UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

“Volta para casa:

Estimativa da conectividade funcional através da caracterização
do retorno de *Scaptotrigona depilis*”

DANILO ROGÉRIO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP, como
parte das exigências para obtenção do título de
Mestre em Ciências - Área: Entomologia

RIBEIRÃO PRETO/SP

2017

Danilo Rogério de Oliveira

**VOLTA PARA CASA:
ESTIMATIVA DA CONECTIVIDADE FUNCIONAL ATRAVÉS DA
CARACTERIZAÇÃO DO RETORNO DE *Scaptotrigona depilis***

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP, como
parte das exigências para obtenção do título de
Mestre em Ciências - Área: Entomologia

Orientador: Prof. Dr. Danilo Boscolo

RIBEIRÃO PRETO/SP
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Oliveira, Danilo Rogério de

Volta para casa: Estimativa da conectividade funcional através da caracterização do retorno de *Scaptotrigona depilis*. Ribeirão Preto, 2017.

53 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Entomologia.

Orientador: Boscolo, Danilo.

1. Ecologia de paisagens. 2. Conectividade funcional. 3. Translocação. 4. Abelhas sem ferrão. 5. *Scaptotrigona depilis*.

Banksy

‘Se há outras matérias e outros mundos – Haja!’

Alberto Caeiro

Para

Alzira Fernandes Prado
(in memorian)

e

Delurdes Moreira de Souza
(in memorian)

Cujas trajetórias de vida e amor me inspiram até hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente e principalmente, aos meus queridos pais: Marly e Reinaldo, por tudo que me proporcionaram e ensinaram nessa vida. Obrigado por me apoiarem e me estimularem a crescer como pessoa. A nossa vida em família, juntos ou separados, sempre mostrou que temos muita capacidade. E agradeço à minha querida irmã, Danuse, que dividiu comigo não só os aprendizados, mas também o apoio e carinho para aprender com a vida.

Agradeço de coração à Ana Cecília, por florir uma Primavera que jazia seca e silenciosa, com sua força e vitalidade excepcionais. Gracias por compartir y resignificar lo Camino.

Agradeço demais ao Rio da Vida, que me trouxe muitos auxílios e bons amigos navegantes em seus meandros. Especialmente, Daniel Renda, cujo coração enorme abriga até um zangão como eu, Lucas Oliveira, por dividir experiência acadêmica e paciência astronômica ao longo deste período, e Antonio André, que me ajudou nos períodos difíceis, oferecendo amizade, alegria e um bom ponto de vista.

Agradeço muito à Rívea Borges, por me mostrar que era possível, e à Farley Dossi, por me mostrar que fazer direito, é fazer com o coração. A amizade e o amor que tenho por vocês é extemporâneo.

Agradeço ao Paraguai, Vandei, Chris, Nei, Dona Jê e demais produtores e membros da cooperativa do Assentamento Mário Lago, por serem parte de uma revolução social tão necessária ao nosso povo. Vocês têm mais conhecimento sistêmico e prática colaborativa do que qualquer outro que conheço.

Agradeço à Juliana Passipiéri, por ajudar a plantar e regar esta semente, muito antes das primeiras chuvas.

Agradeço muito ao meu orientador Danilo Boscolo, cuja natureza múltipla e instigante, me ensinou que é possível equilibrar entropias do mundo interno e externo. Basta ter uma mente conectada em rede consigo mesma. Danke, dass Sie der weißen Hase löcher hingewiesen und die möglichen universen multipliziert haben.

Agradeço à minha coorientadora Patrícia Ferreira, por mostrar que sempre podemos ser mais arretados.

Agradeço ao LEAP, e às ótimas pessoas que pude conhecer, trabalhar e aprender junto, sendo parte dele.

Agradeço à Sidnei Mateus e Ayrton Vollet por me guiarem dentro desse universo das abelhas nativas. E à Renata Cavallari, por me guiar no universo acadêmico. Eu estaria perdido sem o auxílio de vocês.

Agradeço aos Profs. Carlos Garófalo e Miltinho Ribeiro, pelas contribuições indispensáveis. O projeto não teria dado a liga que gostaríamos sem isso.

Agradeço à USP de Ribeirão Preto por viabilizar de diversas formas este projeto e, em especial, aos funcionários responsáveis pelo cuidado e manutenção da Floresta da USP, um local cuja existência me trouxe mais do que dados, trouxe pertinência.

Agradeço ao Cnpq e Fapesp pelo apoio financeiro (processos 134655/2015-0 e 2013/50421-2).

Agradeço muitíssimo à toda esta vasta gama de seres vivos e redes de interações, eco e antropocêntricas, às quais me foi possível conectar e aprender um pouco mais, sobre o mundo e sobre mim mesmo.

‘E, assim como a Primavera, eu me deixei cortar para vir mais forte.’

Clarice Lispector.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Área de Estudo.....	14
3.1.1. Assentamento Mário Lago	15
3.1.2. Floresta da USP	16
3.2. Espécie estudada	18
3.3. Caracterização da Paisagem.....	19
3.4. Caracterização do Retorno à Colônia	22
3.5. Análise dos Dados	26
4. RESULTADOS	28
4.1. Assentamento Mário Lago e Floresta da USP	34
4.2. Fragmento e Matriz	38
4.3. Assentamento Mário Lago x Floresta da USP x Fragmento x Matriz.....	42
5. DISCUSSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

RESUMO

A importância do Cerrado é devido a sua diversidade biológica e alto grau de endemismo, e demanda uma maior compreensão das formas de interação entre seus componentes. Atualmente, encontramos parte de sua estrutura original modificada pelo intenso processo de urbanização e pelo aprimoramento das práticas de agricultura intensiva. Por isso, uma relevante ferramenta disponível para o estudo qualitativo deste bioma são as estimativas de conectividade funcional, que consiste em quanto o ambiente facilita ou impede o movimento de organismos e propágulos entre as manchas de recursos. O objetivo deste trabalho foi estimar a conectividade funcional para a abelha sem ferrão *Scaptotrigona depilis* em dois fragmentos florestais periurbanos de Cerrado, na cidade de Ribeirão Preto/SP, região com grande relevância ambiental e formada por mosaicos heterogêneos de vegetação nativa, com diferentes graus de fragmentação. Para tanto, realizamos a translocação, a diferentes distâncias, de 2348 indivíduos forrageiros através de dois fragmentos de floresta estacional semidecidual, e em suas respectivas matrizes. O registro do retorno às suas colônias dos indivíduos translocados, e respectivos tempos, nos permitiu avaliar as taxas de sucesso em função da distância através da análise de sobrevivência de Cox, em conjunto à fatores como tipos de ambiente, temperatura, umidade e exposição solar. Modelos de regressão de Cox, comparados através de AIC, apontaram a temperatura como principal fator de influência, reduzindo a taxa de sucesso de retorno, de acordo com seu aumento em graus Celsius. Os tipos de ambientes, distância e umidade, também exerceram influência inversamente proporcional em relação às taxas de sucesso de retorno, reduzindo seus valores conforme estas variáveis aumentavam. Entretanto, as análises de variância da temperatura e umidade apontaram haver diferenças significativas entre os diferentes locais. Estas análises corroboraram a temperatura como principal variável de influência, e sugerem que as diferenças verificadas se devem às características de cada local. Desta forma, identificamos que diferentes tipos de uso e cobertura do solo influenciam diretamente os fatores ambientais como temperatura e umidade e, assim como a distância, impactam o retorno de indivíduos de *S. depilis* nestas paisagens. Isso nos sugere que, para ampliarmos estratégias de conservação baseadas nos processos ecológicos que desempenham, devemos utilizar alternativas que busquem uma maior arborização da matriz como forma de amenizar temperaturas muito elevadas, bem como uma redução das distâncias entre os fragmentos, que permita uma maior conectividade funcional do ambiente.

Palavras-chave: Ecologia de Paisagens, Conectividade Funcional, Translocação, Abelhas sem ferrão, *Scaptotrigona depilis*.

ABSTRACT

The importance of Cerrado due to its biological diversity and high level of endemism demands a greater understanding of the forms of interaction between its components. Currently, we find part of its original structure modified by the intense urbanization process and the increase of intensive farming practices. Therefore, a relevant tool available for the qualitative study of this biome are the estimates of functional connectivity, which consists of how much the environment facilitates or prevents the movement of organisms and propagules between resource patches. The objective of this work was to estimate the functional connectivity for the stingless bee *Scaptotrigona depilis* in two peri-urban forest fragments of Cerrado, in the city of Ribeirão Preto / SP, a region with great environmental relevance and composed of heterogeneous mosaics of native vegetation, with different levels of fragmentation. For this, we performed the translocation, at different distances, of 2348 individuals through two fragments of semideciduous seasonal forest, and in their respective matrices. The recording of the return of translocated individuals to their colonies, and their respective times, allowed us to evaluate the success rates as a function of distance through the Cox survival analysis, together with factors such as environment, temperature, humidity and sun exposure. Cox regression models, compared through AIC, pointed to temperature as the main influence factor, reducing the rate of return success, according to its increase in degrees Celsius. The types of sites, distance and humidity also had an inverse proportional influence on the success rates of return, reducing their values as these variables increased. However, analyzes of variance of temperature and humidity indicated that there were significant differences between the different sites. These analyzes corroborate temperature as the main influence variable, and suggest that the differences verified are due to the characteristics of each site. In this way, we identify that different types of land use and cover directly influence environmental factors such as temperature and humidity, as well as distance, which impacts the return of *S. depilis* individuals in these landscapes. This suggests that, in order to expand conservation strategies based on the ecological processes they perform, we must use alternatives that seek higher arboreal cover of the matrix as a way of mitigating very high temperatures, as well as a reduction of the distances between the fragments, allowing a higher connectivity of the environment.

Key-words: Landscape Ecology, Functional Connectivity, Translocation, Stingless bees, *Scaptotrigona depilis*.

1. INTRODUÇÃO

De maneira ampla, “uma paisagem pode ser definida como um conjunto de elementos heterogêneos interativos, onde essa heterogeneidade seja verdadeira para pelo menos um fator, de acordo com o observador e a escala utilizada” (METZGER, 2001). Quando consideramos as necessidades humanas, observamos a paisagem por um ponto de vista mais geográfico, que compreende as dimensões abióticas que condicionam sua estrutura espacial, bem como perturbações naturais e antrópicas que a modificam. Entretanto, do ponto de vista ecológico, esse mosaico interativo pode ser concebido como um conjunto de ambientes que oferecem condições para esta ou aquela espécie, dentro de sua escala de ação/percepção (METZGER, 2001).

