

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO

GABRIELE THAÍS DE OLIVEIRA

**MIRMECOFAUNA EM ÁREAS EM ESTÁGIO INICIAL DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL SOB DIFERENTES MANEJOS**

ARARAS

2024

GABRIELE THAÍS DE OLIVEIRA

**MIRMECOFAUNA EM ÁREAS EM ESTÁGIO INICIAL DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL SOB DIFERENTES MANEJOS**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Araras, para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo T. Fujihara

Coorientadora: MSc. Alexandra Providello

ARARAS

2024

GABRIELE THAÍS DE OLIVEIRA

**MIRMECOFAUNA EM ÁREAS EM ESTÁGIO INICIAL DE RESTAURAÇÃO
FLORESTAL SOB DIFERENTES MANEJOS**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Araras, para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo T. Fujihara.
Coorientadora: MSc. Alexandra Providello

Data da defesa: 15/02/2024

Resultado:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dra. Ane Hackbart de Medeiros
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dra. Priscila Orlandini
Universidade Federal de São Carlos

DEDICATÓRIA

Aos meus pais por todo apoio, ensinamentos e esforços que me fazem hoje trilhar essa conquista. Dedico este trabalho como um gesto de agradecimento pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda a força que me concedeu e por me guiar nos momentos mais desafiadores durante essa trajetória.

Aos meus pais Adilson e Alexandra, por toda a dedicação e ensinamentos que nortearam a minha formação. Agradeço por todo apoio e amor constante. Aos meus avós Antônio e Eulina e também aos demais familiares.

Ao Professor Dr. Ricardo Toshio Fujihara, agradeço por toda orientação e ensinamentos proporcionados ao longo da minha trajetória acadêmica e dentro da pesquisa científica.

A MSc. Alexandra Providello, por todo apoio e orientação, agradeço por sua disposição em me auxiliar ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A MSc. Claudia Tiemi Wazema e ao Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê (LAMAT) da Universidade de Mogi das Cruzes, pela parceria na confirmação e identificação das formigas.

A Prof. Dra. Josiane Rodrigues, pelas análises estatísticas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Viani, pela implementação das áreas de estudo.

Às parceiras de graduação e amigas, Ana Vitória Melo, Viviane Giraldo Felisberto, Yasmin Pinheiro e Fernanda Rodrigues de Oliveira que tornaram essa trajetória mais leve.

Ao meu namorado Vinícius Campana Benassi, por todo suporte que me proporcionou durante o curso, agradeço por constantemente me apoiar, me incentivar e me amparar nos momentos mais difíceis. Obrigada por sua compreensão, amor e carinho.

À Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, e ao curso de Ciências Biológicas e todo o corpo docente por minha formação, pelas oportunidades oferecidas e todos os ensinamentos que levarei para a vida.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral (GEPEG), pela oportunidade e experiências acadêmicas proporcionadas durante a minha formação. E aos amigos de Laboratório que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À banca examinadora pela disponibilidade.

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida - Número do protocolo 10670.

RESUMO

OLIVEIRA, G. T. **Mirmecofauna em áreas em estágio inicial de restauração florestal sob diferentes manejos**. 2024. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2024.

As formigas representam um grupo de insetos rico e abundante e são altamente influenciadas pela heterogeneidade do ambiente, assim ambientes com uma maior complexidade vegetal oferecem melhores condições para a mirmecofauna. O objetivo foi verificar se diferentes tipos de controle de plantas indesejáveis e o uso de fertilizantes influenciam a dinâmica da mirmecofauna em sua abundância e riqueza. O estudo foi realizado em uma área inicial de restauração localizada na UFSCar, em Araras, SP. Foram adotados os seguintes tratamentos: controle intensivo de plantas indesejáveis com uso de fertilizantes; controle intensivo de plantas indesejáveis sem uso de fertilizantes; controle não intensivo de plantas indesejáveis com uso de fertilizantes; controle não intensivo de plantas indesejáveis e sem uso fertilizantes. Foram realizadas três coletas da mirmecofauna com armadilhas do tipo *pitfall* entre 2019 e 2020, sendo identificadas em nível categórico de espécie/morfoespécie. Foi avaliada a interação entre os “manejos de plantas indesejáveis” e a “fertilização ou sua ausência” sobre a abundância e a riqueza de formigas. Foram amostradas 6.731 formigas, distribuídas em seis subfamílias, 10 gêneros e 14 espécies/morfoespécies. As espécies mais frequentes foram *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 (56,63%), *Atta sexdens* Forel, 1908 (23,84%), *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887 (11,08%) e *Pheidole oxyops* Forel, 1908 (7,70%). A abundância foi afetada negativamente pelo manejo intensivo com fertilização. Para a riqueza, o teste de Tukey não demonstrou diferença significativa tanto para o manejo de plantas indesejáveis quanto para a fertilização. No delineamento de coleta utilizado, a mirmecofauna não pôde ser adotada como parâmetro secundário de mensuração do sucesso da restauração florestal em áreas em estágio inicial. Esses resultados sugerem que considerando as coletas realizadas e o período de avaliação, nossos experimentos podem ser o ponto de partida para futuros estudos para avaliar a dinâmica da mirmecofauna em áreas em estágio inicial de restauração florestal.

Palavras-chave: formigas, restauração ecológica, manejo da restauração.

ABSTRACT

OLIVEIRA, G. T. **Myrmecofauna in initial forestry restoration areas with different managements**. 2024. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2024.

The ants represent a rich and abundant group of insects and are very influenced by the environment heterogeneity, thus environments with a great vegetative complexity offer better conditions for the myrmecofauna. The objective was to verify if different types of weed control and the use of fertilizer, affect the myrmecofauna dynamics in their abundance and wealth. The work was conducted in an initial restoration area, located in UFSCar, Araras, SP. The following treatments were adopted: intensive control of undesirable plants with fertilizers; intensive control of undesirable plants without fertilizers; non-intensive control of undesirable plants with fertilizers; non-intensive control of undesirable plants without fertilizers. Were realized three collets of the myrmecofauna between 2019 and 2020 using pitfall traps, being identified at the categorical level of species/morphospecies. The interaction between the “undesirable plants management” and the “fertilization” or non-fertilization” were evaluated about the abundance and the wealth of the ants. 6.731 ants were sampled; and distributed in six subfamilies, 10 genera, and 14 species/morphospecies. The most common species were *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 (56,63%), *Atta sexdens* Forel, 1908 (23,84%), *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887 (11,08%) and *Pheidole oxyops* Forel, 1908 (7,70%). The abundance was negatively affected by the intensive management with adubation. For the wealth, the Tukey test shows no significant difference even to the undesirable plants management how the adubation. In the gathering design used, the myrmecofauna could not be adopted as a secondary measurement parameter for the forest initial restoration process. These results suggest that considering the collets made and the evaluation period, our experiments may be the starting point for future studies to evaluate the dynamics of myrmecofauna in areas in the initial stages of forest restoration.

Keywords: ants, ecological restoration, restoration management.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carta imagem com a localização da área de estudo (2017) e ortomosaico da área restaurada (2021) na Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFSCar, Araras, SP.....08

Figura 2. Riqueza total de espécies de formigas coletadas por subfamília na área de reflorestamento inicial. Araras, SP. IF - controle intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; ISF - controle intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização; NIF - controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; NISF - controle não intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização.....13

INDÍCE DE TABELAS

Tabela 1. Espécies arbóreas pioneiras (P) e não pioneiras (NP) utilizadas no plantio da área experimental. As duas espécies classificadas como “X” foram plantadas nas bordaduras..... 10

Tabela 2. Lista de ocorrência das espécies de formigas coletadas em armadilhas do tipo *pitfall* na área de reflorestamento inicial, dividido por tipo de manejo e período. Araras, SP. IF - controle intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; ISF - controle intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização; NIF - controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; NISF - controle não intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização. F.: Frequência (%)......24

Tabela 3. Dados de abundância da mirmecofauna após o desdobramento da interação tipo de controle de plantas indesejáveis: intensivo (herbicida) ou não intensivo (roçada mecanizada), e a ausência ou não de fertilização. Araras-SP.....29

Tabela 4. Dados de riqueza da mirmecofauna considerando o tipo de controle de plantas indesejáveis: intensivo (herbicida) ou não intensivo (roçada mecanizada), e a ausência ou não de fertilização. Araras-SP.....30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.2 Restauração Florestal	3
2.3 Formigas na restauração florestal.....	5
3.1 Objetivo geral	7
3.2 Objetivos específicos	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4.1 Área de estudo.....	7
4.2 Implantação da restauração florestal.....	9
4.3 Amostragem e identificação da mirmecofauna	11
4.4 Análise dos dados	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5.1 Padrões de riqueza e abundância das espécies de formigas coletadas	13
5.2 Myrmicinae.....	25
5.3 Ponerinae.....	26
5.4 Dolichoderinae	27
5.5 Formicinae	27
5.6 Ectatomminae.....	28
5.7 Pseudomyrmecinae.....	28
5.8 A intensificação da restauração florestal e a mirmecofauna	29
5. CONCLUSÕES	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
APÊNDICES	41

1. INTRODUÇÃO

O aumento crescente das intensas atividades antrópicas, como a fragmentação de florestas tropicais e o desmatamento, tem agravado a degradação ambiental e alterado a estrutura da vegetação, reduzindo a disponibilidade de recursos nos habitats naturais e, conseqüentemente, ocasionando impactos para a conservação da biodiversidade de espécies nos ecossistemas, principalmente em florestas tropicais, como a Mata Atlântica por ser um dos repositórios mais biodiversos do mundo e que abriga um elevado número de espécies endêmicas da fauna e flora (IPBES, 2019; PECL et al., 2017). Assim, ressalta-se a importância de estabelecer medidas que busquem reverter esse cenário.

