

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

"Restabelecimento e sucessão nas interações entre formigas-plantas  
extranectaríferas em uma área de cerrado no pós-fogo”.

José Henrique Pezsonia

Dissertação/Tese apresentada à Faculdade  
de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão  
Preto da Universidade de São Paulo, como  
parte das exigências para obtenção do título  
de Mestre/Doutor em Ciências, obtido no  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia – Versão corrigida.

Ribeirão Preto - SP

(2023)

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

"Restabelecimento e sucessão nas interações entre formigas-plantas  
extranectaríferas em uma área de cerrado no pós-fogo".

José Henrique Pezsonia

Dissertação/Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre/Doutor em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Entomologia - Versão corrigida.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Del Claro

Ribeirão Preto - SP

(2023)

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.

Pezzonía, José Henrique

Restabelecimento e sucessão nas interações entre formigas-plantas extranectaríferas em uma área de cerrado no pós-fogo.

Ribeirão Preto, 2023.

49 p.

Dissertação apresentada a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação. Área: Entomologia.

Orientador: Del-Claro, Kleber.

1. Nectários extraflorais. 2. Sucessão ecológica. 3. Cerrado. 4. Incêndio. 5. Formicidae.

*Observe a formiga, preguiçoso,  
reflita nos caminhos dela e seja sábio!*

*Ela não tem nem chefe, nem  
governante, e ainda assim armazena as suas provisões (...)*

*Provérbios 6: 6-11*

## RESUMO

Pezzonian, J. H. **Restabelecimento e sucessão nas interações entre formigas-plantas extranectaríferas em uma área de cerrado no pós-fogo**. Dissertação – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2023, 49 folhas.

Insetos e plantas apresentam interações ecológicas antigas e de grande importância, que vão das antagônicas como a herbivoria, às mutualistas como a dispersão de sementes e polinização. Essas interações estruturam as cadeias tróficas e redes ecológicas em quase todos os ambientes terrestres. O Cerrado possui diferentes fitofisionomias e a maior biodiversidade entre todas as savanas. Atualmente restam cerca de 8% de sua área preservada, sendo as ações antrópicas por meio do avanço da agricultura, cidades ou uso intensivo do fogo, os principais fatores de destruição desse bioma. No entanto, são poucos os estudos sobre como o restabelecimento das interações entre plantas e animais ocorrem após impactos antropogênicos neste ecossistema. Interações formigas-plantas são profícuas no Cerrado e representam um importante modelo para entendermos melhor a resiliência das interações ecológicas pós-fogo nesse ambiente. Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar as interações plantas-formigas, particularmente de plantas com nectários extraflorais em uma área de reserva de Cerrado após fogo intenso. O estudo foi desenvolvido no município de Uberlândia-MG, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU). O trabalho foi realizado em áreas de Cerrado *sensu strictu*, nas quais foram levantadas e identificadas o número de espécies de plantas extranectaríferas e formigas associadas durante o período de um ano, imediatamente pós fogo (outubro de 2021 a outubro de 2022). Os resultados mostraram que espécies arbustivas de Malpighiaceae foram as primeiras plantas a rebrotar de forma abundante no pós-fogo, destacando-se *Banisteriopsis malifolia*. Esses arbustos foram seguidos por espécies de Vochysiaceae, como *Qualea multiflora* e a Mimosaceae *Stryphnodendron polyphyllum*, que ajudaram a manter a comunidade de formigas. Em menos de seis meses 18 espécies de formigas (12 gêneros e 8 subfamílias) reestabeleceram as associações com as espécies de plantas extranectaríferas, demonstrando a resiliência das interações formigas-plantas no cerrado, mesmo com significativo impacto do fogo. Esse estudo faz parte do primeiro ano (de três previstos) de um estudo de longo prazo de acompanhamento da sucessão

ecológica nas redes ecológicas de interações formigas-plantas em uma área de cerrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** 1. Nectários extraflorais. 2. sucessão ecológica. 3. Cerrado. 4. Incêndio. 5. Formicidae.

## **ABSTRACT**

## **RESUMO**

Pezzonía, J. H. **Restoration and succession in interactions between ants-extranectariferous plants in a post-fire cerrado area.** Dissertação – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2023, 49 folhas.