Em grande parte das paisagens brasileiras, o processo de antropização é um fenômeno resultante de um longo histórico de agricultura e urbanização (LAMBIN et al., 2001), que se iniciou com a extração madeireira pela coroa portuguesa, no século XV (DEAN, 1996). Nos séculos seguintes, diferentes ciclos econômicos estimularam a ocupação do interior do país, e seu uso agropecuário, e predominando monoculturas de cacau, café, cana-de-açúcar e soja, além de formação de pastagens para a criação extensiva de gado de corte e leite (DEAN, 1996). Esse processo histórico conduziu à redução dos ambientes naturais e à fragmentação de suas paisagens, culminando em prejuízo para a biodiversidade (RIBEIRO et al., 2009).

Esse processo de fragmentação resultou na formação de mosaicos heterogêneos (METZGER, 2001), que apresentam condições mais ou menos favoráveis para as espécies e suas interações (TYLIANAKIS et al. 2010). Os mosaicos formados, se constituem por manchas urbanas e agrícolas, combinadas em uma mesma paisagem com manchas de vegetação nativa em diferentes graus de isolamento. Assim, o fracionamento desses ambientes naturais prejudica, não apenas pela perda de indivíduos, mas também pela redução da interação entre as espécies e interferência no fluxo das populações locais, o que dificulta a colonização dos ambientes (LIRA et al., 2012).

Desse modo, as manchas urbanas e agrícolas formam matrizes com diferentes tipos de usos e ocupações, que separam as manchas naturais entre si e podem gerar paisagens com baixa conectividade estrutural e funcional entre seus fragmentos (TABARELLI, LOPES, PERES, 2008). Isto pode alterar as respostas das espécies, dado que a conectividade funcional é aqui definida como o grau no qual a paisagem facilita ou impede a dinâmica de movimento dos organismos entre manchas de recursos (TAYLOR

et al., 1993). Assim, as distâncias que separam os fragmentos, bem como seus tamanhos e formas, têm influência na conectividade funcional dos seus componentes e gera impacto no fluxo de organismos e propágulos que há entre elas (SMITH, HELLMANN, 2002; FAHRIG et al., 2011). Desta forma, a redução dessa conectividade pode levar à uma redução no sucesso reprodutivo e dificultar o processo de sucessão geracional dos indivíduos em um ecossistema. Com o tempo, essa redução no sucesso reprodutivo pode elevar taxas de extinção de espécies e afetar a manutenção de processos ecológicos, como polinização e dispersão de sementes (BENDER et al., 2003, HENLE et al., 2004).

Assim, tendo em vista esse processo de fragmentação, observamos que o fluxo polínico é um dos processos ecológicos fundamentais para o sucesso reprodutivo vegetal e depende amplamente de seus polinizadores (BUCHMANN, NABHAN, 1996). Como o movimento dos seres pela paisagem é influenciado por pressões naturais de sobrevivência e reprodução (FAHRIG, 2007), alterações antrópicas da paisagem mudam essa dinâmica de movimento e comprometem a oferta desse serviço ecossistêmico (STEFFAN-DEWENTER, TSCHARNTKE, 1999). Isto pode afetar as relações planta-polinizador estabelecidas em um ecossistema, pois suas redes de interações mutualísticas são sensíveis a alterações que reduzam a disponibilidade espacial de áreas de forrageio, acasalamento e nidificação (KLEIN et al., 2007; FERREIRA, BOSCOLO, VIANA., 2013). Deste modo, a desestruturação das redes ecológicas pode alterar a riqueza de espécies e afetar comportamentos e padrões de movimento de polinizadores, como efeito do crescente isolamento dos fragmentos em meio às diferentes matrizes (FORTUNA, BASCOMPTE, 2006).

Quando observamos o movimento dos seres através da paisagem constatamos que ele envolve muitas probabilidades individuais, tais como, o estímulo para deixar um local, a distância a qual ele se movimenta, o risco de cruzar bordas que separam diferentes ambientes e, a sinuosidade com a qual percorre um trajeto (NATHAN et al., 2008). Todas estas possibilidades ainda incluem o gasto energético do movimento e o risco de mortalidade envolvido em um deslocamento (FAHRIG, 2007, NATHAN et al., 2008). Assim, a propensão de se movimentar e forragear por ambientes distintos, assim como a distância e a tortuosidade do movimento devem, portanto, depender também do histórico evolutivo das espécies (FAHRIG, 2007) de acordo com os tipos de paisagens em que as linhagens se desenvolveram (FAHRIG, 2007).

Pouco se sabe sobre os estímulos internos, como fome e medo, que impulsionam o animal a movimentar-se pois estes são fatores difíceis de se medir (NATHAN et al.,

2008; GETZ, SALTZ, 2008). A acessibilidade através de barreiras físicas e a capacidade de detecção de recursos também são fatores que determinam seu comportamento de forrageio, assim como o risco de mortalidade sobre seus comportamentos sociais e reprodutivos (ZOLLNER, 2000). Desta forma, é preciso que haja um balanço de custo-benefício entre as demandas energéticas de tal comportamento e o acesso e disponibilidade do recurso necessário para tanto (NATHAN et al., 2008).

Nesse contexto, a evolução de polinizadores em paisagens com diferentes graus de heterogeneidade espacial e quantidade de bordas levaria a variações nos padrões de resposta às alterações ambientais (BROSI, ARMSWORTH, DAILY, 2008). Esse tipo de adaptação nos padrões de resposta pode maximizar as chances de sobrevivência e reprodução, em resposta a tipos específicos de ambientes e suas zonas de transição (YARROW, SALTHER, 2008). Assim, paisagens muito modificadas alteram o comportamento de forrageio de polinizadores, na sua demanda por pólen, e limitam os locais seguros para acasalamento e sítios de nidificação (BARRAQUAND, BENHAMOU, 2008).

Alguns polinizadores, como as abelhas, ainda levam em conta elementos internos da colônia para determinar os custos associados à oferta de determinado recurso. A quantidade de indivíduos forrageiros e distância da colônia de origem são alguns dos fatores na avaliação dos custos quanto a quantidade e qualidade dos recursos disponíveis (PICK, BLOCHTEIN, 2002; NATHAN et al., 2008; BARRAQUAND, BENHAMOU, 2008). Sendo assim, é possível inferir sobre como a estrutura dos ambientes influencia a escolha mais vantajosa de forrageio e, por consequência, o movimento das abelhas em uma paisagem modificada (MACARTHUR, PIANKA, 1966).

Como comportamentos de movimentação apresentam relação direta com forrageio e reprodução, exercendo influência sobre o fitness das espécies, eles também são suscetíveis à seleção natural (FAHRIG, 2007). Por isso, ainda há a necessidade de melhor compreendermos os efeitos dos diferentes tipos de ambientes sobre os comportamentos de movimentação, e a conectividade funcional dos mesmos. Embora haja evidências sobre a importância da heterogeneidade da paisagem, ainda há poucos estudos empíricos direcionados a compreender seus efeitos sobre a conectividade funcional, principalmente para abelhas (BOSCOLO et al., 2017). A maioria dos estudos sobre os efeitos das alterações antrópicas na paisagem sobre a biodiversidade ainda focam em riqueza e abundância de espécies (FAHRIG, 2003). Embora já existam estudos buscando compreender os efeitos dessas perturbações sobre processos ecológicos e

conectividade funcional (BOSCOLO et al., 2017), nenhum ainda foi descrito utilizando o movimento de retorno de abelhas para analisá-lo. Assim, para compreendermos melhor como mudanças na paisagem podem afetar diferencialmente os padrões de movimentação, nosso trabalho utilizou a abordagem de conectividade funcional da paisagem, que leva em conta qual o efeito dos diferentes tipos de contextos para a espécie ou processo estudado (FAHRIG et al., 2011).

Desse modo, a hipótese principal deste estudo é que diferentes contextos de paisagens, bem como fatores ambientais de temperatura, umidade, exposição solar e distância da colônia, exercem influência sobre o movimento de retorno de abelhas forrageiras, podendo gerar impactos na conectividade funcional.

Apesar dos estudos sobre manejo da paisagem em ambientes tropicais ainda serem escassos, e os que existem raramente subsidiam políticas públicas que orientem as práticas de uso da terra, a compreensão dos processos ecológicos, e como eles respondem às alterações na paisagem, continuará a fornecer ferramentas que nos permitirá planejar melhor o manejo dos ambientes, afim de preservar estes serviços ecossistêmicos (BROSI, ARMSWORTH, DAILY, 2008; TURNER, GARDNER, O'NEILL et al. 2001; RAILSBACK, GRIMM, 2009). Também é importante salientar que o uso intensivo da terra para agricultura intensiva aumentou a dependência das culturas aos polinizadores nas últimas décadas, em consequência das grandes transformações das áreas naturais em culturas agrícolas (AIZEN et al., 2008). Portanto, o manejo adequado de paisagens agronaturais é uma forma de minimizar ou até mesmo de evitar problemas ambientais, que podem comprometer a produtividade de alimentos (BROSI, ARMSWORTH, DAILY, 2008).

Além disso, ampliar os conhecimentos sobre as respostas comportamentais dos organismos frente às alterações das estruturas naturais, assim como suas condições ambientais, contribui com a construção de modelos futuros que auxiliem na previsão de como esses organismos podem reagir frente às mudanças climáticas, e podem subsidiar decisões para o manejo e conservação destes polinizadores em paisagens agronaturais.

2. OBJETIVOS

O objetivo de nosso trabalho foi analisar se diferentes contextos da paisagem influenciam o comportamento de uma espécie de abelha, afetando seu movimento de retorno à colônia. Para isso, coletamos dados empíricos da translocação de indivíduos forrageiros da espécie *Scaptotrigona depilis* para subsidiar a construção de modelos que estimem a conectividade funcional para esta espécie, em dois fragmentos florestais periurbanos. Os objetivos específicos foram:

- Medir a taxa de sucesso de retorno de abelhas sem ferrão, da espécie *Scaptotrigona depilis*, a partir de translocações de indivíduos forrageiros em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual, formados por vegetação secundária e dois tipos de matrizes no entorno;
- Medir os tempos de retorno à colônia para *S. depilis* nos mesmos fragmentos;
- Medir as variáveis de temperatura, umidade, distância e exposição solar para determinar a influência destes fatores;
- Estimar a conectividade funcional destes fragmentos florestais para esta espécie.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O Cerrado é o segundo maior bioma nacional, ocupando 22% do território brasileiro, bem como pequenas áreas dos territórios vizinhos da Bolívia e Paraguai. Sua localização abrange o platô central do Brasil, que separa as duas maiores florestas tropicais sul-americanas (Amazônica e Atlântica), alcança três importantes bacias do continente (Amazonas, São Francisco e Paraná), e seu território é considerado um dos hot spots mundiais para conservação da diversidade (MYERS et al., 2000).