A restauração florestal tem como objetivo restabelecer a estrutura vegetal e a ecologia de áreas degradadas, resgatando paisagens naturais e a provisão dos serviços ecossistêmicos. Em áreas com elevado grau de degradação, a regeneração natural pode ser lenta e ineficaz devido à presença dominante de plantas invasoras, condições microclimáticas e a baixa fertilidade do solo. Assim, a restauração ativa por meio do plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é um método amplamente utilizado, possibilitando acelerar o processo de sucessão florestal (CAMPOE et al., 2014).

Dessa forma, nos primeiros anos da restauração é fundamental a preparação da área por meio de técnicas da silvicultura intensiva, como o controle de espécies de plantas indesejáveis e o uso de fertilizantes, que reduz a competição por recursos entre plantas e proporciona melhores condições para a qualidade do solo, o que contribui para o aumento das taxas de crescimento e estabelecimento das mudas (WEIDLICH et al., 2020).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da utilização desses manejos sobre a fauna, principalmente sobre os invertebrados, que são altamente influenciados pelas condições ambientais, e podem ser afetados pela intensificação desses manejos, dificultando ou beneficiando o desenvolvimento da composição vegetal e manutenção do ambiente (MAZÓN et al., 2018).

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) representam o grupo de insetos mais diverso, sendo amplamente distribuídas nos ecossistemas terrestres. Apresentam uma vasta diversidade de espécies variando em hábitos alimentares, de nidificação e forrageamento, o que têm grande importância para os processos ecológicos, atuando diretamente na dinâmica e condições da qualidade física e química do solo,

ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão e riqueza de plantas, e disponibilidade de recursos para outros organismos (DELLA LUCIA; SOUZA, 2011).

As formigas são extremamente sensíveis às variações ambientais e ao estado de conservação da vegetação e, por sua elevada abundância, diversidade, facilidade de amostragem e identificação (ANDERSEN et al., 2004; CASIMIRO et al., 2019; RIBAS et al., 2012) apresentam potencial uso para estudos da biodiversidade de ecossistemas e inferências sobre sua qualidade ambiental, atuando como bioindicadores e fornecendo informações sobre o sucesso da restauração (BORGES et al., 2021).

Além disso, apresentam relação direta com a complexidade vegetal dos ambientes, e estudos demonstram que ambientes que apresentam heterogeneidade vegetal fornecem melhores condições para o estabelecimento das comunidades de formigas, inferindo em sua riqueza e diversidade (ROCHA et al., 2015; HOLDEFER; LUTINSKI; GARCIA, 2017).

Considerando que as práticas de manejo auxiliam no estabelecimento das árvores nativas e possibilitam o sucesso da restauração florestal (CAMPOE et al., 2014), e que a compreensão da mirmecofauna é um componente do ecossistema a ser restaurado, o presente trabalho teve como premissa avaliar se diferentes manejos de plantas indesejáveis e de fertilização, em uma área em estágio inicial de restauração, afetam a abundância e a riqueza da mirmecofauna.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os ecossistemas naturais estabelecem a manutenção da biodiversidade, sobrevivência e conservação das espécies, ocasionando benefícios no fornecimento de recursos, ciclagem de nutrientes e regulações climáticas. Constantes intervenções antrópicas, como a fragmentação e o desmatamento motivados pela exploração de recursos naturais, têm ocasionado a degradação de florestas tropicais, gerando impactos na composição vegetal (LIMA et al., 2020; FAO, 2018), perda da biodiversidade e declínio na provisão desses serviços (BULLOCK et al., 2011).

A Mata Atlântica corresponde a 15% do território brasileiro, estando presente em 17 estados do país, sendo que nesta região estão localizadas 27% das atividades agropecuárias brasileiras, impactando diretamente na economia. Devido a intensa ocupação antrópica, a Mata Atlântica encontra-se entre os biomas mais ameaçados, com um aumento no desmatamento de 66% entre os anos de 2020 e 2021, e atualmente estima-se que possui apenas 24% da sua cobertura florestal original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

Apesar do desmatamento intensivo, é uma das florestas tropicais que ainda abriga significativamente a diversidade biológica do Brasil, com elevados níveis de endemismo vegetal (DIMSON; GILLESPIE, 2020), sendo um dos 25 *hotspots* mundiais para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Apesar de abrigar tamanha biodiversidade e espécies da fauna e da flora que estão ameaçadas, apenas 13% desse bioma é voltado à proteção e 9% é dedicado à conservação (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022). Com isso, destaca-se a necessidade urgente de conservar e restaurar esses ecossistemas para reverter impactos na perda da biodiversidade e contribuir para a diminuição de carbono na atmosfera, uma vez que nem todos os ecossistemas são capazes de se regenerar naturalmente após uma perturbação (PERRING et al., 2015; STEFFEN et al., 2015).

2.2 Restauração Florestal

A restauração florestal ou ecológica é um processo que busca a longo prazo a recuperação de um ecossistema degradado e de suas funções ecológicas naturais (SER, 2019), possibilitando a recuperação dos serviços ecossistêmicos e o restabelecimento da sua estrutura e proteção da biodiversidade de espécies nativas locais (CHAZDON, 2008; LAURENCE et al., 2012).

A restauração de ecossistemas degradados tem uma relevante importância para reduzir os impactos do desmatamento, que ocasiona a emissão de gases do efeito estufa, e que contribui para as mudanças climáticas. Iniciativas globais foram tomadas para promover a restauração de diversos ambientes, sendo declarado entre o período de 2021 a 2030 pela ONU como a “Década da Restauração de Ecossistemas”. Nesse processo, a Mata Atlântica é considerada como uma das prioridades de restauração para a preservação de espécies e, a partir de planos como o PLANAVEG e o Pacto da Mata Atlântica, pretende-se restaurar, respectivamente, 12 milhões de hectares até 2030 e 15 milhões de hectares até 2050; assim a restauração de 15% de sua área poderia contribuir para evitar 60% das extinções que estão previstas, trazendo benefícios em escala global e para a economia nacional (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

Espécies remanescentes podem ser aproveitadas no processo de restauração para a regeneração, entretanto, os procedimentos realizados na recuperação dos ecossistemas variam de acordo com a extensão das perturbações passadas, das condições culturais que modificaram a paisagem e das condições do clima e propriedades do solo (CHAZDON, 2014). Assim, ambientes com elevado grau de degradação e regiões tropicais intensamente fragmentadas requerem uma restauração ativa (SER, 2019), sendo o plantio com mudas de espécies arbóreas nativas a estratégia mais utilizada (PALMA; LAURENCE, 2015; CROUZEILLES et al., 2017).

Os anos iniciais do processo de restauração florestal são fundamentais para o desenvolvimento das mudas, e diversos fatores como a baixa fertilidade do solo no fornecimento de nutrientes necessários e a competição de recursos com plantas indesejáveis podem ocasionar estresse ambiental e influenciar o seu estabelecimento (BERTACCHI et al., 2012; ELGAR et al., 2014). Assim, a adoção de técnicas da silvicultura intensiva, como o uso de fertilizantes e o controle intensivo de plantas indesejáveis contribuem para a diminuição da mortalidade das mudas e promovem o estabelecimento e crescimento das espécies arbóreas (WEIDLICH et al., 2020), o que também favorece a ocupação de diversos grupos que necessitam de abrigo e recursos, devido às mudanças do solo e microclima (AMAZONAS et al., 2018).

No entanto, com a intensificação do uso de fertilizantes e a aplicação de herbicidas para o controle de plantas indesejáveis, é necessário avaliar aspectos ecológicos desse processo, como por exemplo, os efeitos sobre a entomofauna.

2.3 Formigas na restauração florestal

Os insetos constituem o maior grupo dentro do reino animal e são responsáveis pela provisão, regulação e dinâmica de diversos serviços ecossistêmicos, como a polinização de espécies de plantas que compõem a flora nativa (NORIEGA et al., 2018), além da produtividade agrícola e de subsistência, dispersão de sementes, controle biológico de pragas, manutenção da fertilidade do solo, entre outros benefícios (SCHOWALTER; NORIEGA; TSCHARNTKE, 2018; RAMOS et al., 2020). Com isso, a fragmentação de ambientes atinge diretamente suas relações, comprometendo seu estabelecimento e a provisão desses recursos para os ecossistemas (BASSET; LAMARRE, 2019).