Insects and plants have ancient and highly important ecological interactions, ranging from antagonistic ones such as herbivory, to mutualists such as seed dispersal and pollination. These interactions structure food chains and ecological networks in almost all terrestrial environments. The Cerrado has different vegetal physiognomies and the greatest biodiversity among all savannas. Currently, about 8% of its area remains preserved, with anthropic actions through the advancement of agriculture, cities or the intensive use of fire, the main factors of destruction of this biome. However, there are few studies discussing how the reestablishment of interactions between plants and animals occurs after anthropogenic impacts at Cerrado. Ant-plant interactions are common and abundant in the Cerrado and represent an important model to better understand the resilience of post-fire ecological interactions in this environment. Thus, the objective of this study was to evaluate plant-ant interactions, particularly of myrmecophilous plants in a Cerrado reserve area after intense fire. The study was carried out in the municipality of Uberlândia-MG, in the Private Natural Heritage Reserve (RPPN), belonging to the Itororó Hunting and Fishing Club of Uberlândia (CCPIU). The work was carried out in Cerrado sensu strictu transects, in which the number of species of extranectariferous plants and associated ants were surveyed and identified during the period of one year, immediately after the fire (October 2021 to October 2022). The results showed that shrub species of Malpighiaceae were the first plants to resprout in the post-fire at high intensity, with emphasis on *Banisteriopsis malifolia*. These bushes

were followed by Vochysiaceae trees, *Qualea multiflora* species, and Mimosaceae *Stryphnodendron polyphyllum*, which provided sustenance for the ant community. In less than six months, 18 ant species (12 genera and 8 subfamilies) reestablished associations with extranectariferous plant species, demonstrating the resilience of ant-plant interactions in the Cerrado, even with a significant impact from fire. This study is part of the first year (of three planned) of a long-term follow-up study of ecological succession in ecological networks of ant-plant interactions in an area of Cerrado.

**KEYWORDS:** 1. Extrafloral nectaries. 2. Ecological succession. 3. Cerrado. 4. Fire. 5. Formicidae.

*Dedico esse trabalho aos meus pais, Andreia e Daniel, aos meus avôs e avós  
que sempre foram exemplos para mim.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço,

a Deus em primeiro lugar, pois sem Ele eu não teria chegado até aqui;  
aos meus pais, Andreia e Daniel por todo amor e carinho durante essa trajetória,  
por nunca duvidarem da minha capacidade, amo vocês;

a minha família que sempre vibraram e torceram pelo meu sucesso e me ajudaram de alguma forma durante a minha trajetória, em especial minha avó Silvia e Cida, ao meu avô Luiz, aos meus irmãos Neto e Nando, mesmo com muita “marra” sempre acreditaram em mim, e aos meus sobrinhos Guilherme e Gustavo que são motivos de alegria e não poderia deixar de mencionar as minhas cunhadas Jennifer e Tânia, muito obrigado pela companhia e conversas;

a minha irmã de alma Isabela, que sempre acreditou em mim quando ninguém mais acreditou, chegamos onde ninguém acreditou, a minha amiga maravilhosa Dyovana, obrigado por acreditar em mim e sempre estar ao meu lado, amo vocês;

a minha família LECI, Juliele, Ruan e especialmente a minha irmã de alma e coração, Gabriela, por me aguentar e sempre apoiar os meus sonhos, lhe amo. Obrigada por não me deixarem desistir em meio às dificuldades, amo vocês;

ao meu querido amigo e coorientador Diego Anjos, que sem me conhecer me acolheu e me ensinou muito sobre a vida acadêmica, você é fera cara;

aos meus amigos que se tornaram uma família ao longo do tempo, Rodolfo, Tonhão, Diego, Abida, Gabriel V., Gabriel S., Larissa, Marina e aos demais;

ao meu querido orientador Kleber Del-Claro, por ter aceitado em me orientar sem ao menos me conhecer, acreditou em mim em todos os aspectos, se tornou um grande amigo, obrigado pelas dicas, conselhos e puxões de orelha e por todas as oportunidades que me proporcionou, o sr. é um exemplo para mim, amo a vida do sr;

a USP e ao PPG Entomologia pelo título e pela oportunidade, a UFU pelo espaço e pela estrutura oferecida;

a Renata, secretária do PPG Entomologia, obrigado pelo suporte ao longo deste estudo e pela paciência;

ao CNPq pela bolsa que possibilitou a produção dessa dissertação.

ao Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia pelo espaço na qual a pesquisa foi desenvolvida.