A antropização deste bioma é resultado de um processo histórico, e se intensificou a partir da década de 60 devido à mudança da capital federal para Brasília e a concessão de incentivos fiscais para a implantação de projetos agropecuários. As estimativas indicam que de 55% a 65% do Cerrado já foi antropizado com atividades agropecuárias intensivas e aprimoramento das práticas de agricultura, o que gera um prejuízo substancial à sua estrutura altamente heterogênea, de elevado grau de endemismo (MACHADO et al., 2004).

No Estado de São Paulo essa degradação ambiental levou a uma redução acentuada de patrimônio genético dos ecossistemas originais (VARANDA et al., 1998). Expansões urbanas, industriais e de culturas de agricultura intensiva, como café e cana-de-açúcar, foram os principais responsáveis pela subtração da maior parte das florestas nativas que ocupavam cerca de 80% do Estado, hoje reduzidos a 13,94% de área original (VARANDA et al., 1998). A cidade de Ribeirão Preto (SP), ocupada originalmente por bosque estacional semidecidual e cerrado, possui atualmente 3,8% de sua área florestada, restrita a poucos fragmentos dispersos, sendo a busca de modelos de restauração e manejo de áreas degradadas atividades estratégicas para a conservação de tais recursos (VARANDA et al., 1998).

Este cenário oferece condições bastante diversas de estruturas em suas paisagens, com mosaicos bastante heterogêneos e graus variados de fragmentação. Desta forma, realizamos este estudo em uma região de floresta estacional semidecidual de Cerrado no estado de São Paulo, no município de Ribeirão Preto – SP, selecionando dois fragmentos florestais para verificar a resposta das colônias. Cada um está localizado em uma área de preservação florestal de locais distintos da cidade: o Assentamento Mário Lago e a Floresta da USP.

3.1.1. Assentamento Mário Lago

Localiza-se em uma área rural de baixa densidade populacional, estabelecido no Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) da Barra, município de Ribeirão Preto (Figura 1). Este, uma região de transição de Cerrado, onde se encontram assentadas desde 2007, 264 famílias em lotes de 1,7 hectares, além de áreas coletivas para plantio e de organização local como igrejas, cooperativas, escolas, comercialização, entre outros (INCRA, 2017).

O local, anteriormente conhecido como Fazenda da Barra, possuía um grande passivo ambiental devido às práticas de agricultura intensiva e infrações ambientais sucessivas, e que culminaram em um processo jurídico de desapropriação (GONÇALVES, 2010). Alguns trabalhos realizados pela Embrapa Meio Ambiente na região de Ribeirão Preto, entre os anos de 1994 e 2001, mostraram que as atividades agrícolas realizadas na região nos períodos anteriores à formação do Assentamento, utilizavam uma alta carga de produtos químicos potencialmente contaminantes, incluindo herbicidas usados intensivamente na cultura de cana-de-açúcar (GONÇALVES, 2010). Essas práticas colocavam em risco uma região de grande sensibilidade e altíssimo valor ambiental, devido ao seu papel como área de recarga e afloramento do Aquífero Guarani, o maior manancial subterrâneo de água doce do mundo, bem como sua proximidade com as Áreas de Proteção Permanente da Bacia do Rio Pardo (NUNES et al., 2016; NUNES, BRECHANI, 2016).

O Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS), modelo de assentamento importado do norte do país e adotado para esta área, consiste na integração da preservação ambiental com a prática de agroextrativismo por Sistema Agroflorestal e o estabelecimento de comunidades rurais. Assim, foi estabelecido um incentivo às práticas de produção agroecológica, programas de fomento, disseminação, multiplicação e massificação da agroecologia, além de programas de agrobiodiversidade, programa florestal, manejo sustentável da água e irrigação e rejeição do uso de agrotóxicos, também sob pena de criminalização (NUNES, BRECHANI, 2016).

O Assentamento Mario Lago possui em seu território, 149,63 hectares de Reserva Legal existentes, 17,9 hectares de Reserva Legal a serem recuperados e 138,23 hectares para áreas para Sistema Agroflorestal, com mais de 50 tipos diferentes de cultivares existentes, numa proposta de recuperação e adequação ambiental da degradação ambiental causada pelo manejo anterior ao PDS. A temperatura média mensal máxima de 23,9 °C com clima tropical semiúmido, estação chuvosa sujeita a se atrasar para o outono,

estação seca no inverno e índice pluviométrico de 1500 mm/ano concentrados de outubro a abril (NUNES, 2017; NUNES et al., 2016).

Figura 1: Áreas de Reserva do Assentamento Mario Lago. Fonte: Google Earth

3.1.2. Floresta da USP

Localizada em uma área de Restauração de Floresta Estacional Semidecidual no campus da Universidade de São Paulo da cidade de Ribeirão Preto, SP (figura 2). Conhecida como Floresta da USP-RP, possui uma área de 75 hectares que foi arrendada pela universidade para o cultivo de cana-de-açúcar entre os anos de 1970 a 1986 (VARANDA et al., 1998). No entanto, uma iniciativa implantada na cidade de Ribeirão Preto entre 1998 e 2004, a Floresta da USP, teve como objetivo aumentar a cobertura vegetal do município (seus 75ha representariam um aumento de 20% da área verde urbana) e formar um banco genético de espécies nativas que fornecesse mudas com qualidade genética para projetos de recomposição vegetal de toda a região. Assim, 45ha foram usados para o estabelecimento de um banco genético “in vivo” (Banco Genético - USP/RP), com objetivo de resgatar espécies e produzir mudas de alta qualidade genética, tendo em vista futuros projetos de restauração (CEEFLORUSP, 2017).

A implantação desse projeto teve uma primeira fase, onde foram realizados plantios heterogêneos em 30ha, visando apenas a cobertura do solo, a recomposição

florestal e dos seus aspectos sucessionais, sem preocupação com a origem das mudas. Na etapa seguinte, houve a implantação do Banco Genético, onde uma área de 45ha recebeu mudas de 45 espécies arbóreas oriundas de 25 matrizes diferentes cada uma, selecionadas em 450 remanescentes florestais das Bacias Hidrográficas dos Rios Pardo e Mogi (CEEFLORUSP, 2017).

Atualmente, a Floresta da USP-RP conta com mais de 60 espécies arbóreas nativas de mata mesófila, com a finalidade de recuperar parte do ambiente florestal nativo, ampliar a cobertura vegetal do município e resgatar e conservar a diversidade genética dessas espécies. No entanto, a área já sofreu com invasões e pisoteio de mudas por gado, desde sua implantação, além de pequenos incêndios esporádicos nos últimos anos e um incêndio de grandes proporções em 2011. Esse último causou a perda de aproximadamente 70% de todas as árvores introduzidas originalmente no Banco Genético (FRAGOSO, 2014).

A área onde a Floresta se encontra possui grande relevância ecológica por estar inserida entre a área urbana de Ribeirão Preto e terras ocupadas por monocultura de cana-de-açúcar, em município com baixíssimo índice de manutenção de mata mesófila semidecidual estacional, e se constitui como o único Banco Genético de Floresta Estacional Semidecidual do Brasil. Sua localização foi identificada como uma das áreas para o restabelecimento da conectividade estrutural entre fragmentos florestais da zona de amortecimento da estação ecológica de Ribeirão Preto (CEEFLORUSP, 2017).

O clima da região é definido como Aw mesotérmico e a sazonalidade é bem definida, com uma estação quente e chuvosa e temperaturas superiores a 22°C. Precipitações maiores que 250mm podem ocorrer no mês mais quente, e uma estação seca e amena com temperaturas raramente inferiores a 18°C e precipitação inferior a 30mm no mês mais frio (FRAGOSO, 2014).

Figura 2: Banco Genético da Floresta da USP de Ribeirão Preto. Fonte: Google Earth

3.2. Espécie estudada

Para realizar as translocações de indivíduos forrageiros nas matrizes e nos fragmentos florestais, medindo a taxa de sucesso de retorno e seus respectivos tempos, selecionamos a espécie *Scaptotrigona depilis* (figura 3) como organismo modelo. A escolha desta espécie como focal para o estudo se deu por vários motivos, sendo que o principal é por ocorrerem naturalmente no local dos experimentos (Ribeirão Preto/SP), evidenciando sua clara adaptação ao clima local (CAMARGO, PEDRO, 2007), significativamente quentes durante a estação de verão (dezembro a março). Também se caracteriza por ser uma espécie de abelha sem ferrão cujos enxames são de fácil obtenção e resistentes à manipulação humana, além de possuírem uma boa quantidade de dados disponíveis na literatura sobre sua biologia.

Figura 3: Indivíduo da espécie *Scaptotrigona depilis*. Fonte: Arquivo pessoal.

As colônias de *Scaptotrigona depilis* são fortes e bastante resistentes a atividades que geram algum impacto populacional, como foi o caso de nossa pesquisa. Todavia, realizamos um acompanhamento periódico da produção de novas células-cria em cada colônia, durante alguns meses antes do período de coletas para garantir que as colônias estariam saudáveis durante as coletas. Com isso, buscamos garantir a manutenção da saúde geral das colônias nestes contextos, e estimular seu crescimento populacional com a oferta de xarope de açúcar e água em alimentadores. Desta forma, a pressão de coleta sobre as colônias, exercida durante o período de campo, se tornou proporcionalmente menor.

3.3. Caracterização da Paisagem

Para realizarmos as translocações, selecionamos 8 pontos de coleta divididos entre os dois fragmentos: 4 pontos no Assentamento Mário Lago (Figura 4) e outros 4 pontos na Floresta da USP (Figura 5). Assim, nossas colônias foram alocadas nestas duas áreas com diferentes contextos e, abrangeram 4 classes de locais: Assentamento Mário Lago - Fragmento e Matriz, e Floresta da USP – Fragmento e Matriz, segundo sua disponibilidade presumida de recursos e características predominantes do entorno.