As formigas representam o grupo de insetos mais abundante nos ecossistemas terrestres (BACCARO et al., 2015). Atualmente, estão distribuídas em 16 subfamílias, 346 gêneros e 14.173 espécies (BOLTON, 2024), e são responsáveis pela manutenção do ambiente, desempenhando papéis importantes na aeração, porosidade, ciclagem de nutrientes, disponibilização de recursos para o estabelecimento de plantas e decomposição da matéria orgânica, proporcionando assim muitos benefícios aos ecossistemas. Atuam também na polinização e na dispersão de sementes, e são importantes para o fluxo de energia e biomassa, ocasionando mudanças na composição vegetal, no solo e na disponibilidade de recursos para outros organismos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; DEL TORO et al., 2012). São insetos sociais e apresentam diversos hábitos alimentares, algumas são predadoras e apresentam uma dieta generalista se alimentando predominantemente de artrópodes vivos ou mortos, outras são detritívoras, se alimentando de produtos vegetais como néctar e sementes, e há também espécies que são especializadas e cultivam e se alimentam de fungo, assim como atuam no controle das populações de artrópodes e herbívoros (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Florestas tropicais proporcionam uma maior diversificação de sítios de nidificação e número de micro-habitats para as formigas, e por isso suportam uma diversidade maior de formigas do que florestas subtropicais e temperadas (RICHIT et al., 2021; DIAS et al., 2008). A maioria das espécies vive entre a serapilheira e o

solo (GROC et al., 2017), pois a serapilheira proporciona alimento e abrigo para a comunidade de formigas, o que influencia na estrutura de sua comunidade. Além disso, outros fatores como predação, barreira de dispersão e variações climáticas podem interferir na distribuição das espécies (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Devido à sua abundância nos ecossistemas, ampla distribuição geográfica e diversidade, são facilmente amostradas, e com isso foi possível uma melhor compreensão de sua taxonomia e ecologia (ROCHA et al., 2015). Assim, por conta de sua importância para os ecossistemas, as formigas têm sido utilizadas em estudos para avaliar os impactos ocasionados pelo desmatamento, fragmentação florestal, ocupação, entre outras perturbações antrópicas nos ecossistemas (CANTARELLI et al., 2015).

Muitos são os trabalhos que têm demonstrado a influência da heterogeneidade do ambiente e a sucessão vegetal frente às variações na composição da comunidade de formigas (vide MARINHO et al., 2002; RIBAS et al., 2012; SANABRIA et al., 2014; RIBAS et al., 2018; SOUZA-CAMPANA et al., 2016; WAZEMA et al., 2018; SOUZA-CAMPANA et al., 2019). Esses trabalhos sugerem que a riqueza de espécies de formigas está diretamente associada com a riqueza de espécies de plantas. Assim, ambientes com uma maior complexidade vegetal oferecem melhores condições para a mirmecofauna, devido à disponibilidade de locais para o estabelecimento de ninhos, forrageamento e para o suprimento de alimentos (OLIVEIRA et al., 2009; DALLE LASTE et al., 2018; AMARAL et al., 2019).

Dessa maneira, a recomposição da estrutura florestal fornece às formigas recursos alimentares e de abrigo, matéria orgânica e umidade do solo, condições essenciais no estabelecimento de comunidades locais (AMAZONAS et al., 2018), e a avaliação de formigas em ecossistemas degradados pode informar sobre a recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, atuando como bioindicadores do processo de restauração.

Áreas reflorestadas são ambientes que apresentam registros conhecidos de sua perda florestal, o que facilita a interpretação dos padrões de ocorrência das espécies de formigas para avaliar o impacto ambiental e indicar o restabelecimento da qualidade (CASIMIRO et al., 2019).

Contudo, informações relacionadas à comunidade da mirmecofauna com as práticas usuais de manejo da restauração florestal, como o controle de plantas

indesejáveis (BOSCARDIN et al., 2016), e a fertilização (TESSARO; SAMPAIO; POCOJESKI, 2017), ainda são escassas.

Dessa forma, a amostragem da mirmecofauna durante o processo de restauração pode fornecer informações sobre a integridade ecológica e o funcionamento dos ecossistemas, sendo possível avaliar o sucesso da restauração florestal e auxiliar sua manutenção no restabelecimento das relações ecológicas e no aumento da biodiversidade ainda nos anos iniciais (RAMOS et al., 2020).

OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar se diferentes manejos de plantas indesejáveis e o uso de fertilizantes, em uma área de restauração florestal inicial, afetam a mirmecofauna.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar se o manejo de plantas indesejáveis e a fertilização podem afetar a abundância e a riqueza da mirmecofauna;
- Verificar a viabilidade de uso da mirmecofauna como parâmetro secundário de mensuração do processo de restauração florestal.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

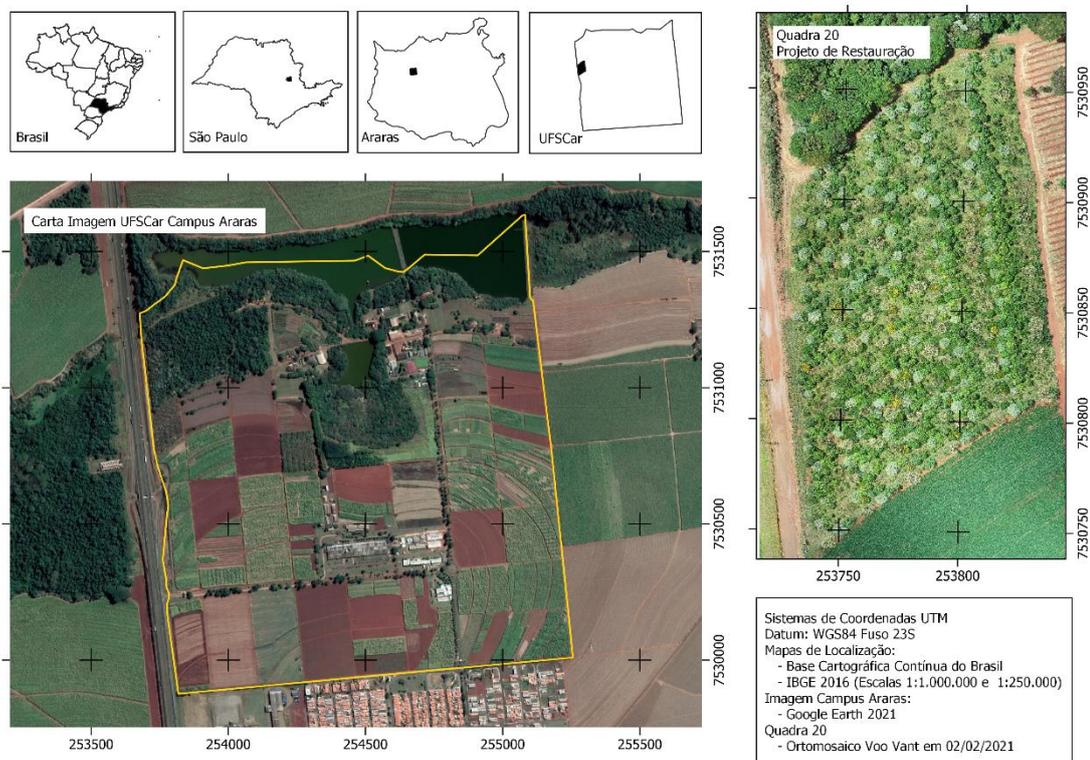
O projeto foi desenvolvido em uma área em restauração florestal localizada na Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFSCar, campus Araras (22°18' S; 47°23' O; 674 m de altitude), com aproximadamente 1,84 ha (160 x 115 m) na área utilizada para o desenvolvimento do projeto de Ornelas et al., (2022) e Providello, (2021). A região do entorno é composta por áreas de rotação de cultura de soja e milho a leste, uma área de restauração florestal ao norte; uma área de cultivo de cana-de-açúcar ao sul e a rodovia Anhanguera a oeste (Figura 1).

O local possui uma fitofisionomia classificada como Floresta Estacional Semidecidual e o solo é predominantemente Nitossolo Vermelho Distroférico latossólico, com textura argilosa (YOSHIDA; STOLF, 2016). O clima da região conta

com um regime pluviométrico de 1.300 mm, e classificação Köppen (1928), Cwa, indicando clima subtropical de inverno seco e verão quente.

A área foi utilizada para o cultivo de cana-de-açúcar e soja por décadas e nos últimos anos foi utilizada para rotação de culturas de soja e milho. Nesse período, ocorreram correções periódicas na saturação de bases do solo e fertilidade, e o último cultivo ocorreu em 2018. Após esse período, a área esteve ocupada com gramíneas invasoras, até o início da restauração florestal.