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
2.1 Sistema de estudo .....	16
2.2 <i>Pitfalls</i> (MIRMECOFAUNA) .....	18
2.3 Coletas manuais (INTERAÇÕES FORMIGA-PLANTA).....	19
2.4 Análises de dados .....	20
3. <b>RESULTADOS</b> .....	21
3.1 Riqueza e abundância acumulativa de Espécies.....	21
3.2 Formigas arbóreas.....	24
3.3 Formigas de solo .....	27
3.4 Redes de Interações.....	29
4. <b>DISCUSSÃO</b> .....	37
4.1 Riqueza e abundância acumulativa de Espécies.....	37
4.2 Redes de Interações.....	40
5. <b>CONCLUSÃO</b> .....	41
6. <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, ou a savana tropical brasileira, cobriu originalmente mais de 25% do território brasileiro, restando hoje menos de 8% de sua área preservada (OLIVEIRA, MARQUIS, 2002). Este bioma já ocupou cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>, uma área aproximadamente igual à da Europa Ocidental, possuindo diferentes fitofisionomias (e.x. veredas, campo sujo, cerrado, cerradão), e abrigando a maior biodiversidade entre todas as savanas da Terra (OLIVEIRA-FILHO, RATTER 2002). No entanto, a ação humana intensa, principalmente no Antropoceno e, particularmente, nos últimos 50 anos, com avanço da agricultura, cidades e uso intensivo do fogo, tem fragmentado e levado o Cerrado a condição de ecossistema ameaçado (MITTERMEIER *et al.* 1998). Nos últimos anos no Brasil, eventos de fogo em áreas de Cerrado se intensificaram enormemente produzindo um mosaico de fragmentos, com diferentes estágios sucessionais e impactos incalculáveis à sua flora e fauna (DEL-CLARO, DIRZO 2021).

O fogo é considerado um elemento de suma importância na estruturação de ambientes savânicos, visto que, pode afetar a cobertura e biomassa das espécies vegetativas do ambiente, influenciando na proporção das plantas herbáceas e lenhosas presentes (HIGGINS *et al.*, 2007). Tal distúrbio pode ocasionar danos marcantes na estrutura da vegetação e, conseqüentemente, modificar as condições ambientais (VEENENDAAL *et al.* 2018). No entanto, o fogo brando nos períodos úmidos pode contribuir benéficamente para manter os processos ecológicos, ciclagem de nutrientes e a conservação da biodiversidade (PARR, ANDERSEN, 2006). Esse fogo natural no Cerrado desempenha um papel ecológico relevante na configuração e evolução deste bioma e ainda constitui um elemento importante que mantém a diversidade das fisionomias e suas espécies vegetativas (MIRANDA *et al.*, 2009, DURIGAN, 2020). Contudo, os incêndios de origem antrópica alteram a dinâmica natural do fogo no Cerrado, frequência e intensidade, e essas mudanças afetam negativamente a biodiversidade. (LOPES, 2011, ANDRADE *et al.*, 2019).

As avaliações pós-fogo sobre a biodiversidade do Cerrado têm sido feitas, particularmente no que se refere à vegetação, buscando entender a velocidade da regeneração e intensidade da perturbação (SOARES *et al.*, 2006, ARAÚJO *et al.*, 2013, BORGES *et al.*, 2016, DURIGAN, RATTER 2016, GONÇALVES *et al.*, 2021., PORTO, 2022). No entanto, estudos recentes indicam que em interações bióticas, animais

mutualistas podem manter seu impacto positivo sobre as plantas do Cerrado às quais se associam, independentemente da ação do fogo (DEL-CLARO, MARQUIS, 2015). A manutenção dessas interações mutualistas pode conferir um ganho em valor adaptativo as plantas e conseqüentemente contribuir para robustez das redes de interações ecológicas à elas ligadas (e.x. DEL-CLARO, MARQUIS, 2015; BRONSTEIN, 2021).