Figura 4: Pontos de Coleta no fragmento do Assentamento Mário Lago. Fonte: Google Earth

Figura 5: Pontos de Coleta no fragmento da Floresta da USP. Fonte: Google Earth

Desta forma, temos duas classes de fragmentos:

- o primeiro fragmento é uma área de Reserva Legal exigida por lei, que foi ampliada nos últimos anos, em sinal do compromisso de compensação do passivo ambiental gerado em período anterior à formação do Assentamento. Localizado em uma área rural de baixa densidade populacional, no chamado cinturão verde de Ribeirão Preto, próximo à APP do Rio Pardo, consiste essencialmente em vegetação nativa de floresta estacional semidecidual de Cerrado, mais aberta e com presença de poucas gramíneas e lianas em um sub-bosque pouco denso;
- o segundo fragmento, uma área de Reflorestamento projetada para funcionar

como Banco Genético *in vivo* regional, mas com um histórico de perdas por incêndios e invasões recorrentes nos últimos anos. Localizada em uma área urbana de alta densidade populacional, possui uma mata mesófila formada através da recomposição vegetal com mudas nativas e não nativas, mais fechada e com intensa presença de gramíneas e lianas no sub-bosque. No seu entorno, encontram-se grandes áreas de monocultura intensiva de cana-de-açúcar no entorno, bairros urbanos periféricos e o próprio campus universitário, além da proximidade com o anel rodoviário.

Temos também duas classes de matrizes circundantes:

- a primeira classe de matriz, referente ao Assentamento Mário Lago, são lotes familiares de pequeno porte, que realizam práticas de agricultura de subsistência, aliada à técnicas de produção com sistema agroflorestal. São caracterizados pelo solo com cobertura orgânica, serrapilheira e com a presença e rotatividade sazonal de diversos cultivares (policultura), aliados à presença de vegetação nativa em vários estágios sucessionais e manejados de forma a preservarem melhor algumas características ecológicas naturais que favoreçam a manutenção de uma estrutura ecológica mais complexa, sem a utilização de nenhum tipo de agroquímico (Figura 6, à direita).
- a segunda classe de matriz, referente à Floresta da USP, caracteriza-se pela presença de vegetação ruderal esparsa, com forte presença de *Brachiaria spp* e algumas árvores dispersas. Seu manejo é realizado com uso intensivo de herbicidas de amplo espectro, como o glifosato, o que exige várias aplicações ao ano (entretanto, a pedido dos pesquisadores, nenhuma aplicação foi realizada durante o período de coleta). Possui grande parte do solo exposto, revolvido e sem uso definido (Figura 6, à esquerda).

Figura 6: À esquerda, matriz da Floresta da USP; à direita, matriz do Assentamento Mário Lago. Fonte: Arquivo pessoal

3.4. Caracterização do Retorno à Colônia

Para a coleta dos dados empíricos, nós utilizamos o método de translocação de indivíduos. Durante o processo de construção do trabalho, este modelo se mostrou apropriado para analisar o sucesso de retorno através de matriz e fragmentos e nos fornecer dados quantitativos sobre ele. Para este objetivo, realizamos translocações dos indivíduos, agrupados em números de 15 forrageiras de uma mesma colônia, para uma distância aleatória de até 100 metros, definido aqui como um evento de translocação. Nossa previsão inicial foi de realizarmos 160 eventos de translocação, distribuídos equitativamente por 8 locais de translocação, sendo realizados 20 eventos em cada (Tabela 1). Para isso, utilizamos 2400 indivíduos forrageiros, capturados diretamente na entrada de 4 colônias racionais de *Scaptotrigona depilis* instaladas nas bordas dos fragmentos.

Tabela 1. Quantidade total de eventos de translocação realizados nos 4 locais: Assentamento Mário Lago – Matriz e Fragmento, e Banco Genético USP – Matriz e Fragmento, com as respectivas previsões do número de indivíduos a serem coletados, entre parênteses.

Direção \ Local	Assentamento Mário Lago	Banco Genético USP	TOTAL
Matriz (ponto 1)	20 – (300)	20 – (300)	40 – (600)
Matriz (ponto 2)	20 – (300)	20 – (300)	40 – (600)
Fragmento (ponto 3)	20 – (300)	20 – (300)	40 – (600)
Fragmento (ponto 4)	20 – (300)	20 – (300)	40 – (600)
Total de eventos	80 – (1200)	80 – (1200)	160 – (2400)

Para garantir a aleatoriedade das distâncias utilizadas em cada evento de translocação, utilizamos uma ferramenta de geração de números aleatórios para fins científicos e estatísticos em geral, criada pelo Dr. Mads Haahr, pesquisador em Ciência da Computação, e disponibilizada através do endereço eletrônico: random.org. Para definir as direções dos eventos de translocação, utilizamos a borda destes fragmentos como referência. Desta forma, 50% destes eventos (80) foram realizados em direção ao interior do Fragmento, enquanto que a outra metade dos eventos (80) foi realizado em direção oposta (Matriz).

Os indivíduos forrageiros foram capturados durante suas reentradas nas respectivas colônias. Um algodão era colocado, bloqueando a entrada da colônia (Figura 9), e assim, os indivíduos que retornavam carregando pólen em suas corbículas eram

coletados com o auxílio de um sugador entomológico. As corbículas foram limpas individualmente, e foram retirados os materiais a elas aderido com auxílio de pinças entomológicas. Cada indivíduo foi marcado na face dorsal do tórax com tinta neutra à base de água (Figura 8). Diferentes cores foram usadas, o que nos permitiu identificar origem, data e hora de translocação. As cores das tintas foram padronizadas de acordo com a colônia utilizada e dia de coleta, sendo que para cada evento de coleta, todas as abelhas capturadas de uma mesma colônia, para o mesmo evento de translocação, receberam marcações de mesma cor. Após a marcação, as abelhas de cada evento de translocação foram liberadas a uma distância aleatória, que poderia variar entre 1 e 100 metros do local de instalação da sua colônia, onde foram capturadas (Figura 7). As distâncias de cada evento, bem como as coordenadas de cada ponto de coleta, foram registrados com o auxílio de um GPS Garmin etrex 20 (datum SAD 1969, projeção universal transversa de Mercator).

Figura 7: Ilustração do desenho experimental, com a colônia instalada exatamente na borda do fragmento, e as duas direções para onde foram realizados os eventos de translocação: até 100 metros para o interior do fragmento, e até 100 metros para a Matriz.

Figura 8: Foto de indivíduo sendo marcado com tinta na face dorsal do tórax. Fonte: Arquivo pessoal

Utilizamos a distância máxima de 100 metros para as translocações pois ela era apropriada para a logística nos fragmentos e aumentava as opções de pontos de coleta, dada a necessidade de encontrarmos fragmentos e matrizes com tamanhos viáveis. Trata-se também de uma distância relativamente curta para o raio de voo da espécie, que pode ultrapassar 2 km em forrageio, e pode transpor essa distância com relativa facilidade diariamente, o que nos possibilitaria verificar suas respectivas taxas de sucesso de retorno e tempos de retorno.

Os dois fragmentos selecionados se encontram em posições distantes pelo menos 10 km entre si. Todas as colônias foram instaladas nas bordas desses fragmentos, em posições com distância mínima de 300 metros entre cada ponto de coleta, para evitar a auto correlação espacial. Após sua instalação nas bordas, reservou-se um período mínimo de uma semana para aclimação de cada colônia em seu novo local. De acordo com o que sugerem os trabalhos de Matteson e Langelloto (2009) e Peakall e Schiestl (2004), as coletas e eventos de translocação ocorreram apenas em dias ensolarados ou parcialmente nublados, entre as 9:00h da manhã e as 15:00h da tarde. Os dias chuvosos, ou parcialmente chuvosos, foram evitados e não foram realizadas coletas ou eventos quando destas condições climáticas.

A coleta de dados de temperatura e umidade locais foi realizada durante cada evento de translocação e foi obtida com o auxílio de um termo-higrômetro digital. O registro de retorno dos indivíduos marcados e translocados nos eventos, ocorreu principalmente na forma de observação direta com registro videográfico, com o auxílio

de uma câmera de vídeo Nikon Coolpix AW130 instalada próximo à entrada das colônias (figura 9). Esta câmera registrava durante 120 minutos ininterruptos a movimentação das forrageiras na entrada das colônias e possibilitava o reconhecimento de indivíduos marcados. Os pesquisadores posicionavam-se em um raio de aproximadamente 10 metros da colônia e, na eventualidade de indivíduos marcados passarem pelo local, à caminho da colônia, o tempo era registrado e a coleta ativa realizada com auxílio de redes entomológicas (puçás). Trata-se de um saco de filó com o fundo cego, com um aro de metal, preso na extremidade de um cabo de madeira. Entretanto, esse comportamento não era comum. Todos os indivíduos que retornaram às suas colônias foram considerados ‘Retornados’, e seus tempos foram registrados em minutos. Após 120 minutos os indivíduos que não retornaram à sua colônia foram estimados a partir das quantidades translocadas e considerados ‘Não-Retornados’.

Figura 9: Foto da estrutura de observação das colônias, com câmera de vídeo montada em tripé e focada na entrada da colônia (em verde, com algodão no centro bloqueando a entrada de forrageiras). Fonte: Arquivo pessoal

Com base em nossos estudos-piloto, chegamos à estimativa de que um alto número de indivíduos deveria ser capturado e marcado para que os dados fossem suficientes para as análises propostas. Com isso, pretendíamos coletar 30 forrageiras a princípio, para cada evento de translocação realizado em cada colônia, em um total de 10 eventos de translocação por colônia. Este mesmo esforço de captura seria igualmente aplicado em cada um dos pontos de captura onde as colônias foram instaladas. Entretanto, este esforço diário de coleta se mostrou prejudicial para a manutenção da saúde da colônia, com potencial para causar uma redução populacional e, eventualmente, levar à

morte da mesma. Desta forma, optamos por reduzir o número de indivíduos capturados por evento para 15, e aumentamos o número total de eventos de translocação para 20 eventos por colônia. Isso nos possibilitou manter o mesmo número final de indivíduos, além de obter um número maior de eventos que, realizados em um tempo maior de campo, reduziu a pressão nas colônias, além de evitar uma potencial mudança de comportamento dos indivíduos.

3.5. Análise dos Dados

As campanhas de coleta foram encerradas após a realização e registro de 160 eventos de translocação. Os dados biológicos obtidos através de registro videográfico, foram submetidos a análise de vídeo através de um *software* livre, próprio para esta função, o Kinovea (versão 0.8.15), com o qual foi possível ampliar imagens, e visualizar trechos das filmagens quadro a quadro. Com o auxílio deste *software*, realizamos a compilação dos dados de retorno em Fichas de Campo e, posteriormente, a digitalização destas informações em tabelas e base de dados.

