	26	não
CC	Borda	3	0	17	0	0	19	não
CC	Borda	4	0	23	0	1	>100	sim
CC	Borda	5	0	12	0	4	>100	sim
CC	Borda	6	3	7	0	5	17	não
CC	Núcleo	7	0	0	0	5	3	sim
CC	Núcleo	8	1	0	0	6	4	não
CC	Núcleo	9	0	0	0	0	4	sim
CC	Núcleo	10	0	0	0	3	6	sim
CC	Núcleo	11	0	0	0	1	3	sim
CC	Núcleo	12	0	0	0	3	5	sim

APÊNDICE J – Número de epífitas, samambaias, avencas, árvores mortas, galhos e emaranhados de galhos para cada parcela nos fragmentos *hotspot*. Fonte: Própria autora.

FRAG	POSIC	Nº	EPIF	SAMAM	AVEN	ÁRV. MORTAS	TRONCOS	EMARANH
HA	Borda	1	0	4	0	10	0	sim
HA	Borda	2	0	3	0	16	17	não
HA	Borda	3	1	3	0	12	3	não
HA	Borda	4	0	0	0	6	5	não
HA	Borda	5	0	0	0	19	2	sim
HA	Borda	6	0	6	0	11	3	não
HA	Núcleo	7	0	0	0	5	10	não
HA	Núcleo	8	0	18	0	2	3	não
HA	Núcleo	9	1	12	0	14	0	sim
HA	Núcleo	10	0	13	0	6	5	não
HA	Núcleo	11	0	20	0	0	6	não
HA	Núcleo	12	0	29	0	12	5	sim
HB	Borda	1	1	16	2	4	25	não
HB	Borda	2	5	3	0	16	20	sim
HB	Borda	3	0	20	0	3	0	sim
HB	Borda	4	0	0	15	6	0	não
HB	Borda	5	0	0	9	0	0	não
HB	Borda	6	2	0	2	0	>100	sim
HB	Núcleo	7	3	28	80	0	0	não
HB	Núcleo	8	0	0	117	0	0	não
HB	Núcleo	9	10	34	120	0	0	não
HB	Núcleo	10	0	45	27	3	38	não
HB	Núcleo	11	4	3	18	18	0	não
HB	Núcleo	12	10	10	0	5	15	não
HC	Borda	1	0	0	0	0	8	não
HC	Borda	2	0	3	0	0	7	não
HC	Borda	3	0	50	0	0	8	não
HC	Borda	4	0	10	31	2	6	não
HC	Borda	5	0	49	13	1	12	não
HC	Borda	6	2	0	68	8	3	não
HC	Núcleo	7	3	3	0	2	9	não
HC	Núcleo	8	1	11	9	0	8	não
HC	Núcleo	9	12	14	0	3	22	não
HC	Núcleo	10	0	80	0	3	42	não
HC	Núcleo	11	0	30	0	1	10	não
HC	Núcleo	12	22	65	0	0	28	não

APÊNDICE L – Contagem de flores e frutos nos extratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de cada parcela nos fragmentos controle. Fonte: Própria autora.

FRAG	POSIÇÃO	Nº	FLOR HERB	FLOR ARBUS	FLOR ARBÓR	FRUTO HERB	FRUTO ARBUS	FRUTO ARBÓR
CA	Borda	1	0	2	0	0	0	0
CA	Borda	2	0	0	0	0	0	0
CA	Borda	3	0	0	0	0	0	0
CA	Borda	4	0	1	0	0	0	0
CA	Borda	5	0	0	0	0	1	0
CA	Borda	6	0	0	0	0	4	0
CA	Núcleo	7	0	0	0	1	1	1
CA	Núcleo	8	0	0	0	10	0	0
CA	Núcleo	9	0	1	0	1	1	0
CA	Núcleo	10	0	0	0	2	0	1
CA	Núcleo	11	0	0	0	0	0	2
CA	Núcleo	12	0	0	0	0	0	0
CB	Borda	1	0	0	2	0	0	0
CB	Borda	2	0	0	0	0	0	0
CB	Borda	3	1	8	0	0	0	0
CB	Borda	4	0	7	0	0	0	0
CB	Borda	5	0	1	0	0	6	1
CB	Borda	6	10	6	0	1	12	0
CB	Núcleo	7	0	0	0	0	2	0
CB	Núcleo	8	3	0	0	0	3	2
CB	Núcleo	9	0	0	0	0	1	0
CB	Núcleo	10	3	1	0	0	4	0
CB	Núcleo	11	2	3	0	0	6	1
CB	Núcleo	12	1	0	0	0	0	1
CC	Borda	1	4	0	0	0	0	0
CC	Borda	2	5	0	0	0	1	0
CC	Borda	3	0	0	0	0	0	1
CC	Borda	4	1	3	0	0	0	0
CC	Borda	5	0	0	1	0	0	0
CC	Borda	6	2	3	0	0	3	1
CC	Núcleo	7	0	0	0	0	0	0
CC	Núcleo	8	0	0	0	0	0	1
CC	Núcleo	9	0	0	0	0	0	0
CC	Núcleo	10	0	0	0	0	0	1
CC	Núcleo	11	0	0	0	0	0	0
CC	Núcleo	12	0	0	0	0	0	0