Figura 1. Carta imagem com a localização da área de estudo (2017) e ortomosaico da área restaurada (2021) na Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFSCar, Araras, SP.



Fontes: IBGE (2016); QGIS (2017); Sais (2021).

4.2 Implantação da restauração florestal

O início da restauração florestal ocorreu em março de 2019 e para o preparo da área, foi utilizado controle químico por meio da aplicação de glifosato para a remoção de plantas indesejáveis, e preparo do solo com o uso de subsoladores, grade e sulcagem.

Foram selecionadas 24 espécies arbóreas, 11 pioneiras e 11 não pioneiras, dentre as mais cultivadas na restauração da Mata Atlântica (ALMEIDA; VIANI, 2019). Na bordadura da área foram plantadas duas espécies pioneiras: *Inga marginata* Willd. e *Tabernaemontana hystrix* Steud (Tabela 1). O viveiro responsável (Camará, Ibaté-SP) forneceu 2.645 mudas em recipientes de papel degradável (Ellepot) com 160 cm³, em substrato composto de turfa canadense, casca de arroz carbonizada e vermiculita. As idades variaram entre 120 e 150 dias.

O plantio das espécies foi intercalado de forma a respeitar os diferentes grupos ecológicos, mantendo a sequência de plantio de uma planta pioneira seguida de uma não pioneira. A Tabela 1 apresenta todas as espécies utilizadas na área que foram cultivadas com espaçamento de 3 metros entre linhas e 2 metros entre colunas, onde as linhas se alternavam entre pioneiras e não pioneiras. As mudas mortas foram repostas por exemplares da mesma espécie no mês de abril de 2020, 30 dias após o plantio.

Tabela 1. Espécies arbóreas pioneiras (P) e não pioneiras (NP) utilizadas no plantio da área experimental. As duas espécies classificadas como “X” foram plantadas nas bordaduras.

Nº	Nome científico	Grupo ecológico	Nome popular
1	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	P	Angico vermelho
2	<i>Eugenia uniflora</i> L.	NP	Pitangueira
3	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	P	Tamanqueiro
4	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	NP	Pau-d'alho
5	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	P	Pau-viola
6	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	NP	Dedaleiro
7	<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	P	Algodoeiro
8	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	NP	Louro-pardo
9	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	Capixingui
10	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	NP	Jequitibá-branco
11	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S.Irwin & Barneby	P	Pau cigarra
12	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	NP	Ipê-amarelo-cascudo
13	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	P	Monjoleiro
14	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	NP	Peroba-poca
15	<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D.Penn.	P	Ingá-do-brejo
16	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	NP	Copaíba
17	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	P	Tapiá
18	<i>Phytolacca dioica</i> L.	NP	Cebolão
19	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldt1.	P	Fruto-do-sabiá
20	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	NP	Aroeira-brava
21	<i>Solanum granuloseprosum</i> Dunal	P	Fumo-bravo
22	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	NP	Guaçatonga
X	<i>Inga marginata</i> Willd.	P*	Ingá-feijão
X	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	P*	Leiteiro

X: espécies não avaliadas, apenas plantadas nas bordaduras. Os números representam a ordem de disposição da espécie nas parcelas. Fonte: Adaptado de Almeida e Viani (2019).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis parcelas principais distribuídas em 24 subparcelas experimentais, aleatorizadas, de 432 m² cada (24 x 18 m), totalizando uma área de aproximadamente 1,84 ha. O tratamento principal (parcelas principais) foi o controle intensivo de plantas indesejáveis, e o secundário, a fertilização (subparcelas).

O controle intensivo de plantas indesejáveis consistiu na aplicação de glifosato, herbicida pós-emergente e não seletivo, na entrelinha de plantio, com o coroamento manual das mudas com enxada, sendo a coroa feita com 50 cm de raio, a cada três meses. A aplicação de herbicida foi feita nos meses de julho e outubro de 2019 e janeiro, abril e julho de 2020, ou seja, a cada três meses,

sendo que as três primeiras foram feitas via trator e as duas últimas com o pulverizador costal.

O controle não intensivo foi representado pelo manejo convencional, sem uso de herbicida. Foi realizada roçada mecanizada na entrelinha e coroamento manual das mudas com enxada a cada seis meses. A roçada foi feita nos meses de julho de 2019 e janeiro e julho de 2020, sendo que as duas primeiras foram feitas com trator e roçadeira costal, e a última com roçadeira costal. O controle das plantas indesejáveis foi mantido até a área completar dois anos, representando o que convencionalmente é adotado nos plantios de restauração florestal.

A fertilização foi realizada em três momentos: uma de base, em outubro de 2019, em covetas laterais com fertilizante mineral NPK 04-14-08. Duas adubações de cobertura em janeiro e março de 2020, com fertilizante mineral NPK 10-0-20. No total, foram aplicados 60 kg de N, 80 kg de P e 60 kg de K por hectare. As quantidades de fertilizantes foram definidas com base na recomendação de fertilização de nativas do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF, 2005) e nas análises de solo químicas e granulométricas, a partir de amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm logo após o plantio das mudas.

Desse modo, os tratamentos foram: 1- controle intensivo de plantas indesejáveis com fertilização (IF); 2- controle intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização (ISF); 3- controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização (NIF); 4- controle não intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização (NISF).

4.3 Amostragem e identificação da mirmecofauna

As coletas da mirmecofauna foram feitas nos meses de julho de 2019, janeiro e julho de 2020, com um intervalo mínimo de 24 horas após o controle das plantas indesejáveis. Ocorreram, respectivamente, quatro, dez e 16 meses após o plantio, a fim de amostrar diferentes estações do ano, sendo duas coletas em período seco e uma coleta em período chuvoso.

Para a coleta das formigas foram utilizadas armadilhas do tipo *pitfall*, confeccionadas com copos plásticos de 10 x 12 cm (diâmetro x profundidade, volume de 500 ml), sendo adicionado 250 ml de uma solução de formaldeído a

4% com algumas gotas de detergente neutro em seu interior (MOMMERTZ et al., 1996). As *pitfalls* foram instaladas ao nível do solo ao longo da área, com uma distância de 24 m entre si. Para minimizar os efeitos da chuva e a queda de material orgânico no interior das armadilhas, foram utilizados quadrados de papelão de 20 x 20 cm fixados com fios de arame de 20 cm (BAKER; BARMUTA, 2006).

As armadilhas permaneceram em campo por 120 horas (MAZÓN et al., 2018) e todo o material coletado foi alocado em recipientes plásticos individualizados e etiquetados, conservados no álcool a 70% para posterior triagem e identificação (SANTOS; CABANAS; PEREIRA, 2007; SHWETA; RAJAMOHANA, 2018).

As formigas foram quantificadas e identificadas em nível categórico de gênero seguindo as chaves taxonômicas de Fernández (2003), Baccaro et al. (2015) e Delabie et al. (2015). As espécies/morfoespécies foram nomeadas de acordo com Suguituru et al. (2015) e confirmadas pelo Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê – LAMAT da Universidade de Mogi das Cruzes, UMC, Mogi das Cruzes, SP, com espécimes depositados na coleção de referência para confirmação dos táxons.

4.4 Análise dos dados

A mirmecofauna coletada foi caracterizada com base na: a) composição taxonômica; b) abundância (nº de indivíduos); e c) riqueza (nº de táxons).

Para responder se os diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis e o uso de fertilizantes afetam a abundância e a riqueza da mirmecofauna, foram somadas as coletas de *pitfall* das três épocas. Primeiramente, foi avaliada a interação entre os parâmetros “tipo de controle de plantas indesejáveis” e “uso de fertilizantes” sob ambas as variáveis.

A ANOVA foi realizada sobre os dados originais, entretanto, como estes não atenderam a suposição de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk, $p < 0,05$), foi realizada uma transformação Box-Cox nos dados de abundância ($\lambda=2$) e de riqueza ($\lambda=-1,4$). Foi adotado o nível de significância de 5%, e todas as análises foram realizadas com o uso do software R (R Core Team, 2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Padrões de riqueza e abundância das espécies de formigas coletadas

Foram amostradas um total de 6.731 formigas, distribuídas em seis subfamílias, 10 gêneros e 14 espécies/morfoespécies. As espécies mais frequentes foram *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 (56,63%), *Atta sexdens* Forel, 1908 (23,84%), *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887 (11,08%) e *Pheidole oxyops* Forel, 1908 (7,70%). Dentre elas, *D. brunneus*, *B. admotus* e *P. oxyops* foram encontradas em todos os tratamentos das três coletas (Tabela 2).

Quando analisado por coleta, tem-se a seguinte distribuição de indivíduos: primeira (período seco): 527 formigas distribuídas em seis espécies; segunda (período chuvoso): 3.746 formigas de 12 espécies/morfoespécies; terceira (período seco): 2.458 formigas de nove espécies/morfoespécies. A riqueza total foi similar entre os tratamentos: IF (n = 8), ISF (n = 9), NIF (n = 9), NISF (n = 8) (Tabela 2).