A partir dos dados de retorno foram estimadas as taxas de sucesso de retorno (razão entre proporção de indivíduos retornados e número total de indivíduos translocados) das abelhas em cada área, assim como o tempo individual de retorno em cada tipo de ambiente. A partir disto, buscamos estimar o movimento médio das abelhas através destas paisagens.

Para avaliar a taxa de sucesso de retorno de indivíduos, e respectivos tempos, em função dos nossos parâmetros, nós utilizamos a análise de sobrevivência do modelo de regressão de Cox (COX, 1972), que comparou os tempos de cada indivíduo retornado, e suas possíveis correlações com os parâmetros mensurados. Indivíduos que não retornaram durante o esforço de coleta foram estimados a partir dos retornados e considerados como ‘right censored’.

Avaliamos cinco parâmetros como possíveis variáveis explicativas Distância, Temperatura, Umidade, Exposição Solar e Local, que foram combinadas em diferentes modelos (Vide Tabela 5). A variável “Distância” corresponde à 160 diferentes distâncias, distribuídas aleatoriamente entre 1 e 100 metros. A variável “Temperatura” corresponde à média da temperatura registrada, ou no fragmento, ou na matriz, durante os 120 minutos de coleta, e que variou entre 25,5 e 36°C. A variável “Umidade” corresponde à umidade do local, semelhante à Temperatura, e que variou entre 36 e 72%. A variável “Exposição

Solar” corresponde à uma variável binária relativa à ocorrência de tempo nublado ou ensolarado, pois o Sol exerce papel na orientação do movimento desses seres. A variável “Local” é relativa aos quatro diferentes locais utilizados para translocação, as matrizes e fragmentos do Assentamento Mário Lago e Floresta da USP. Também foi incluído um modelo nulo, que possui apenas uma constante de valor 1, que representa a ausência de efeitos sobre a variável resposta, sendo toda a sua variação atribuída ao componente constante. As análises foram realizadas no programa RStudio (versão 1.0.44), com os pacotes bbmle, Oisurv, coxphw e CoxPlus.

Estes modelos foram comparados através do Critério de Informação de Akaike, e avaliados os seus pesos de evidência (W), cujos valores expressam o peso de evidência apresentado por cada modelo para representar o padrão observado em um dado o conjunto de dados. Adicionalmente, construímos uma tabela de contingência 2x2 para verificar se haviam diferenças significativas no sucesso de retorno entre os grupos Assentamento Mário Lago x Floresta da USP, e outra para verificarmos as diferenças entre os grupos Fragmento x Matriz. Também realizamos uma análise de variância (ANOVA) entre as temperaturas, para avaliar se os grupos Assentamento Mário Lago x Floresta da USP e os grupos Fragmento x Matriz diferiam significativamente entre si.

Com o auxílio das câmeras, buscamos também identificar se os indivíduos marcados estavam retornando com pólen em suas corbículas. A partir desta informação, nosso objetivo era estimar se atividades de forrageio e coleta estavam sendo realizadas durante o período de retorno à colônia ou se este retorno ocorreu de forma direta sem forragear. Nossa expectativa era obter informações complementares sobre o fluxo polínico que pudessem dar suporte e ajudar a esclarecer sobre a conectividade funcional desses ambientes. Entretanto, isso não aconteceu, pois, os indivíduos retornaram sem pólen.

4. RESULTADOS

Todos os dados foram coletados ao longo de quase 4 meses de expedições de campo, durante o verão que teve início em dezembro/16, entre os dias 05 de janeiro e 25 de abril de 2017. Em nossos esforços de campo, obtivemos sucesso em capturar 2348 abelhas para a realização deste experimento. Nosso objetivo foi o de utilizar 2400 indivíduos, distribuídos equitativamente pelas quatro classes de locais (Assentamento Mário Lago – Matriz e Fragmento; e Floresta da USP – Matriz e Fragmento) com 600 indivíduos em cada (Vide Tabela 1, Método). Entretanto, pequenos equívocos durante a manipulação levaram a algumas perdas ocasionais em diferentes eventos, e subtraíram 52 indivíduos do processo.

Neste período, registramos média geral de 29,4 °C e 51% de índice de umidade, em um cenário que apresentou uma variação total de temperatura de apenas 10 °C, e inferior a 40% na umidade, entre os períodos mais amenos e os mais quentes (Tabela 2). A temperatura e umidade mais recorrentes durante todo o esforço de campo foi a de 27 °C e de 53%, respectivamente. Assim, as médias de temperatura e umidade, ponderadas pelos respectivos números de ocorrências, chegam à 29,7 °C e 51,4% para o período. As temperaturas e percentuais de umidade registrados, se encontram dentro da média esperada para a época do ano e horário do dia. Também registramos poucos dias nublados, com apenas 7,5% do total de dias coletados (Tabela 2). Este dado, referente à variável Exposição Solar, apresentou alguma relevância para a análise, mas a baixa ocorrência de dias nublados durante os eventos reduziu seu peso explicativo em nossos modelos, como é possível observar na Tabela 5.

Tabela 2. Médias, Moda, Min-Máx das taxas de temperatura e umidade, percentual de exposição solar para o período de coleta.

	Média	Média Pond	Min-Máx	Moda
Temperatura (°C)	29,4	29,7	25,5 – 36,0	27,0
Umidade (%)	51,0	51,4	36,0 – 72,0	53,0
Exposição Solar (%)	7,5 – dias nublados		92,5 – dias ensolarados	

Do total de indivíduos translocados, utilizamos 1184 forrageiras dentro do Assentamento Mário Lago, e outras 1164 na Floresta da USP (Tabela 3). Cinquenta por cento dos eventos, com 1.177 dos indivíduos, foram translocados para o interior do fragmento, enquanto que os outros 50%, com 1.171 indivíduos, foram translocados para

o interior da matriz (Tabela 3). Também é possível notar que, apesar do número de perdas ocasionais se concentrarem mais nos eventos realizados na Floresta da USP, a diferença é de apenas 20 indivíduos.

Para visualizarmos melhor essa distribuição, agrupamos as distâncias em cinco intervalos de 20 metros cada (Tabela 4). Nesta tabela (Tabela 4) é possível observar que, em todo o nosso trabalho de campo, o intervalo de distância de '21 à 40 metros' foi o que teve o maior número de eventos de translocação (37 eventos), com um total de 547 indivíduos translocados nesses eventos (máximo de 15 indivíduos por evento). E o intervalo de distância de '61 à 80 metros' foi o que teve o menor número de eventos de translocação (28 eventos), com um total de 406 indivíduos translocados nesses eventos (Tabela 4).

Tabela 3.Quantidade total de indivíduos translocados através dos 4 sítios de translocação.

Direção \ Local	Assentamento Mário Lago	Floresta da USP	TOTAL
Matriz	596	575	1171
Fragmento	588	589	1177
Total de indivíduos translocados	1184	1164	2348

Tabela 4.Quantidade total de eventos de translocação e de indivíduos translocados a diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Distância	1 à 20m	21 à 40m	41 à 60m	61 à 80m	81 à 100m	TOTAL
Eventos de translocação	31	37	34	28	30	160
Indivíduos translocados	459	547	494	406	442	2348
Indivíduos retornados	282	332	283	227	276	1400

De maneira geral, é possível observar que os indivíduos translocados apresentaram uma taxa de retorno sempre próximo dos 60% de todos os indivíduos marcados, taxa que se manteve estável mesmo entre as diferentes distâncias utilizadas (Fig. 10). Contrariando as expectativas, o intervalo mais distante de '81 à 40 metros' foi o que registrou a maior taxa de retorno (62,4%), que corresponde a 276 indivíduos

retornados, dos 442 translocados nessas distâncias (Fig. 10). Novamente, o intervalo de distância de '61 à 80 metros' foi o que teve a menor taxa de retorno (55,9%), equivalente a 227 indivíduos retornados, dos 406 translocados nessas distâncias (Fig. 10). Entretanto, essas diferenças nas taxas de retorno podem ser referentes às diferenças com relação à topografia e altura da vegetação entre os locais.

Figura 10. Taxa de retorno de todos os indivíduos translocados a diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Na Tabela 5, podemos perceber que o modelo com menor valor de AIC foi o que conteve as variáveis de Distância, Temperatura, Umidade e Local como variáveis explicativas (C1, Tabela 5), seguido do $\Delta AIC: 1.4$ do modelo que também inclui a Exposição Solar como variável (C2, Tabela 5).

Apesar dessa pequena diferença entre os valores de AIC entre esses dois modelos, quando observamos os valores de peso de evidência (W), a diferença se torna mais nítida. O peso de evidência do modelo mais conciso (apenas com Distância, Temperatura, Umidade e Local; C1, Tabela 5) é de 0.6595, o que significa uma probabilidade de efetivamente ser o melhor modelo do set, de mais de 60% frente aos dados coletados, enquanto que o peso de evidência do segundo modelo, o qual adiciona a Exposição Solar (C2, Tabela 5) é de 0.3353, e seu poder explicativo cai para a metade com um parâmetro a mais, o que diminui muito seu suporte. Assim, o modelo C1 (Distância, Temperatura, Umidade e Local) foi escolhido como o modelo mais parcimonioso.

Tabela 5. Comparação através de AIC dos diferentes modelos gerados. Distância: 1m à 100 m; Temperatura: 25,5 à 36,0 °C; Umidade: 36 à 72%; Exposição Solar: 0–1, 0 como nublado e 1 como ensolarado; e Local: 1–4, 1 como Matriz – USP, 2 como Fragmento – USP, 3 como Matriz - Mário Lago e 4 como Fragmento – Mário Lago.