APÊNDICE M – Contagem de flores e frutos nos extratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de cada parcela nos fragmentos *hotspot*. Fonte: Própria autora.

FRAG	POSIÇÃO	Nº	FLOR HERB	FLOR ARBUS	FLOR ARBÓR	FRUTO HERB	FRUTO ARBUS	FRUTO ARBÓR
HA	Borda	1	0	4	0	1	1	0
HA	Borda	2	3	1	0	7	0	0
HA	Borda	3	0	0	2	3	0	1
HA	Borda	4	0	17	0	17	0	0
HA	Borda	5	0	0	0	35	0	1
HA	Borda	6	0	18	0	18	0	1
HA	Núcleo	7	0	20	0	20	0	0
HA	Núcleo	8	0	36	0	36	0	8
HA	Núcleo	9	3	40	0	40	0	0
HA	Núcleo	10	0	0	0	0	0	0
HA	Núcleo	11	0	1	0	1	0	1
HA	Núcleo	12	0	24	0	24	0	3
HB	Borda	1	2	0	1	1	3	0
HB	Borda	2	3	12	0	2	0	0
HB	Borda	3	10	7	0	0	16	0
HB	Borda	4	3	10	0	5	0	0
HB	Borda	5	2	28	0	1	2	1
HB	Borda	6	9	27	0	1	7	1
HB	Núcleo	7	0	0	0	0	0	1
HB	Núcleo	8	0	0	0	0	0	0
HB	Núcleo	9	0	2	0	0	0	2
HB	Núcleo	10	0	1	1	0	2	4
HB	Núcleo	11	0	2	0	0	4	2
HB	Núcleo	12	0	0	0	0	5	10
HC	Borda	1	14	1	1	0	0	1
HC	Borda	2	0	1	1	0	2	2
HC	Borda	3	0	7	1	0	8	1
HC	Borda	4	7	3	0	0	0	1
HC	Borda	5	0	1	0	0	0	0
HC	Borda	6	3	1	0	0	2	0
HC	Núcleo	7	0	0	0	0	0	0
HC	Núcleo	8	0	3	0	0	27	0
HC	Núcleo	9	0	0	0	0	3	0
HC	Núcleo	10	0	0	1	0	0	0
HC	Núcleo	11	0	0	0	0	0	2
HC	Núcleo	12	0	0	0	0	0	0

APÊNDICE N – Características do solo e do relevo para cada parcela nos fragmentos controle: declividade do terreno (em graus), presença de erosão, umidade do solo, solo compactado, solo alagado e presença de tocas de animais e formigueiros. Fonte: Própria autora.

FRA	POSIÇÃO	Nº	DECLIV	EROSÃO	UMIDADE	COMPAC	ALAGADO	TOCA	FORM
CA	Borda	1	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CA	Borda	2	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CA	Borda	3	plano	íntegro	úmido	não	não	4	0
CA	Borda	4	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CA	Borda	5	plano	íntegro	úmido	não	não	2	1
CA	Borda	6	plano	íntegro	úmido	não	não	0	2
CA	Núcleo	7	plano	íntegro	úmido	não	não	1	1
CA	Núcleo	8	plano	íntegro	úmido	não	não	0	1
CA	Núcleo	9	plano	íntegro	úmido	não	não	2	1
CA	Núcleo	10	plano	íntegro	úmido	não	não	0	1
CA	Núcleo	11	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CA	Núcleo	12	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CB	Borda	1	plano	íntegro	úmido	não	não	2	0
CB	Borda	2	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CB	Borda	3	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CB	Borda	4	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CB	Borda	5	plano	íntegro	úmido	não	não	1	0
CB	Borda	6	plano	íntegro	úmido	não	não	1	0
CB	Núcleo	7	plano	íntegro	úmido	não	não	2	0
CB	Núcleo	8	plano	íntegro	úmido	não	não	3	0
CB	Núcleo	9	plano	íntegro	úmido	não	não	1	0
CB	Núcleo	10	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CB	Núcleo	11	plano	íntegro	úmido	não	não	5	0
CB	Núcleo	12	plano	íntegro	úmido	não	não	4	0
CC	Borda	1	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CC	Borda	2	plano	íntegro	úmido	sim	não	1	0
CC	Borda	3	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CC	Borda	4	plano	íntegro	úmido	não	não	1	0
CC	Borda	5	plano	íntegro	úmido	sim	não	0	0
CC	Borda	6	plano	íntegro	úmido	sim	não	0	3
CC	Núcleo	7	plano	íntegro	úmido	não	não	0	0
CC	Núcleo	8	plano	íntegro	úmido	sim	não	0	1
CC	Núcleo	9	plano	íntegro	úmido	sim	não	2	0
CC	Núcleo	10	plano	íntegro	úmido	sim	não	0	1
CC	Núcleo	11	plano	íntegro	úmido	sim	não	1	3
CC	Núcleo	12	plano	íntegro	úmido	sim	não	0	2