As interações bióticas são o cerne da estruturação e evolução da biodiversidade e da dinâmica das comunidades naturais, uma engrenagem principal para o funcionamento dos ecossistemas (VELLEND, 2016). Além de predação, parasitismo, competição, vários serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção das comunidades naturais, como a dispersão de sementes, polinização e a ciclagem de nutrientes, são resultados de interações mutualísticas (WILSON, 2009; POTTS *et al.*, 2010). Um caso particular são as interações entre formigas e plantas.

Os estudos que envolvem interações entre formigas-plantas no Cerrado apontam que, um dos recursos alimentares mais comuns oferecidos por plantas é o néctar extrafloral, líquido açucarado produzido por glândulas especializadas conhecidas como nectários extraflorais (NEFs). Estas glândulas produzem uma substância que é rica em hidratos de carbono, como sacarose ou frutose, mas também podem apresentar compostos de lipídios, enzimas, aminoácidos, fenóis e alcaloides (BLUTHGEN *et al.*, 2006; GONZÁLEZ-TEUBER, HEIL, 2009). As plantas que possuem essas glândulas são frequentemente visitadas por formigas que em busca do néctar patrulham as plantas e, conseqüentemente, as protegem contra indivíduos antagonistas (LANGE *et al.*, 2013; DEL-CLARO *et al.*, 2018).

As formigas que são atraídas pelo néctar dos NEFs, também podem buscar outras fontes de alimentos em partes reprodutivas, como recursos florais (e.x., néctar floral e pólen) e predação de outros invertebrados, fonte de proteína, sobre as plantas (HANNA *et al.*, 2015; FUSTER *et al.*, 2020). Assim, as plantas oferecem um recurso energético valioso para as formigas (BYK AND DEL-CLARO, 2011), enquanto que as formigas retribuem com proteção às plantas através do ataque e predação de herbívoros que degradam as estruturas das plantas, e prejudicam seu sucesso reprodutivo (e.x., produção de frutos) (DEL-CLARO *et al.*, 2016; CALIXTO *et al.*, 2018). É comum que as formigas mais agressivas, quando atraídas por recursos presentes nas plantas (nectários extraflorais e domáceas), diminuam a taxa de herbivoria nas plantas, seja por predação direta, seja por interferência na atividade dos herbívoros

(RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007). Desse modo, as plantas que possuem formigas como visitantes podem apresentar maior sucesso em sua taxa de crescimento, sobrevivência e no seu sucesso reprodutivo (NASCIMENTO, DEL-CLARO, 2010, MARAZZI *et al.*, 2013).

As relações entre formigas e plantas com NEFs podem ser muito elaboradas. Por exemplo, os traços individuais das espécies vegetais extranectaríferas podem influenciar fortemente os resultados dessas interações (DÁTTILO *et al.*, 2014). Estudos recentes com nectários artificiais de melhor qualidade (mais nutritivo), demonstraram que a qualidade do recurso pode levar formigas a encontrarem e atacarem herbívoros mais rapidamente, resultando em melhor defesa para as plantas (FLORES-FLORES *et al.*, 2018; PACELHE *et al.*, 2019). Plantas portadoras de NEFs podem investir em concentrações maiores de nutrientes, como por exemplo sacarose, quando mais herbivoradas (CALIXTO *et al.*, 2020), tornando os nectários que possuem uma alta concentração de nutrientes geralmente mais disputados e dominados por formigas agressivas (DÁTTILO *et al.*, 2014). Isso faz com que as plantas sejam mais protegidas contra a ação de herbívoros, assim reduzindo os danos causados e aumentando seu sucesso reprodutivo (DEL-CLARO, *et al.*, 2016).