Modelo	Variáveis explicativas	AIC	Δ AIC	W
C1	Distância + Temperatura + Umidade + Local	20553.97	0.0	0.6595
C2	Distância + Temperatura + Umidade + Exp. Solar + Local	20555.32	1.4	0.3353
C3	Distância + Temperatura + Local	20565.20	11.2	0.0024
C4	Distância + Temperatura + Exp. Solar + Local	20565.53	11.6	0.002
C5	Distância + Temperatura + Umidade	20569.11	15.1	<0.001
C6	Distância + Temperatura + Umidade + Exp. Solar	20570.41	16.4	<0.001
C7	Temperatura + Umidade + Local	20570.80	16.8	<0.001
C8	Temperatura + Umidade + Exp. Solar + Local	20572.61	18.6	<0.001
C9	Distância + Temperatura	20573.96	20	<0.001
C10	Distância + Temperatura + Exp. Solar	20574.64	20.7	<0.001
C11	Temperatura + Local	20580.03	26.1	<0.001
C12	Temperatura + Exp. Solar + Local	20581.18	27.2	<0.001
C13	Temperatura + Umidade	20582.94	29	<0.001
C14	Temperatura + Umidade + Exp. Solar	20584.73	30.8	<0.001
C15	Temperatura	20586.90	32.9	<0.001
C16	Temperatura + Exp. Solar	20588.30	34.3	<0.001
C17	Distância + Umidade	20639.31	85.3	<0.001
C18	Distância + Umidade + Exp. Solar	20641.14	87.2	<0.001
C19	Distância + Umidade + Local	20641.29	87.3	<0.001
C20	Distância + Umidade + Exp. Solar + Local	20643.12	89.1	<0.001
C21	Distância	20645.16	91.2	<0.001
C22	Distância + Exp. Solar	20645.99	92	<0.001
C23	Umidade	20646.56	92.6	<0.001
C24	Distância + Local	20647.16	93.2	<0.001
C25	Distância + Exp. Solar + Local	20647.98	93.5	<0.001
C26	Umidade + Local	20648.56	94.6	<0.001
C27	Modelo Nulo	20652.21	98.2	<0.001
C28	Local	20654.20	100.2	<0.001

Ao observarmos os parâmetros de cada variável explicativa do modelo de maior parcimônia (C1, Tabela 5), podemos notar que todos os valores são negativos, sinalizando que as relações dessas variáveis são inversamente proporcionais às taxas de sucesso de retorno (Tabela 6). Ainda observando esses parâmetros (Tabela 6), percebemos que é bastante significativa a preponderância da variável Temperatura sobre as demais, chegando a ser três vezes mais significativa do que os parâmetros da segunda variável, Local, mas com efeitos quase equivalentes quando observamos os coeficientes. Em seguida, temos a variável Distância, um pouco menos significativa que a variável Local

e, por fim, a variável Umidade com o parâmetro menos significativo dentre os quatro analisados, mas com força maior que a Distância, quando comparados os coeficientes (Tabela 6).

Tabela 6. Análise das variáveis explicativas do modelo de maior parcimônia (Distância, Temperatura, Umidade e Local).

Variáveis Explicativas	Coef	z	P
Temperatura	-0.144490	-9.29	< 2e-16
Local	-0.112027	-4.12	3.8e-05
Distância	-0.004223	-4.33	1.5e-05
Umidade	-0.015896	-3.59	0.00033

O melhor modelo relaciona as variáveis Distância, Temperatura, Umidade e Local (C1, Tabela 5), plotamos os gráficos do tipo Kaplan & Meier para analisar o sucesso de retorno dos indivíduos ao longo do tempo. Assim, comparamos as taxas de sucesso de retorno dos indivíduos, e respectivos tempos de retorno, em relação aos intervalos de distâncias (Fig. 11), e em relação aos 4 locais analisados (Fig. 12). Na Figura 11, podemos observar que, apesar de os indivíduos do intervalo de '81 à 100 metros' retornarem mais rápido e com a maior taxa de sucesso de retorno (linha marrom, Fig. 11), os demais intervalos seguem um padrão claro, onde as taxas de sucesso de retorno diminuem com o aumento da distância (Fig. 11). Pudemos observar também que mais de 50 % dos indivíduos translocados retornaram em até 36 minutos (Linha Vertical, Fig. 11).

Já na Figura 12, é possível observar que também há um padrão nos locais, onde mais de 40% dos indivíduos translocados na Matriz da Floresta da USP retornaram em até 12 minutos (Linha pontilhada, Fig. 12), um tempo de retorno mais rápido do que os indivíduos translocados na Matriz do Assentamento Mário Lago. Importante mencionar que as matrizes apresentaram as diferenças mais evidentes, onde observamos que os indivíduos translocados na Matriz do Assentamento registraram a maior taxa de sucesso de retorno, superando até os fragmentos (Fig. 12), enquanto que os indivíduos translocados na Matriz da Floresta da USP (Fig. 12) registraram a menor taxa de sucesso de retorno, dentre os 4 locais. Nenhum indivíduo foi registrado retornando com tempo superior a 60 minutos.

Figura 11. Gráfico de Kaplan & Meier com taxa de retorno de todos os indivíduos translocados, e os respectivos tempos de retorno a das diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, agrupadas em cinco intervalos de 20 metros cada.

Figura 12. Gráfico de Kaplan & Meier com taxa de retorno de todos os indivíduos translocados, e os respectivos tempos de retorno através dos 4 locais: Assentamento Mário Lago – Matriz e Fragmento, e Floresta da USP – Matriz e Fragmento.

4.1. Assentamento Mário Lago e Floresta da USP

Seguindo em nosso objetivo de analisarmos comparativamente os dados, considerando-os sob a perspectiva do sucesso de retorno dos indivíduos, realizamos adicionalmente mais algumas análises de acordo com o nosso modelo mais parcimonioso (Modelo C1, Tabela 5). Entretanto, dividimos os dados analisados a seguir, em dois grupos distintos (Assentamento Mário Lago e Floresta da USP), para assim avaliarmos se os mesmos apresentavam diferenças em suas respectivas taxas de retorno.

Desta forma, nos foi possível observar na Figura 13, as variações apresentadas pela quantidade de distâncias utilizadas. Enquanto alguns intervalos, como o de ‘41 à 60 metros’, apresentam quantidades semelhantes de indivíduos (248 no Assentamento e 246 na USP); outros como o de ‘1 à 20 metros’, sinalizam que ocorreram menos eventos de translocação nessas distâncias na Floresta da USP do que no Assentamento Mário Lago (Fig. 13). Apesar disso, há um relativo equilíbrio nas distribuições, que se torna mais claro quando visualizados os respectivos totais (Fig. 13).

Figura 13. Quantidade total de indivíduos translocados nas 2 áreas (Assentamento Mário Lago e Floresta da USP) por diferentes distâncias entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Ao observarmos as taxas de retorno que os indivíduos translocados apresentaram, segundo a Figura 13, pudemos constatar uma taxa de sucesso de retorno levemente maior e mais constante entre os indivíduos translocados no Assentamento, pouco acima dos

60% (62% na média de todas as distâncias), do que nos indivíduos translocados na Floresta da USP, abaixo dos 60% (56% na média de todas as distâncias) (Fig. 14). As maiores diferenças são visíveis ao se comparar o intervalo de '61 à 80 metros'. Para o Assentamento representou a maior taxa de sucesso de retorno, com 66,5% de indivíduos retornados, em oposição ao mesmo intervalo na Floresta da USP, que representou sua menor taxa de sucesso, com apenas 46,2% dos indivíduos retornados (Fig. 14).

Para complementar a análise da taxa de sucesso de retorno, construímos uma tabela de contingência 2x2 e verificamos as diferenças entre os grupos Floresta da USP e Assentamento Mário Lago. Na análise do sucesso de retorno pelas distâncias (Tabela 7), foi possível observar uma sutil diferença, significativa entre os grupos. Também realizamos uma análise de variância (ANOVA) para as diferenças de temperatura registradas em ambos os grupos (Tabela 8). Nesta análise foi possível observar uma diferença realmente significativa entre os locais.

Figura 14. Comparação entre as taxas de retorno, separadas por Floresta da USP e Assentamento Mário Lago, para todos os indivíduos translocados a diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Tabela 7. Tabela de contingência 2x2 sobre a taxa de sucesso de retorno por intervalos de distância nos dois grupos: Floresta da USP e Assentamento Mário Lago.

	Floresta da USP	Assentamento Mário Lago	Total	gl	X ²	P
Retornados	667	733	1400	1	5.13	0,025>P>0,01
Não- Retornados	497	451	948			
Total	1164	1184	2348			

Tabela 8. Resultados da análise variância (ANOVA) sobre a variação da temperatura nos dois grupos: Floresta da USP e Assentamento Mário Lago.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	74.66556	1	74.66556	12.66555	0.000492
Dentro dos grupos	931.4369	158	5.89517		
Total	1006.102	159			

Comparando os dados dos tempos de retorno dos indivíduos do Assentamento e da USP, em relação aos intervalos de distâncias, é possível observarmos que quase 50 % de todos os indivíduos translocados na Floresta da USP retornaram em até os 12 minutos (Linha vertical, Fig. 15, à direita), enquanto que no Assentamento Mário Lago foram necessários quase o triplo do tempo, com até 36 minutos para que os mesmos 50% de indivíduos translocados também retornassem (Linha vertical, Fig. 15, à esquerda).

Nesta comparação também ficam evidentes as diferenças no intervalo de ‘61 à 80 metros’ dos dois grupos (Linhas roxas, Fig. 15). Neste intervalo, encontramos maior sucesso de retorno no Assentamento Mário Lago (quase 70%), além de aumentar o tempo de retorno (linha roxa, Fig. 15, à esquerda). Já na Floresta da USP, encontramos uma menor taxa de sucesso de retorno (pouco mais de 40%) nos indivíduos translocados, e também um tempo de retorno menor (linha roxa, Fig. 15, à direita). Entretanto, de forma geral, é possível perceber um padrão nos tempos de retorno, onde os indivíduos translocados na Floresta da USP retornam em tempo menor que os indivíduos translocados no Assentamento Mário Lago (Fig. 15).

Figura 15. Gráfico de Kaplan & Meier com taxa de retorno de todos os indivíduos translocados, e respectivos tempos de retorno em diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, agrupadas em cinco intervalos de 20 metros cada. À esquerda, os dados referentes ao Assentamento Mário Lago, e à direita, os dados referentes à Floresta da USP.

4.2. Fragmento e Matriz

Em nossa análise comparativa dos dados, novamente dividimo-los em dois grupos distintos. Desta vez, agrupados sob a perspectiva do Fragmento e da Matriz, tanto ocorridos no Assentamento Mário Lago, quanto na Floresta da USP. Para avaliarmos a distribuição as distâncias utilizadas, observamos a Figura 16. Neste cenário, há relativo equilíbrio nas distribuições, com uma diferença maior no intervalo de '41 à 60 metros' (Fig. 16).

Figura 16. Quantidade total de indivíduos translocados nas 2 direções (Matriz e Fragmento) a diferentes distâncias entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Quando observamos as taxas de retorno dos indivíduos translocados segundo a Figura 16, pudemos constatar uma taxa de sucesso de retorno levemente maior entre os indivíduos translocados no Fragmento, em torno de 60% (60,5% na média de todas as distâncias), do que nos indivíduos translocados na Matriz, levemente abaixo dos 60% (58,2% na média de todas as distâncias) (Fig. 17). Pequenas quedas nas taxas de retorno foram verificadas nos intervalos de '61 à 80 metros' no Fragmento, e '41 à 60 metros' na Matriz (Fig. 17).