As subfamílias mais ricas e representativas durante as três coletas foram Myrmicinae, com três gêneros e cinco espécies, seguida por Ponerinae, com três gêneros e quatro espécies (Figura 2 e Tabela 2).

Figura 2. Riqueza total de espécies de formigas coletadas por subfamília na área de reflorestamento inicial. Araras, SP. IF - controle intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; ISF - controle intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização; NIF - controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; NISF - controle não intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização.

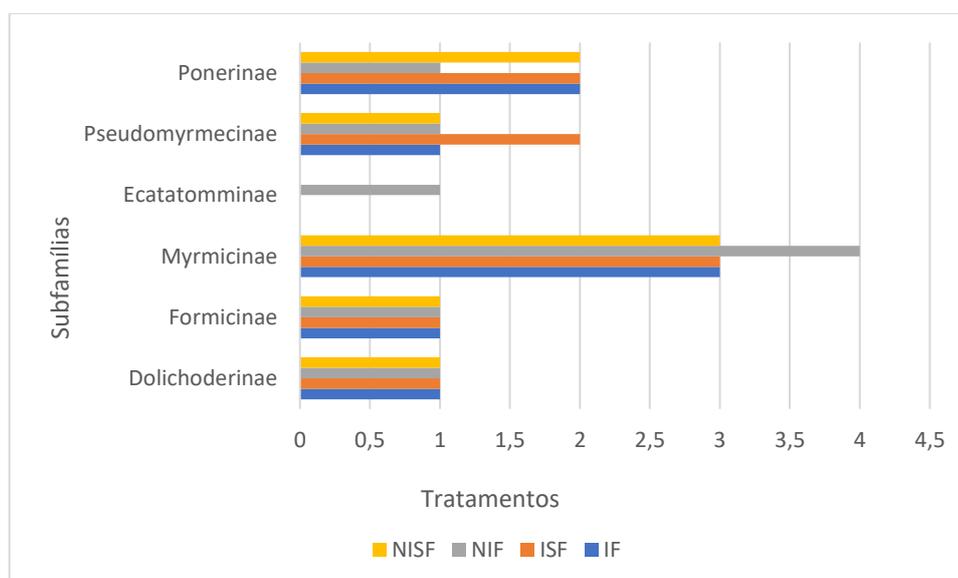


Tabela 2. Lista de ocorrência das espécies de formigas coletadas em armadilhas do tipo *pitfall* na área de reflorestamento inicial, dividido por tipo de manejo e período. Araras, SP. IF - controle intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; ISF - controle intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização; NIF - controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização; NISF - controle não intensivo de plantas indesejáveis sem fertilização. F.: Frequência (%).

Períodos		Quatro meses após o plantio				Dez meses após o plantio				Dezesseis meses após o plantio				Total	F (%)
		Coleta 1 - Período Seco				Coleta 2 - Período Chuvoso				Coleta 3 - Período Seco					
Subfamílias	Espécie/ Morfoespécie	IF	ISF	NIF	NISF	IF	ISF	NIF	NISF	IF	ISF	NIF	NISF		
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex brunneus</i>	102	96	155	72	339	393	522	531	367	505	331	399	3812	56,63
Formicinae	<i>Brachymyrmex admotus</i>	10	9	1	1	25	96	110	76	46	146	162	64	746	11,08
Myrmicinae	<i>Pheidole oxyops</i>	3	13	27	8	48	7	12	12	74	67	152	95	518	7,70
	<i>Pheidole triconstricta</i>	0	0	0	1	7	6	0	0	0	0	0	0	14	0,21
	<i>Atta sexdens</i>	2	26	0	0	21	1524	0	1	10	4	15	2	1605	23,84
	<i>Solenopsis sp.2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,01
	<i>Solenopsis saevissima</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,01
Ectatomminae	<i>Gnamptogenys continua</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,01
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	1	0	0	0	2	4	0	1	1	2	6	6	23	0,34
	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,01
Ponerinae	<i>Anochetus neglectus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0,03
	<i>Hypoponera opaciceps</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	4	0,06
	<i>Hypoponera sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,03
	<i>Odontomachus bauri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01
Abundância parcial (por tratamento)		118	144	183	82	443	2032	647	624	499	725	667	567	6731	100
Abundância total (por coleta)		527				3746				2458					
Riqueza parcial (por tratamento)		5	4	3	4	7	8	6	7	6	6	6	6		
Riqueza total (por coleta)		6				12				9					

5.2 Myrmicinae

Myrmicinae constitui uma das subfamílias mais ricas, com cerca de 147 gêneros conhecidos, sendo que por volta de 60 são encontrados no Brasil. É a subfamília mais abundante na região Neotropical (BOLTON, 2024). As espécies de Myrmicinae apresentam o mesossoma ligado ao gáster pelo pecíolo e pós-pecíolo, além de pronoto e mesonoto fundidos e as antenas têm mais de 7 segmentos (BACCARO et al., 2015). O maior número de táxons encontrado nessa subfamília pode estar relacionado com sua ampla distribuição, diversidade morfológica e comportamental, e por serem muito diversos, apresentam diferentes estratégias de reprodução, nidificação e de obtenção de alimento, além de uma variada estrutura colonial (FERNÁNDEZ, 2003). Assim, a facilidade de adaptação a diferentes condições ambientais, aos recursos disponíveis, e as condições microclimáticas e de competição, podem ter contribuído para a ampla riqueza coletada nessa subfamília, quando comparadas com as outras subfamílias coletadas.

Dentre os gêneros de Myrmicinae coletados, *Pheidole* foi o segundo mais abundante, demonstrando sua capacidade de estabelecimento em diferentes condições (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). São formigas generalistas e grande parte das espécies são dimórficas, com duas castas de operárias (PIE; TRANIELLO, 2007). Possuem uma grande diversidade de espécies conhecidas, com ampla distribuição, ocorrendo em diversos ambientes, são extremamente abundantes e, por realizarem dispersão de sementes e controle de outros artrópodes, apresentam grande importância ecológica. *Pheidole triconstricta* Forel, 1886b só não esteve presente em (NIF), porém *P. oxyops* foi coletada em todas as áreas. *P. oxyops* é reconhecida como uma espécie dominante, com grandes populações. Além disso, é onívora e com intensa atividade de forrageamento, e cujos ninhos são encontrados abaixo do solo ou sob pedras (SILVESTRE et al., 2003; WILSON, 2003).

A. sexdens, popularmente conhecida como saúva-limão, é uma espécie de formiga-cortadeira amplamente distribuída no Brasil. Apresenta alto grau de organização social com um complexo sistema de castas, cujas operárias desempenham diferentes funções, como a manutenção e defesa da colônia. São comumente vistas como pragas em diversos cultivos, no entanto sua presença pode gerar benefícios para o solo ao contribuírem com a ciclagem de nutrientes e aeração, uma vez que as câmaras subterrâneas de seus ninhos proporcionam a

entrada de oxigênio (BIEBER et al., 2013; BACCARO et al., 2015; SUGUITURU et al., 2015).

A maior abundância de *A. sexdens* foi observada no período chuvoso e no tratamento intensivo sem fertilizante (ISF), comparado às demais coletas, porém este fator pode estar relacionado com o método utilizado na amostragem das formigas, cujas coletas podem ter ocorrido próximo aos ninhos (AMAZONAS et al., 2018) ou às trilhas de forrageamento.

O gênero *Solenopsis* é composto por 191 espécies e 22 subespécies (BOLTON, 2024). Costuma ser abundante, rico e muito comum em ambientes agrícolas, nativos (DELABIE; FOWLER, 1995) ou perturbados, com influência em processos de recuperação ambiental (RAMOS et al., 2003). Porém, a ocorrência de *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) e *Solenopsis* sp.2 foi extremamente baixa, sendo que durante as três coletas só foram encontrados um indivíduo de cada espécie/morfoespécie no controle não intensivo de plantas indesejáveis com fertilização (NIF).

5.3 Ponerinae

A subfamília Ponerinae é composta por 50 gêneros e mais de 1.275 espécies (BOLTON, 2024). Morfologicamente apresentam antenas com 12 segmentos, pecíolo e gáster unidos por uma constrição entre o primeiro e segundo segmento e ferrão desenvolvido (BACCARO et al., 2015). Possuem diferentes hábitos alimentares e comportamentais, variando de predadores generalistas à especialistas extremas. São encontradas em regiões tropicais de climas diversos por todo o mundo e com grande variação de tamanho entre as espécies (SCHMIDT, 2013; LATTKE, 2015).