As interações que envolvem formigas-plantas estão sujeitas a mudanças comportamentais temporais devido aos fatores abióticos do ambiente, como por exemplo, as mudanças climáticas: padrões sazonais acentuado (estação chuvosa e seca), que mudam a abundância de insetos nestes ambientes (ABRIL OLIVEIRAS, GÓMEZ, 2010). O clima possui papel chave na distribuição das espécies (WOODWARD, 1987), os insetos, por exemplo, como outros pequenos animais ectotérmicos, são extremamente suscetíveis a mudanças abióticas do ambiente (HARVEY *et al.* 2020). O Cerrado, além de ser um ambiente sazonal, muito sujeito aos impactos antrópicos como o fogo (DURIGAN, RATTER 2016, GONÇALVES *et al.*, 2021) é um bioma onde mais de 28% das espécies vegetais possuem NEFs e associações com formigas (e.g. OLIVEIRA E LEITÃO-FILHO, 1987). Um estudo realizado por Vilela *et al.* (2018) mostrou que a mudança climática (aumento de temperatura) durante dez anos modifica diretamente a fenologia de plantas extranectaríferas no Cerrado, como, floração e rebrota entre alguns indivíduos da comunidade de Malpighiaceae, com impacto direto nas interações insetos-plantas- formigas.

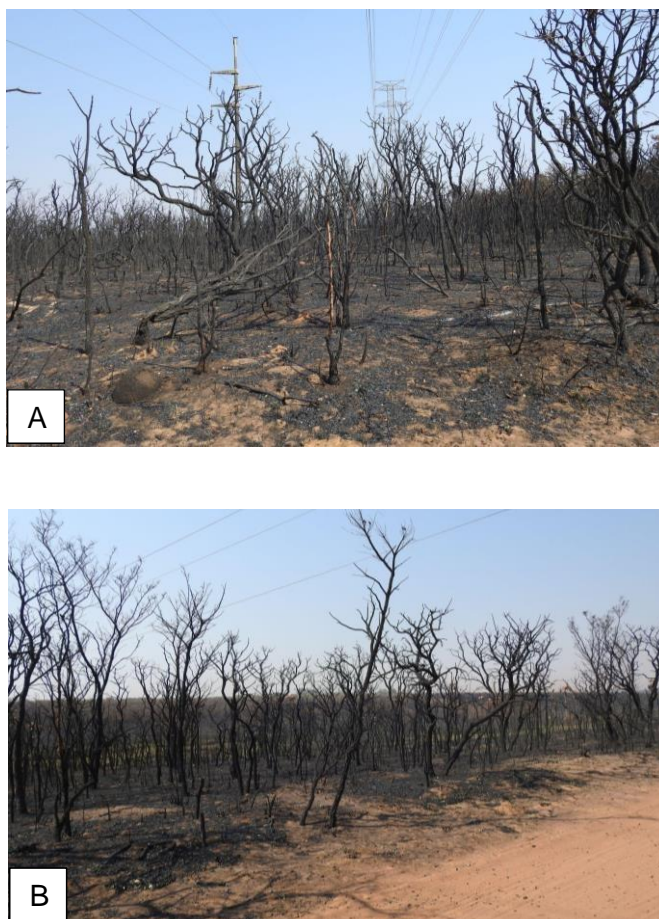
Mudanças climáticas, efeitos antrópicos, e consequentemente a atual crise global da biodiversidade (LEWIS *et al.*, 2015), tem revelado a necessidade de mais estudos sobre a função e conservação dos ecossistemas para nossa compreensão de como manter a biodiversidade. JANZEN (1974), há mais de 40 anos, nos indicou que compreender a ecologia das interações animais e plantas, deve ser um tópico destaque para as pesquisas ecológicas no século 21 (CARDINALE *et al.*, 2012; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015).

Com base no exposto, entendemos que as interações formigas-plantas extranectaríferas representam um excelente modelo para nos ajudar a melhor compreender os impactos de mudanças no habitat e efeitos antrópicos sobre a biodiversidade local e regional. Por serem comuns, relativamente de fácil observação e acompanhamento ao longo do tempo, interações formigas-plantas podem nos dar pistas da resiliência dos ecossistemas a essas mudanças, como por exemplo, da resiliência de interações bióticas à efeitos climáticos drásticos e ao fogo.