Na análise do sucesso de retorno pelas distâncias (Tabela 9), construímos uma tabela de contingência 2x2 e verificamos que não há diferenças significativas entre os grupos Matriz e Fragmento. Da mesma forma, na análise de variância (ANOVA) das diferenças de temperatura registradas em ambos os grupos (Tabela 10), novamente foi possível observar que não há diferenças significativas entre estes dois grupos, diferente

do que foi possível verificar na comparação dos grupos Assentamento Mário Lago e Floresta da USP, no tópico anterior (Tabelas 7 e 8).

Figura 17. Comparação entre as taxas de retorno, separadas pelas direções de Matriz e Fragmento, para todos os indivíduos translocados a diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, e agrupados em cinco intervalos de 20 metros cada.

Tabela 9. Tabela de contingência 2x2 sobre a taxa de sucesso de retorno por intervalos de distância nos dois grupos: Matriz e Fragmento.

	Matriz	Fragmento	Total	gl	X ²	P
Retornados	685	715	1400	1	1.23	0,50>P>0,25
Não-Retornados	486	462	948			
Total	1171	1177	2348			

Tabela 10. Resultados da análise variância (ANOVA) sobre a variação da temperatura nos dois grupos: Matriz e Fragmento.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	67.47006	1	67.47006	11.35724	0.000945
Dentro dos grupos	938.6324	158	5.940711		
Total	1006.102	159			

Novamente utilizamos os gráficos do tipo Kaplan & Meier para comparar o sucesso de retorno dos indivíduos ao longo do tempo, desta vez entre os indivíduos translocados nos Fragmentos e nas Matrizes (Fig. 18). Sob esta perspectiva, notamos que os tempos de retorno são mais rápidos no Fragmento, onde 40 % dos indivíduos translocados retornaram até os 12 minutos (Linha vertical, Fig. 18, à esquerda), ao mesmo tempo que os indivíduos translocados através da Matriz necessitaram de mais de 12 minutos nos tempos para os mesmos 40% de retorno (Linha vertical, Fig. 18, à direita).

Neste tratamento as diferenças entre os grupos são menores, mas pudemos observar que, apesar de os indivíduos do intervalo de '41 à 60 metros' na Matriz (Linha azul, Fig. 18, à direita) retornarem em mais tempo e com a menor taxa de sucesso de retorno, os demais intervalos apresentam uma tendência onde as taxas de sucesso de retorno diminuem com o aumento da distância (Fig. 18, à direita). Entretanto, essa tendência se inverte nos indivíduos translocados através do Fragmento, pois neste caso, a taxa de sucesso de retorno aumenta com a distância (Fig. 18, à esquerda), exceção feita ao intervalo de '61 à 80 metros' (Linha roxa, Fig. 18, à esquerda).

Figura 18. Gráfico de Kaplan & Meier com taxa de retorno de todos os indivíduos translocados, e respectivos tempos de retorno em diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, agrupadas em cinco intervalos de 20 metros cada. À esquerda, os dados referentes aos Fragmentos, e à direita, os dados referentes às Matrizes.

4.3. Assentamento Mário Lago x Floresta da USP x Fragmento x Matriz

Adicionalmente aos tratamentos anteriores, os dados também foram considerados sob a perspectiva dos 4 locais individualmente (Assentamento Mário Lago – Matriz e Fragmento; e Floresta da USP – Matriz e Fragmento). Assim, plotamos os gráficos do tipo Kaplan & Meier que nos mostraram o sucesso de retorno dos indivíduos em diferentes distâncias ao longo do tempo (Fig. 19).

Nesta análise, fica mais evidente que ambos os locais da Floresta da USP registraram tempos de retorno mais rápidos que os locais do Assentamento Mário Lago (Linhas verticais, Fig. 19, abaixo e acima, respectivamente). Ao observarmos taxa de sucesso de retorno percebemos que ela é maior em ambos locais do Assentamento Mário Lago (Linhas horizontais de 50%, Fig. 19, abaixo e acima, respectivamente).

Ao compararmos os 4 locais sob a ótica do Fragmento e da Matriz, essas diferenças nos tempos de retorno diminuem (Linhas verticais, Fig. 19, à esquerda e à direita, respectivamente). Entretanto, é possível verificar que a taxa de sucesso de retorno para os indivíduos translocados na Matriz da Floresta da USP são significativamente menores que os indivíduos translocados na Matriz do Assentamento Mário Lago (Linhas horizontais de 50% à esquerda, Fig. 19, acima e abaixo, respectivamente).

Figura 19. Gráfico de Kaplan & Meier com taxa de retorno de todos os indivíduos translocados, e respectivos tempos de retorno em diferentes distâncias, entre 1 e 100 metros, agrupadas em cinco intervalos de 20 metros cada nos 4 locais: acima e à esquerda, os dados referentes ao Fragmento do Assentamento Mário Lago; acima e à direita; os dados referentes à Matriz do Assentamento Mário Lago; abaixo e à esquerda, os dados referentes ao Fragmento da Floresta da USP; e abaixo e à direita; os dados referentes à Matriz da Floresta da USP.

5. DISCUSSÃO

Conforme aumenta a temperatura, reduz a taxa de sucesso de retorno dos indivíduos translocados. A temperatura também parece ter influenciado de forma significativa os tempos de retorno, levando-os a retornar mais rapidamente quando em temperaturas muito elevadas. A análise de regressão de Cox corroborou a temperatura como principal fator explicativo que influencia a taxa de sucesso de retorno dos indivíduos, mas não o único. O local, a distância de translocação e a umidade (este último de forma menos significativa) também exercem influência, entretanto, a influência destes três fatores parece estar diretamente relacionada ao efeito da temperatura. Desta forma, local e distância de translocação exerceram influência significativa nas taxas de sucesso de retorno, mas a força dos seus efeitos está diretamente relacionada às variações de temperatura registradas nos locais. A influência da umidade parece ser ínfima e também derivada da temperatura, dado que estas duas variáveis possuem uma relação direta de causa e efeito.

A *Scaptotrigona depilis* é uma espécie cuja sensibilidade térmica exerce um papel importante na adaptação desta espécie, que não possui um controle da temperatura tão eficiente quanto outros grupos de abelhas sociais, como *Apis mellifera*. O trabalho de Vollet-Neto (2010) demonstrou que o comportamento de resfriamento do ninho e de coleta de água, em *S. depilis*, estão diretamente relacionados à temperatura interna do ninho, se tornando mais frequentes, de acordo com o aumento da temperatura deste. Já no trabalho de ROSENKRANZ e ENGELS (1995), com *Scaptotrigona postica*, foi relatado alterações comportamentais em operárias sob condições de superaquecimento, que ficavam muito agitadas e, aparentemente, abandonavam atividades internas necessárias à produção de novas crias.

Como sugerem esses trabalhos, temperatura e umidade são fatores importantes para o desempenho dos processos fisiológicos internos no organismo de indivíduos deste gênero, e de suas colônias, influenciando assim sua atividade comportamental. Essa relação do efeito da temperatura também parece ter se refletido nos tempos de retorno dos indivíduos, uma vez que os tempos de retorno também foram gradativamente mais curtos a medida que as temperaturas dos locais registravam-se mais elevadas. De acordo com Fahrig (2007) e NATHAN et al. (2008), os parâmetros de movimento dos organismos são amplamente direcionados pelo ambiente, e o tempo gastos nesses movimentos estão ligados aos riscos e benefícios que um determinado tipo de local oferece. Assim,

deslocamentos mais rápidos, característicos de movimentos mais retilíneos, sugerem a existência de risco à sobrevivência ou mesmo um ambiente com baixa oferta de recursos no seu tipo de cobertura. Logo, o tempo de retorno rápido nos sugere que exista um risco maior para a sobrevivência do indivíduo quando as temperaturas estão mais altas e, com isso, a busca por um retorno breve que minimize este risco.

Com as translocações, nos foi possível inferir quais locais registraram as maiores taxas de sucesso de retorno, bem como quais tiveram os menores tempos de retorno dos indivíduos translocados. À vista disso, identificamos que o Fragmento da Floresta da USP registrou a segunda maior média de temperatura e os indivíduos translocados através dele foram aqueles que mais rápido retornaram. Assim como a Matriz da Floresta da USP registrou a maior média de temperatura e, por conseguinte, a menor taxa de sucesso de retorno. Já no Assentamento Mário Lago tivemos as menores médias de temperatura e, portanto, as maiores taxas de sucesso de retorno dos indivíduos translocados, com destaque especial para a Matriz do Assentamento, que utiliza o Sistema Agroflorestal como diretriz de uso e ocupação do solo, e registrou a maior taxa de sucesso de retorno entre os quatro locais.

A variável distância nos mostrou um padrão interessante, diretamente proporcional ao tempo de retorno. A análise indica claramente que há um aumento no tempo de retorno de todos os locais conforme há um aumento das distâncias de translocação, entretanto este padrão se inverte completamente para os indivíduos translocados no intervalo de distâncias entre 81 e 100 metros. Os indivíduos translocados nessas distâncias tiveram tempos de retornos bem mais rápidos que outros indivíduos em distâncias mais próximas, como no caso dos indivíduos que percorreram esse intervalo de 81 à 100 metros na Matriz da Floresta da USP. Alguns trabalhos, como o de Prevedello; Forero-Medina; Vieira (2011) com marsupiais, indicam que a capacidade de percepção visual de um fragmento depende do contexto e varia com luminosidade e cobertura de nuvens. Já o trabalho de Pinheiro (2017), que realizou translocações de borboletas em matriz, mostrou que a partir de 150 metros os retornos se tornam menos retilíneos e o sucesso de retorno cai pela metade. Isso parece nos indicar que a percepção da distância de translocação por parte de nossos indivíduos os levam a um retorno breve como forma de reduzir custo energético no deslocamento, já que essa percepção deve resultar em movimentos menos tortuosos e mais orientados, com trajetória mais retilínea (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2010).

Também, nossas coletas ocorreram majoritariamente em dias quentes e ensolarados, variando entre os horários de 9h e 14h, que são horários de grande atividade na colônia. Dessa forma, houve poucas variações de luminosidade e comportamento durante os diferentes horários que pudessem afetar significativamente sua capacidade de percepção. Entretanto, outros fatores como altas temperaturas podem afetar a capacidade de percepção e tortuosidade da trajetória (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2010), e assim influenciar nos tempos de retorno e na taxa de sucesso de retornos.