No entanto, a amostragem foi baixa, com a ocorrência de *Anochetus neglectus* Emery, 1894 nos dois tratamentos com controle intensivo de plantas indesejáveis (IF e ISF), e *Hypoponera opaciceps* (Mayr, 1887) nos dois tratamentos com controle não intensivo (NIF e NISF). *Hypoponera* sp. foi coletada somente no período chuvoso e *Odontomachus bauri* Emery, 1892 somente no tratamento IF (Tabela 2).

5.4 Dolichoderinae

Dolichoderinae é uma subfamília composta por 24 gêneros e é considerada uma das principais do mundo (CUEZZO, 2003). São registrados 11 gêneros na região Neotropical, sendo a maioria das espécies onívora e edáfica, com comportamento de forrageio predominantemente no solo. Os olhos geralmente estão presentes e raramente são vestigiais ou ausentes. As antenas têm de 8 a 12 segmentos. As operárias não apresentam ocelos e apresentam cintura com apenas um segmento, podendo ser reduzido ou coberto pelo primeiro segmento do gáster (BACCARO et al., 2015).

Dorymyrmex brunneus Forel, 1908 é exclusiva das Américas, ocorrendo em todo o território brasileiro. São generalistas e rápidas, forrageando isoladamente nas horas mais quentes do dia. Pode ocorrer em diferentes ambientes, sendo eles secos, perturbados e com pouca cobertura vegetal (CUEZZO; GUERRERO, 2012), ocorrendo até mesmo em áreas urbanas. A população apresenta estrutura variada e às vezes certo grau de endemismo com preferência por habitats especializados, havendo relatos de sua ocorrência em serapilheira de área de floresta ombrófila densa (BUENO et al., 2017; SUGUITURU et al., 2015), sua característica generalista foi provavelmente a razão de se tratar da espécie mais frequente em todas as coletas.

No decorrer das coletas, houve um aumento na abundância de *D. brunneus*, com o registro de 425 indivíduos na primeira coleta, 1.785 indivíduos na segunda, e 1.602 indivíduos na terceira. Apesar da terceira coleta ter sido realizada durante o período seco, é possível observar um aumento gradativo na ocorrência da espécie conforme ocorreu a recomposição florestal.

5.5 Formicinae

Brachymyrmex foi o único gênero coletado de Formicinae. É composto por 41 espécies e 17 subespécies (SUGUITURU et al., 2015). São encontradas em áreas conservadas ou antropizadas, com a ocorrência de operárias em serapilheira, no solo ou em troncos de espécies arbóreas (ORTIZ-SEPULVEDA et al., 2019). Morfologicamente, apresentam antenas com 9 segmentos, olhos desenvolvidos, mandíbulas triangulares ou subtriangulares e pecíolo coberto pelo primeiro terço do gáster (BACCARO et al., 2015). Sua ampla distribuição e forrageamento generalista torna *Brachymyrmex admotus* Mayr, 1887, uma espécie muito comum de ser

encontrada e, dessa forma, foi a segunda mais frequente (11,08%), sendo coletada em todos os tratamentos. Esta espécie possui tolerância a perturbações (QUIRÁN, 2007), característica comum nas áreas de estudo, que se encontravam em fase inicial de restauração.

5.6 Ectatomminae

A subfamília Ectatomminae é composta por quatro gêneros e 266 espécies (CAMACHO; FEITOSA, 2015), e ocorre preferencialmente em ambientes úmidos. São predadoras e generalistas, e podem nidificar no solo, na serrapilheira, em troncos em decomposição e estratos de árvores. Apresentam corpo coberto por cóstulas longitudinais, e como morfologia característica a subfamília possui o orifício da glândula metapleural na forma de fenda longitudinal (BACCARO et al., 2015).

Dessa subfamília foi coletado no tratamento NIF apenas um indivíduo do gênero *Gnamptogenys*, a espécie *Gnamptogenys continua* (Mayr, 1887). Esse gênero é conhecido como o mais rico de Ectatomminae, com cerca de 141 espécies descritas (LATTKE, 1995; PACHECO et al., 2004). São encontrados na região Neotropical, com nidificação em madeira em decomposição e ninhos pequenos com cerca de 100 a 200 operárias; geralmente são generalistas, porém algumas espécies são predadoras (BACCARO et al., 2015).

5.7 Pseudomyrmecinae

Subfamília composta por três gêneros e cerca de 200 espécies (WARD, 1990). São arborícolas e presentes em florestas tropicais e subtropicais. Como características morfológicas, possuem olhos grandes que ocupam a maior parte da cabeça, o corpo é alongado com pós-pecíolo desenvolvido, e tem a presença de ferrão que pode causar picadas doloridas. O gênero *Pseudomyrmex* é de ampla distribuição e possui associação com plantas que possuem domácias, estruturas encontradas na face inferior das folhas que servem de abrigo (WARD, 1991; DAVIDSON, 1993; BACCARO et al., 2015). Foram coletadas as espécies *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855), amostrada nos quatro tratamentos, e *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804), amostrada somente no tratamento ISF.

5.8 A intensificação da restauração florestal e a mirmecofauna

Após a transformação Box-Cox os dados de abundância apresentaram normalidade ($p = 0,99$). Assim, como a interação entre o controle de plantas indesejáveis e a fertilização foi significativa ($p < 0,05$), foi feito o desdobramento da interação, pelo teste de Tukey (Tabela 3). É possível observar que para os dados de abundância somente houve diferença significativa entre a ausência de fertilização e fertilização no controle intensivo (herbicida), com maiores valores de abundância na ausência de fertilização. Este resultado pode estar relacionado com o método de amostragem que pode superestimar a abundância das formigas se realizada próximo aos ninhos por sua distribuição agregada (AMAZONAS et al., 2018; CASIMIRO; SANSEVERO; QUEIROZ, 2019), e que em nosso estudo pode ter ocorrido também próximo a uma área de restauração mais antiga com comunidades de formigas já estabelecidas.

Tabela 3. Dados de abundância da mirmecofauna após o desdobramento da interação tipo de controle de plantas indesejáveis: intensivo (herbicida) ou não intensivo (roçada mecanizada), e a ausência ou não de fertilização. Araras-SP.

Controle de plantas invasoras	Sem fertilização (SF)	Com fertilização (F)
Intensivo (I)	11,0572 Aa	7,8764 Ab
Não intensivo (NI)	9,4477 Aa	9,9937 Aa

Teste de Tukey aplicado nas linhas (letras minúsculas) e nas colunas (letras maiúsculas).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%.

*Dados transformados pelo método de Box-Cox ($\lambda = 2$).

Após a transformação Box-Cox os dados de riqueza apresentaram normalidade ($p = 0,86$). Porém, a interação entre o controle de plantas indesejáveis e a fertilização não foi significativa ($p > 0,05$), de modo que os efeitos principais foram avaliados isoladamente. Entretanto, para os dados de riqueza, não houve diferença significativa entre os níveis de controle e nem entre os níveis de fertilização pelo teste de Tukey (Tabela 4).

Tabela 4. Dados de riqueza da mirmecofauna considerando o tipo de controle de plantas indesejáveis: intensivo (herbicida) ou não intensivo (roçada mecanizada), e a ausência ou não de fertilização. Araras-SP.

Controle de plantas invasoras	Médias
Intensivo (I)	0,6878 a
Não intensivo (NI)	0,6772 a
Fertilização	
Com fertilização (F)	0,6842 a
Sem fertilização (SF)	0,6809 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

*Dados transformados pelo método de Box-Cox ($\lambda=-1,4$).

Dessa forma, foi possível observar que o controle de plantas indesejáveis, seja com o uso de herbicidas ou por meio de roçada mecanizada, não afetou a abundância e a riqueza da mirmecofauna, diferentemente do relato por Boscardin et al (2016), o uso de herbicidas e as alterações do solo afetaram mais a composição de espécies do local, ou seja, sua abundância do que a riqueza de formigas. Watts, Thornburrow e Cave (2016) também não observaram impacto negativo do uso de herbicidas sobre invertebrados em áreas de restauração.

A diferença da riqueza total encontrada entre os períodos de coleta, revelam que na segunda coleta, realizada durante o período chuvoso e dez meses após o plantio, a riqueza foi maior, quando comparada aos demais períodos que ocorreram no período seco, demonstrando a influência da sazonalidade nas comunidades da fauna do solo, assim como constatado em outros estudos (MOÇO et al., 2005; MENEZES et al., 2009; CUNHA- NETO et al., 2012).