Assumindo interações formigas-plantas como modelo de estudo, esse projeto envolveu uma área de Cerrado que sofreu duas fortes geadas e posteriormente foi atingida por um incêndio de grande escala, que consumiu aproximadamente 90% da área total da reserva (Figura 1). Nossa hipótese central foi de que as interações formigas-plantas com NEFs devem estar entre as primeiras a surgir no pós-fogo (ou fortes intempéries climáticas) no cerrado, sendo importantes para a estruturação das redes tróficas que se sucederão nesse ambiente. Adicionalmente, nos propusemos a responder as seguintes perguntas: 1) Quem são as principais plantas a rebrotar e oferecer recursos (néctar extrafloral) para formigas no cerrado pós-fogo? 2) Como irão se comportar a riqueza e abundância da fauna formigas (de solo e vegetação) ao longo dos meses pós fogo? 3) Em quanto tempo, pós-fogo, essas interações se reestabelecem? 4) Em quanto tempo a rede de interações entre formigas e plantas com NEFs no cerrado amplia sua complexidade e atinge a típica estrutura (ex. aninhamento e especialização) previamente observada no cerrado para essas interações (LANGE EDEL-CLARO, 2014).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Uberlândia-MG, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU; 18° 59' S e 48° 18'W), em um período imediatamente a um grande incêndio florestal ocorrido em setembro de 2021 (Figuras 1A e 1B; Figura 2). Nesta região a sazonalidade é marcada por estação seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril (VELASQUE; DEL-CLARO, 2016) a temperatura média anualmente é de 23°C e total de pluviométrico de 1500 mm por ano (Laboratório de Climatologia, Universidade Federal de Uberlândia). A reserva abriga uma área total de 640 ha, com altitude de 863m, situada a 8 km ao sul do centro urbano e a vegetação da reserva inclui fitofisionomias de campo sujo, campo limpo, Cerrado *strictu sensu*, cerradão e veredas (Figura 2) (REU; DEL CLARO, 2005).



**Figura 1.** Área de reserva de Cerrado no pós-fogo, em setembro de 2021 (A e B). Note que as plantas ficaram completamente sem folhas, flores ou frutos.



**Figura 2.** Imagem de satélite Google Earth da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU) - MG, onde os estudos foram desenvolvidos. **FONTE:** Google Earth.

## 2.1 SISTEMA DE ESTUDO

A área de estudo foi severamente atingida por três geadas entre junho e julho de 2021, e subseqüentemente em setembro um incêndio de grandes proporções consumiu aproximadamente 90% da área total da reserva. No período imediatamente pós-fogo, em outubro foram marcados dez transectos na área de Cerrado *sensu strictu*, possuindo cada um 4 m de largura e 100 m de comprimento (Figura 3). Os transectos em paralelo espaçavam pelo menos 20 m um do outro (Figura 4). Nos transectos foram marcadas todas as plantas com NEFs, conforme rebrotavam, sendo anotadas o dia da rebrota, a espécie vegetal, a fenologia (se com gemas, folhas em expansão, presença de NEFs, botões, flores). Isso ocorreu por um mês, sendo então todas as plantas com NEFs que rebrotaram, designadas como grupo experimental. Para manter um padrão dos indivíduos florais, foram selecionadas apenas as plantas que tinham um tamanho superior a 30 cm e um diâmetro do caule igual ou superior a 0.5 cm.

Assim sendo, foram marcadas um total de 108 plantas extranectaríferas, lenhosas e arbustivas de forma aleatória, que foram rebrotando até um mês após o incêndio (Tabela 1). Essas plantas foram marcadas a fim de observar ao longo do