Como a conectividade funcional é diretamente relacionada a capacidade de movimento do organismo, e este movimento depende do seu raio de percepção do ambiente (FAHRIG, 2007), podemos inferir que a conectividade funcional das paisagens estudadas é alta para a espécie *Scaptotrigona depilis* em distâncias de até 100 metros, sendo sua probabilidade de retorno de 60% em Fragmento e Matriz. Entretanto, a funcionalidade das paisagens está diretamente relacionada com o grau de similaridade entre Fragmento e Matriz, pois quanto mais similares entre si, mais eficientes elas são (PREVEDELLO; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2010). Isso corrobora nossos dados e reafirma os resultados, que demonstraram as mais altas taxas de sucesso de retorno dos indivíduos translocados na Matriz do Assentamento Mário Lago, além dos maiores tempos de permanência antes de retornarem. Esta Matriz possui grande similaridade com o Fragmento, já que apresenta uma estrutura altamente arborizada e constituída por uma grande diversidade de espécies vegetais. Daí suas taxas de sucesso e tempo de retorno terem sido maiores até mesmo que o do próprio Fragmento do Assentamento.

Da mesma forma, Boscolo et al. (2017) indica que mudanças abruptas de contexto, em paisagens muito heterogêneas com baixos índices de floresta, reduzem significativamente a conectividade funcional desses ambientes. Assim, baseado nas diferenças verificadas em nossos resultados, concluímos que utilizar estratégias florestais no uso do solo das matrizes garante maior conectividade funcional para nossa espécie de polinizador. Além disso, como é possível observar em trabalhos semelhantes de translocação, como o de Boscolo (2008), matrizes mais semelhantes aos fragmentos reduzem custos e riscos de deslocamento, e podem funcionar como *stepping stones* para estes indivíduos, aumentando a conexão entre fragmentos e a sua dispersão pela paisagem.

Apesar de ser um dos *hotspots* mundiais de conservação mais afetados por perda de habitat e fragmentação, o Cerrado brasileiro dispõe de poucos dados sobre o quanto a

fragmentação de ambientes afeta sua comunidade nativa de abelhas (BROSI, ARMSWORTH, DAILY, 2008). Alguns estudos com ecologia do comportamento já vêm utilizado a análise de custo energético do movimento como um modelo análogo para estimar a conectividade funcional da paisagem (BÉLISLE, 2005). De forma semelhante, o presente trabalho utilizou dados de translocação e retorno dos indivíduos para oferecer importantes informações sobre a capacidade de movimento e acessibilidade para estas populações de abelhas em paisagens fragmentadas, e com diferentes tipos de dominância em sua matriz. Com isto, buscamos oferecer novos conhecimentos que ajudem a compreender melhor a relação entre os processos ecológicos e os padrões de movimentação dos indivíduos.

Isto posto, concluímos que as transformações ambientais provocadas pelo homem e pelas mudanças climáticas, apresentam uma dinâmica cada vez mais acelerada, impactando cada vez mais em comportamentos que alicerçam processos ecológicos importantes para a manutenção dos ecossistemas. E em tempos assim, torna-se de grande relevância o conhecimento de que é possível fortalecer a conectividade funcional para estes polinizadores nativos com políticas públicas que ofereçam e incentivem alternativas mais simpáticas ecologicamente para uso e ocupação do solo, como os Sistemas Agroflorestais e paisagens com alternância espacial de ambientes com diferentes usos e qualidades para as abelhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M. A. et al. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. **Current Biology** n.18, p. 1–4, 2008.

BARRAQUAND, F.; BENHAMOU, S. Animal movements in heterogeneous landscapes: identifying profitable places and homogeneous movement bouts. **Ecology**, v.89 p. 3336–3348, 2008.

BÉLISLE, M. Measuring landscape connectivity: The challenge of behavioral landscape ecology. **Ecology**, n.86: 1988–1995, 2005.

BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for a bird species in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, n. 40, p. 273–276, 2008.

BOSCOLO, D. et al. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, n.15, v.1, p.18–24. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.03.002>. Acesso: 08/11/2017.

BROSI, B. J.; ARMSWORTH, P. R.; Daily, G. C. Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. **Conservation Letters**, n.1, p. 27–36, 2008.

BUCHMANN, S. L.; NABHAN, G. P. The Forgotten Pollinators. Washington, DC: **Island Press**, p. 281, 1996.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier. In: MOURE, J. S.; URBAN, D., et al. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p.272-578, 2007.

CEEFLORUSP. **Floresta da USP**. 2017. Disponível em: http://kode.ffclrp.usp.br/ceeflor/floresta_usp.php, 2015. Acesso em outubro 2017.

COX, D. R. Regression models and life-tables. **J. R. Stat. Soc.**, n.2, v. 34, p. 187–220, 1972.

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. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, n.4, v. 30, p. 193-205, 1995.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Cia das Letras, 1996.

FAHRIG, L. et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology Letters**, n.14, p. 101-112, 2011.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** n.34, p.487–515, 2003.

FAHRIG, L. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. **Functional Ecology**, n. 21, p. 1003–1015, 2007.

FERREIRA, P.A.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. What do we know about the effects of landscape changes on plant–pollinator interaction networks? **Ecological Indicators**, n.31, p. 35-40, 2013.

FORTUNA, M. A.; BASCOMPTE, J. Habitat loss and the structure of plant–animal mutualistic networks. **Ecology Letters**, n.9, p. 281–286, 2006.

FRAGOSO, F. P. **Restabelecimento das interações entre plantas e visitantes florais em áreas restauradas de Floresta Estacional Semidecidual**. Tese de doutorado (Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo), 2014.

GETZ, W. M.; SALTZ, D. A framework for generating and analyzing movement paths on ecological landscapes. **Proc Natl Acad Sci USA** v.105 p. 19066–19071, 2008.

GONÇALVES, J. C. **Reforma Agrária de Desenvolvimento Sustentável? A difícil construção de um assentamento rural agroecológico em Ribeirão Preto/SP.** Dissertação de mestrado (Universidade Federal de São Carlos) 2010.

HENLE, K, et al. Species survival in fragmented landscapes: where are we now? **Biodiversity and Conservation**, n.13, p. 1- 8, 2004.

INCRA. **Números da Reforma Agrária.** Disponível em: <http://www.incra.gov.br/reforma-agraria/questao-agraria/reforma-agraria>, 2015. Acesso em setembro 2017.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 274, p. 303–313, 2007.

LAMBIN, E. F.; et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, n.11, p. 261– 269, 2001.

LIRA, P. K.; et al. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecol Manag**, n.278, p. 80–89, 2012.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, n..100, p. 603-609, 1966.

MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Brasília: Conservação Internacional, 2004.

MATTESON, K. C.; LANGELLOTTO, G. A. Bumble Bee Abundance in New York City Community Gardens: Implications for Urban Agriculture. **Cities and the Environment**, n.1, v.2, p. 12, 2009.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, n.1, v.12, p. 1-9, 2001.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853–858, 2000.

NATHAN, R. et al. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. **PNAS**, n.49, p. 19052-19059, 2008.

NUNES, P. J. et. al.. Implantação de unidades agroflorestais em lotes familiares como estratégia de formação e mobilização para restauração de áreas coletivas de reserva legal do assentamento Mário Lago, Ribeirão Preto/SP. **Anais do X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais – CBSAF**, 2016.

NUNES, P. J. **Estratégias de comercialização adotadas por famílias que praticam agrofloresta: um estudo de caso no assentamento Mário Lago, Ribeirão Preto/SP**. Dissertação de Mestrado (Universidade Federal de São Carlos), 2017.

NUNES, P. J.; BRECHANI, T. Implantação de sistemas agroflorestais: a experiência do assentamento Mário Lago, Ribeirão Preto. **Informações Econômicas**, n.3, v. 46, 2016.

PEAKALL, R.; SCHIESTL, F. A mark-recapture study of male *Colletes cunicularius* bees: implications for pollination by sexual deception. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, n.56, p. 579- 584, 2004.

PICK, R.; BLOCHTEIN, B. Atividade de coleta e origem floral do pólen armazenado em colônias de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) no sul do Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, n.1, v. 19, p. 289-300, 2002.

PINHEIRO, J. L., **Análise da conectividade funcional através da caracterização do movimento de *Heliconius erato***. Dissertação de Mestrado (ESALQ/USP), Piracicaba, 2017.

PREVEDELLO, J.A.; FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Movement behaviour within and beyond perceptual ranges in three small mammals: effects of matrix type and body mass. **Journal of Animal Ecology**, v. 79, p. 1315 – 1323, 2010.

PREVEDELLO, J.A.; FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Does land use affect perceptual range? Evidence from two marsupials of the Atlantic Forest. **Journal of Zoology**, v.284, p.53–59, 2011.

RAILSBACK, S. F.; GRIMM, V. **A Course in Individual-based and Agent-based Modeling**. Princeton University Press, 2009.

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**, n.142, v.6, p. 1141–1153, 2009.

SMITH, J. N. M.; HELLMANN, J. J. Population persistence in fragmented landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, n.17, p. 397-399, 2002.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. **Oecologia**, n.121, p. 432–440, 1999.

TABARELLI, M.; LOPES, A.V.; PERES, C. A. Edge effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. **Biotropica**, n.40, p. 657–661, 2008.

TAYLOR, P. D.; et al. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, n.68, p. 571–573, 1993.

TYLIANAKIS, J. M. et al. Conservation of species interaction networks. **Biological Conservation**, n.14310, p. 2270-2279, 2010.

TURNER, M; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**. New York, Inc: Springer-Verlag, 2001.

VARANDA, E. M, et al. **Implantação da Floresta do campus em Ribeirão Preto**. Projeto da Prefeitura do campus administrativo de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, p. 29, 1998.

VARANDA, E. M. Banco genético da floresta da USP em Ribeirão Preto: resgate de espécies para a recuperação de áreas degradadas. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de setembro de 2007, Caxambu – MG, 2007.

VOLLET-NETO, A. **Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae, Meliponini): adaptações para lidar com altas temperaturas**. Dissertação de mestrado (Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo), 2010.

YARROW, M. M.; SALTHER, S. N. Ecological boundaries in the context of hierarchy theory. **Biosystems**, n.92, p. 233–244, 2008.

ZOLLNER, P. A. Comparing the landscape level perceptual abilities of forest sciurids in fragmented agricultural landscapes. **Landscape Ecology**, n.15, p. 523-533, 2000.