APÊNDICE O – Características do solo e do relevo para cada parcela nos fragmentos *hotspot*: declividade do terreno (em graus), presença de erosão, umidade do solo, solo compactado, solo alagado e presença de tocas de animais e formigueiros. Fonte: Própria autora.

FRA	POSIÇÃO	Nº	DECLIV	EROSÃO	UMIDADE	COMPAC	ALAGADO	TOCA	FORM
HA	Borda	1	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	1
HA	Borda	2	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	1
HA	Borda	3	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HA	Borda	4	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HA	Borda	5	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HA	Borda	6	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HA	Núcleo	7	até 25	erodido	úmido	não	sim	0	0
HA	Núcleo	8	até 25	íntegro	úmido	não	não	3	0
HA	Núcleo	9	até 25	íntegro	úmido	não	não	4	0
HA	Núcleo	10	plano	íntegro	úmido	não	não	5	0
HA	Núcleo	11	plano	íntegro	úmido	não	sim	0	0
HA	Núcleo	12	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HB	Borda	1	até 25	erodido	úmido	não	sim	0	0
HB	Borda	2	até 25	erodido	seco	não	não	0	0
HB	Borda	3	até 25	erodido	seco	não	não	0	1
HB	Borda	4	até 25	erodido	seco	não	não	0	10
HB	Borda	5	até 25	íntegro	seco	não	não	0	0
HB	Borda	6	até 25	íntegro	seco	não	não	0	0
HB	Núcleo	7	> 45	erodido	úmido	não	não	5	0
HB	Núcleo	8	plano	íntegro	úmido	não	não	4	0
HB	Núcleo	9	> 45	íntegro	úmido	não	não	5	0
HB	Núcleo	10	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	4	0
HB	Núcleo	11	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	1	0
HB	Núcleo	12	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	3	0
HC	Borda	1	até 25	íntegro	úmido	não	não	1	0
HC	Borda	2	até 25	íntegro	úmido	não	não	2	0
HC	Borda	3	até 25	íntegro	úmido	não	não	0	0
HC	Borda	4	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	1	0
HC	Borda	5	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	1	0
HC	Borda	6	até 25	erodido	úmido	não	não	4	0
HC	Núcleo	7	25 a 45	erodido	úmido	não	não	0	0
HC	Núcleo	8	25 a 45	erodido	úmido	não	não	0	0
HC	Núcleo	9	25 a 45	erodido	úmido	não	não	0	0
HC	Núcleo	10	25 a 45	íntegro	úmido	não	não	0	0
HC	Núcleo	11	> 45	íntegro	úmido	não	não	0	0
HC	Núcleo	12	> 45	íntegro	úmido	não	não	1	0

APÊNDICE P – Número de indivíduos totais observados na borda (B) e no núcleo (N) dos fragmentos por caracterização do tronco. Fonte: Própria autora.

FRAGMENTO		HA		HB		HC		CA		CB		CC	
POSIÇÃO		B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N
CASCA	Estriada	62	47	70	109	49	94	62	19	71	48	45	32
	Rugosa	33	37	17	52	45	18	40	30	46	48	13	42
	Lisa	13	11	4	6	17	24	7	19	19	12	17	8
	Escamosa	9	4	6	40	18	6	10	5	20	2	10	17
	Laminada	20	9	21	5	10	4	4	8	8	8	1	6
	Fissurada	5	0	1	0	6	8	1	11	6	1	6	11
	Fendida	6	3	1	43	14	10	5	8	7	4	14	7
OUTROS	Orifícios	14	9	21	15	14	8	26	17	35	4	17	23
	Fendas	16	14	3	15	12	15	9	8	5	7	3	7
	Nós	89	44	103	252	90	155	98	69	173	122	77	62