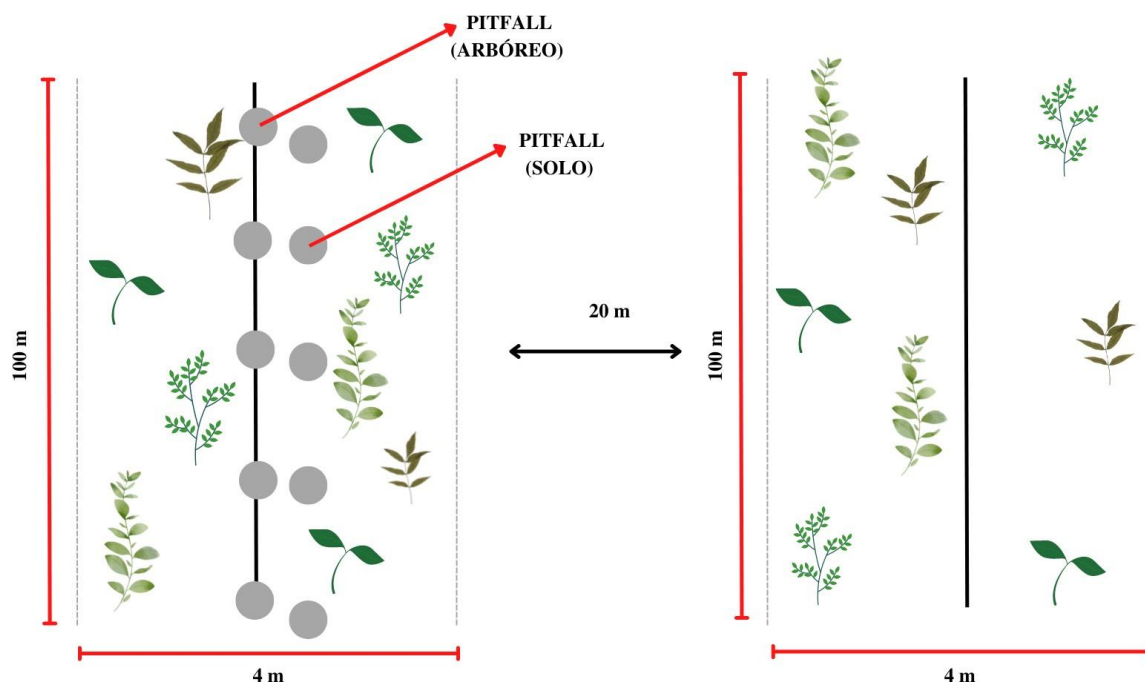
estudo como a diversidade de formigas associadas se comporta ao longo do tempo pós-fogo no cerrado.

**Tabela 1.** Espécies de plantas com NEFs que rebrotaram na área de estudo (CCPIU), atingida severamente por uma geada e posterior fogo.

<b>Espécies</b>	<b>n° dos indivíduos</b>
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart. 1982)	53
<i>Banisteriopsis campestris</i> (Juss, 1982)	1
<i>Banisteriopsis laevifolia</i> (Juss, 1982)	4
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb, 1982)	1
<i>Heteropterys pteropetala</i> (Juss, 1913)	25
<i>Peixotoa tomentosa</i> (Juss, 1882)	3
<i>Peixotoa</i> sp. 1	1
<i>Qualea</i> sp. 1	9
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> (Martius, 1876)	11



**Figura 3.** Área de estudo via satélite Google Earth onde os transectos foram marcados, representados pela cor amarela. Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU) – MG.



**Figura 4.** Esquema dos transectos e de como os *pitfalls* foram colocados dentro desses transectos.

## 2.2 PITFALLS (MIRMECOFAUNA)

Para mensurar a riqueza das espécies de formigas presentes no ambiente pós fogo foi utilizado o método com armadilhas de queda do tipo *pitfalls* (Figura 5). As coletas foram feitas nos meses pares (outubro de 2021, dezembro de 2021, fevereiro de 2022, abril de 2022, junho de 2022, agosto de 2022 e outubro de 2022). A primeira coleta ocorreu em outubro de 2021, quando as plantas ainda não apresentavam rebrota e a última em outubro de 2022, totalizando sete coletas. As armadilhas foram posicionadas no solo e nos troncos das árvores na mesma direção e com 20 m de distância um do outro seguindo em linha reta, sendo um total de dez *pitfalls* em cada transectos (cinco no solo e cinco nas árvores), os *pitfalls* arbóreos foram colocados a um metro acima do solo (Figura 5).