Com relação à aplicação ou não de fertilizantes, esperava-se que a abundância fosse maior com a fertilização, uma vez que as árvores apresentariam um maior crescimento, e conseqüentemente haveria maior cobertura de copa e melhora da qualidade do solo, propiciando condições como umidade e sombra, além de abrigo, permitindo a ocorrência de diferentes grupos de invertebrados (BASSET; LAMARRE, 2019), incluindo as formigas, porém observou-se que essa relação ainda é fraca, e alguns estudos mostram que a recomposição da fauna de solo, por exemplo, pode ocorrer de cinco a sete anos após o plantio (GOMES et al., 2014; AMAZONAS et al., 2018),

Assim, o estágio de restauração em que se encontrava a área durante as coletas pode ter influenciado no padrão de ocorrência das formigas, que como demonstrado por Vasconcelos (1999), dependendo da escala de perturbação sofrida pela área e com a recomposição da estrutura vegetal, o período para recuperação das comunidades de formigas pode levar aproximadamente 25 anos, como também demonstrado por Machado et al (2015) que avaliou a comunidade da fauna do solo em diferentes estádios sucessionais da Mata Atlântica e evidenciou maior ocorrência de formigas em Floresta em Estágio Avançado, com aproximadamente 65 anos de sucessão, quando comparado com outras áreas de Floresta em Estádio Inicial e Médio, com respectivamente, 20 e 25 anos de sucessão.

Apesar dos resultados, foi possível observar influência da recomposição da estrutura vegetal sobre as formigas e sua amostragem em áreas em estágios inicial de restauração já fornecem informações da integridade ecológica ainda nos anos iniciais e, portanto, outros estudos são necessários para investigar a dinâmica da mirmecofauna nos anos iniciais de reflorestamento.

6. CONCLUSÕES

Os resultados observados neste estudo mostram a elevada complexidade de entendimento das relações vegetação-fauna nos primeiros anos da restauração florestal, assim no controle intensivo de plantas indesejáveis a não fertilização proporcionou maiores valores de abundância da mirmecofauna. Já os diferentes manejos não influenciaram a riqueza da mirmecofauna. Pelo delineamento de coleta utilizado, a mirmecofauna não pôde ser adotada como parâmetro secundário de mensuração do sucesso da restauração florestal em áreas em estágio inicial de desenvolvimento. Destaca-se que, considerando as coletas realizadas e o período de avaliação, pesquisas futuras são necessárias para melhor avaliar a dinâmica da mirmecofauna em áreas em estágio inicial de restauração florestal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.; VIANI, R.A.G. Selection of shade trees in forest restoration plantings should not be based on crown tree architecture alone. **Restoration Ecology - The Journal of the Society for Ecological Restoration**, v. 27, n.4, p. 832–839, 2019.

- AMARAL, G. C.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 660-672, 2019.
- AMAZONAS, N.T.; VIANI, R.A.G.; REGO, M.G.A.; CAMARGO, F.F.; FUJIHARA, R.T.; VALESCHI, O.A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.78, n.3, p.449-456, 2018.
- ANDERSEN, A. N.; MAJER J. D. (2004). Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 291- 298.
- BACCARO, F.B.; FEITOSA, R.M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: INPA, 2015. 388 p.
- BAKER, S.C.; BARMUTA, L.A. Evaluating spatial autocorrelation and depletion in pitfall-trap studies of environmental gradients. **Journal of Insect Conservation**, v. 10, n. 3, p. 269-276, 2006.
- BASSET, Y.; LAMARRE, G.P.A. Toward a world that values insects. **Science**, 364, 1230-1231, 2019.
- BERTACCHI, M. I. F.; BRANCALION, P. H. S.; BRONDANI, G.; MEDEIROS, J. C.; RODRIGUES, R. R. Characterization of the micro-site conditions from restored areas with different ages. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 895-905, 2012.
- BIEBER, A.G.D.; SILVA, P.S.D.; OLIVEIRA, P.S. Attractiveness of fallen fleshy fruits to ants depends on previous handling by frugivores. *Ecoscience*, v.20, p.85-89, 2013.
- BOLTON, B. AntCat. An online catalog of the ants of the world, 2024. Disponível em: <<http://antcat.org>>. Acesso em: 27 jan.2024.
- BORGES, F.L.G. *et al.* Terrestrial invertebrates as bioindicators in restoration ecology: A global bibliometric survey. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v.125, p.e107458, 2021.
- BOSCARDIN, J.; COSTA, E.; GARLET, J.; MACHADO, L.; MACHADO, D.; PEDRON, L.; BOLZAN, L. Efeitos de diferentes tipos de controle de plantas infestantes sobre a mirmecofauna em *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 21-34, 2016.

- BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E de C.; MORINI, M. S. de C. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. **Bauru, Canal**, v. 6, 2017.
- BULLOCK, J.M. et al. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. **Trends in Ecology & Evolution**. v.26, n.10, p.541-549, 2011.
- CAMPOE, O. C.; LANNELLI, C.; STAPE, J. L.; COOK, R. L.; MENDES, J. C. T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, v. 313 n. 1 p. 233-242, 2014.
- CAMACHO, G. P.; FEITOSA, R. M. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ectatomminae. P.p. 23-32 em: DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D (eds.) 2015. As formigas poneromorfas do Brasil. Ilhéus-Bahia: Editora da UESC, 477 pp.
- CANTARELLI, E. B. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 607-616, 2015.
- CASIMIRO, M.S.; SANSEVERO, J.B.B.; QUEIROZ, J.M. What can ants tell us about ecological restoration? A global meta-analysis. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v.102, p.593-598, 2019.
- CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v.320, p.1458–1460, 2008.
- CHAZDON, R.L. Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation. Journal of Chemical Information and Modeling. The University of Chicago Press, 2014.
- CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B; MONTEIRO, L.; IRIBARREM, A.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Applied Soil Ecology**, v. 3, n. 8, p. 1701345, 2017.
- CUEZZO, F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. pp. 291-298. In: Fernández, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 398 p.
- CUEZZO, F.; GUERRERO, R. J. The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Psyche*, v. 2012, 2012.

- CUNHA NETO, F. V. et al. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1407-1417, 2012.
- DALLE LASTE, K. C.; DURIGAN, G.; ANDERSEN, A. N. Biodiversity responses to land-use and restoration in a global biodiversity hotspot: Ant communities in Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 44, n. 2, p. 313-326, 2018.
- DAVIDSON, D. W. The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. **Journal of Hymenoptera research**, v. 2, p. 13-83, 1993.
- DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D. **As Formigas Poneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015. 477 p.
- DELABIE, J.H.; FOWLER, H.G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, v.39, p.423-433, 1995.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T.M.C. **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.13-26.
- DEL TORO, I.D.; RIBBONS, R.R.; PELINI, S.L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 17, p. 133–146, 2012.
- DIAS, N. S. et al. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, p. 136-142, 2008.
- DIMSON, M.; GILLESPIE, T. W. Trends in active restoration of tropical dry forest: Methods, metrics, and outcomes. **Forest Ecology and Management**, v. 467, p. 118150, 2020.
- ELGAR, A.T.; FREEBODY, K.; POHLMAN, C. L.; SHOO, L. P.; CATTERALL, C. P. Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 200, 2014.
- FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. 398 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of the World's Forests 2018 - Forest Pathways to Sustainable Development**. Rome: FAO, 2018.

- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Informativo sobre a Mata Atlântica**. Período 2021-2022. São Paulo, 2022.
- GOMES, E. F. C.; RIBEIRO, G. T.; SILVA E SOUZA, T. M.; SOUSA-SOUTO, L. Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in three different stages of forest regeneration in a fragment of Atlantic Forest in Sergipe, Brazil. **Sociobiology**, v.61, n.3, p.250-257, 2014.
- GROC, Sarah et al. Litter-dwelling ants as bioindicators to gauge the sustainability of small arboreal monocultures embedded in the Amazonian rainforest. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 43-49, 2017.
- HOLDEFER, D. R.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Does organic management of agroecosystems contribute to the maintenance of the richness of ants? *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 38, n. 6, p. 3455-3468, 2017.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Belknap Press, Massachussets, 1990. 732p.
- IPEF, Institutos de Pesquisas e Estudos Florestais. **Recomendações de fertilização para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies nativas**. Piracicaba, 2005. Disponível em: <<https://www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp>>. Acesso em: 22. fev. 2021.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- LATTKE, J. E. Revision of the ant genus *Gnamptogenys* in the New World (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Hymenoptera Research**, v. 4, p. 137-93, 1995.
- LATTKE, John E. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil. DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D (eds.) 2015. *As formigas poneromorfas do Brasil*. Ilhéus-Bahia: Editora da UESC, p. 55-73, 2015.
- LAURENCE, W.F. et al. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas, **Nature Climate Change**, v. 489, p. 290-294, 2012.
- LIMA, R. A. F. et al. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 6347, 2020.
- MACHADO, D. L. et al. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do Sul-RJ. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 91-106, 2015.

- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002.
- MAZÓN, M.; SÁNCHEZ-ANGARITA, D. ; DÍAZ, F.A. ; GUTIÉRREZ, N. ; JAIMEZ, R. Entomofauna associated with agroforestry systems of timber species and cacao in the Southern Region of the Maracaibo Lake Basin (Mérida, Venezuela). **Insects**, v. 9, p. 1-15, 2018.
- MENEZES, C. E. G. et al. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ): Rio de Janeiro State. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1647-1656, 2009.
- MOÇO, M. K. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.
- MOMMERTZ, S.; SCHAUER, C.; KÖSTERS, N.; LANG, A.; FILSER, J. A comparison of D-Vac suction, fenced and unfenced pitfall trap sampling of epigeal arthropods in agro-ecosystems. **Annales Zoologici Fennici**, v. 33, p. 117-124, 1996.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NORIEGA, J.A.; HORTAL, J.; AZCÁRATE, F.M.; BERG, M.P.; BONADA, N.; BRIONES, M.J.I. Research trends in ecosystem services provided by insects. **Basic and Applied Ecology**, v. 26, p. 8-23, 2018.
- OLIVEIRA, M. A.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MARINHO, C. G. S.; DELABIE, J. H. C.; MORATO, E. F. Ant (Hymenoptera: Formicidae) diversity in an area of the Amazon forest in Acre, Brazil. **Sociobiology**, v. 54, n. 1, p. 243-267, 2009.
- ORNELAS, A. C. S.; PROVIDELLO, A.; SOARES, M. R.; VIANI, R. A. G. Silvicultural intensification has a limited impact on tree growth in forest restoration plantations in croplands. **Forest Ecology and Management**, v. 503, p. 119795, 2022.
- ORTIZ-SEPULVEDA, C. M. et al. Molecular and morphological recognition of species boundaries in the neglected ant genus *Brachymyrmex* (Hymenoptera: Formicidae): toward a taxonomic revision. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 19, p. 447-542, 2019.

- PACHECO, J.; MACKAY, W.; MORGAN, C. A new species of *Gnamptogenys* Roger of the *sulcata* group (Hymenoptera: Formicidae) from Bolivia. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 106, n. 2, p. 434-434, 2004.
- PALMA, A.C.; LAURANCE, S.G.W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, Uppsala, v.18, n.4 p.561-568, 2015.
- PECL, Gretta T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, p. eaai9214, 2017.
- PERRING, M. P.; STANDISH, R. J.; PRICE, J. N.; CRAIG, M. D.; ERICKSON, K. X.; RUTHROF, A. S. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. **Ecosphere**, v. 6, n. 8, p. 1-25, 2015.
- PIE, M. R.; TRANIELLO, J. F. A. Morphological evolution in a hyperdiverse clade: the ant genus *Pheidole*. **Journal of Zoology**, v. 271, n. 1, p. 99-109, 2007.
- PROVIDELLO, A. Entomofauna em áreas em estágio inicial de restauração florestal sob diferentes tipos de controle de plantas indesejáveis e uso de fertilizantes. 2021. 64f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Agricultura e Ambiente – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2021.
- QGIS Development Team. QGIS geographic information system. Open-Source Geospatial Foundation Project. Version 3.6.3 Bucharest, 2019. Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/> Acesso em: 08 nov. 2023.
- QUIRÁN, E. M. El género neotropical *Brachymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) en la Argentina. III: redescrición de las especies: *B. aphidicola* Forel, de *B. australis* Forel y *B. constrictus* Santschi. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 699-706, 2007.
- RAMOS, L.S; MARINHO C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABI, J.H.C.; SCHLINDEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v.32, n.2, p.231-237, 2003.
- RAMOS, D.L. et al. Ecosystem Services Provided by Insects in Brazil: What Do We Really Know? **Neotropical Entomology**, Londrina, v.49, n.6, p.783-794, 2020.

- RIBAS, C. R.; RABELLO, A. M.; QUEIROZ, A. C. M.; LASMAR, C. J.; DOMINGOS, D. Q.; SILVA, E. A.; CANEDO-JÚNIOR, E. O.; SCHMIDT, F. A.; CUISSI, R. G.; SOLAR, R. R. C.; FEITOSA, R. M. **Cartilha para avaliação de impactos ambientais e reabilitação de áreas degradadas baseada em comunidade de formigas e suas interações com plantas**. Lavras: Ed. UFLA, 2018.
- RIBAS, C. R.; SOLAR, R. R. C.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; VALENTIM, C. L.; SCHOEREDER, J. H. Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? **Journal of Insect Conservation**, v. 16, n. 3, p. 413-421, 2012.
- ROCHA, W. de O. et al. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. *Floresta e Ambiente*, v.22, n.1, p. 88-98, 2015.
- RICHIT, L. A; FEITOSA, R. S.; EBERHARDT, F. Forest recovery prognostics in conservation units of the Atlantic rainforest. **Ecological Informatics**, v. 61, p. 101199, 2021.
- RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, version 3.5.3 Inc., Boston: The R Foundation for Statistical Computing Platform, 2015. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.
- SANABRIA, C.; LAVELLE, P.; FONTE, S. J. Ants as indicators of soil-based ecosystem services in agroecosystems of the Colombian Llanos. **Applied Soil Ecology**, v. 84, p. 24-30, 2014.
- SANTOS, S.A.P.; CABANAS, J. E.; PEREIRA, J. A. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. **European Journal of Soil Biology**, v. 43, n. 2, p. 77-83, 2007.
- SER - Society for Ecological Restoration. **International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration**. Washington: SER, 2019. Disponível em: <www.ser.org>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- SCHOWALTER, T.D.; NORIEGA, J.A.; TSCHARNTKE. Insect effects on ecosystem services—Introduction. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v.26, p.1-7, 2018.
- SCHMIDT, C. Molecular phylogenetics of ponerine ants (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Zootaxa**, v. 3647, p. 201–250, 2013.
- SHWETA, M.; RAJAMOHANA, K. A comparison of sweep net, yellow pan trap and malaise trap for sampling parasitic Hymenoptera in a backyard habitat in Kerala, **Entomon**, v. 43, n. 1, p. 33-44, 2018.

- SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C.R.F.; SILVA, R.R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (org.) Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colômbia, 2003, 424p.
- SOUZA-CAMPANA, D. R.; CARVALHO, A. C. N.; CANALI, M.; SILVA, O. G. M.; MORINI, M. S. C.; FUJIHARA, R. T. A rapid survey of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an urban park from state of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 3, p. 682-684, 2019.
- SOUZA-CAMPANA, D. R.; SILVA, O. G. M.; MENINO, L.; MORINI, M. S. C. Epigaeic ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in urban parks located in Atlantic Forest biome. **Check List**, v. 12, n. 5, p. 1967, 2016.
- STEFFEN, W., RICHARDSON, K., ROCKSTRÖM, J., CORNELL, S.E., FETZER, I., BENNETT, E.M. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, p. 736-748, 2015.
- SUGUITURU, S. S.; MORINI, M. S. C.; FEITOSA, R. M.; SILVA, R. D. **Formigas do alto Tietê**. Bauru: Canal 6 Editora, v. 6, p. 456, 2015.
- TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; POCOJESKI, E. Myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) as a bioindicator of the quality of soils submitted to the application of pig farming wastewater. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 144-154, 2017.
- VASCONCELOS, H.L. Effects of forest disturbance on the structure of ground foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8, 409-420, 1999.
- WATTS, C., THORNBURROW, D.; CAVE, V. Responses of invertebrates to herbicide in *Salix cinerea* invaded wetlands: Restoration implications. **Ecological Management & Restoration**, Carlton, v.17, n.3, p.243-249, 2016.
- WAZEMA, C. T.; SOUZA-CAMPANA, D. R.; MORINI, M. S. C. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadoras na reserva da Kimberly-Clark. **Revista Científica UMC**, Edição Especial PIBIC, p. 1-4, 2018.
- WARD, P. S. The ant subfamily Pseudomyrmecinae (Hymenoptera: Formicidae): generic revision and relationship to other formicids. **Systematic Entomology**, v. 15, n. 4, p. 449-489, 1990.
- WARD, P. S. Phylogenetic analysis of pseudomyrmecine ants associated with domatia-bearing plants. *Ant-plant interactions*. **Oxford University Press**, Oxford, p. 335-352, 1991.

- WEIDLICH, E.W.A. et al. Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 57, p.1806-1817, 2020.
- WILSON, E. O. Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus. **Harvard University Press**, Cambridge, 2003.
- YOSHIDA, F. A.; STOLF, R. Mapeamento digital de atributos e classes de solos da UFSCar- Araras/SP. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2016.
- ZENG, Y.; GOU, M.; OUYANG, S.; CHEN, L.; FANG, X.; ZHAO, L.; LI, J.; PENG, C.; XIANG, W. The impact of secondary forest restoration on multiple ecosystem services and their trade-offs. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 248-258, 2019.

APÊNDICES

Figura 1. *Dorymyrmex brunneus*



Fonte: A autora (2022).

Figura 2. *Atta sexdens*



Fonte: A autora (2022).

Figura 3. *Pheidole oxyops*



Fonte: A autora (2022).

Figura 4. *Pseudomyrmex termitarius*



Fonte: A autora (2022).

Figura 5. *Anochetus neglectus*



Fonte: A autora (2022).

Figura 6. *Hypoponera opaciceps*



Fonte: A autora (2022).

Figura 7. *Odontomachus bauri*



Fonte: A autora (2022).