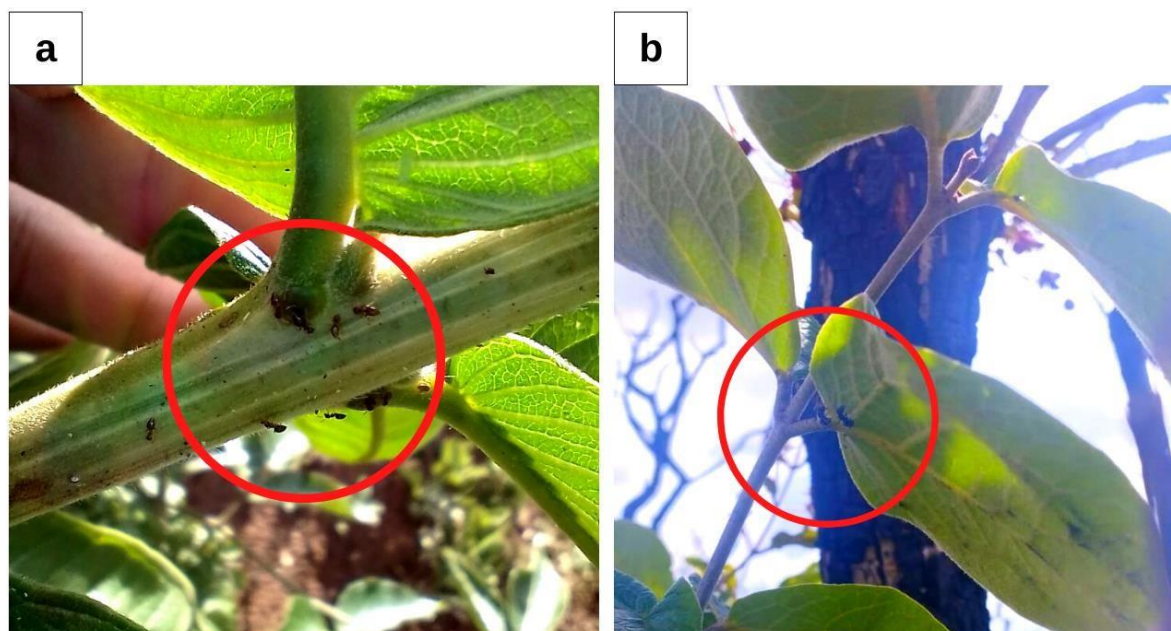
**Figura 5.** Armadilha de queda (*Pitfalls*), de solo e arborícolas posicionadas na mesma direção.

Foram utilizados copos plásticos de 500 ml como armadilhas de queda (*pitfalls*), colocamos água e detergente para preservar os indivíduos por mais tempo. Após 48 horas os *pitfalls* foram removidos e os indivíduos coletados levados para o Laboratório de Ecologia Comportamental e Interações - LECI, na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Umuarama. No laboratório foi feita a triagem do material e colocamos as formigas em álcool 95% para estudos futuros, e posterior identificação usando chave taxonômica (BACCARO *et al.*, 2015), utilizamos também sites como AntWeb e comparações com coleções identificadas por especialistas disponíveis no laboratório.

### **2.3 COLETAS MANUAIS (INTERAÇÕES FORMIGA-PLANTA)**

Além das armadilhas de *pitfalls*, realizamos coletas manuais das formigas que estavam interagindo diretamente com os NEFs ativos nas plantas marcadas (coleta ativa), as coletas foram realizadas no período da manhã entre as 07:30 as 11:30. Esta coleta se iniciou em fevereiro de 2022 e seguimos com os meses pares, sendo (fevereiro, abril, junho, agosto e outubro de 2022). Observamos quais espécies de formigas são dominantes nas plantas e a quantidade de indivíduos de cada espécie que estavam consumindo o néctar extrafloral no momento da observação (Figura 6a e 6b). Em cada planta marcada em nossos transectos, ficamos cinco minutos em frente à planta observando as formigas que estavam forrageando. Dois espécimes voucher

de cada espécie das formigas observadas foram coletados e colocados em álcool 70% e levados para o laboratório para posterior identificação, conforme descrito acima.



**Figura 6.** a) *Crematogaster* sp. consumindo néctar extrafloral de *Qualea* sp. b) *Camponotus crassus* consumindo néctar extrafloral em *Banisteriopsis malifolia*.

## 2.4 ANÁLISES DE DADOS

A partir dos dados obtidos utilizando o método de coletas de armadilha de queda *pitfalls* (coleta passiva), foi utilizada curva de rarefação (método Mao Tau) para verificar a riqueza das espécies acumuladas durante o período de coleta (outubro de 2021 a outubro de 2022). Para análise da média da abundância e riqueza de formigas em relação aos meses de coletas, usamos Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição de Poisson ou Binomial negativa quando houve superdispersão dos dados. A abundância e a riqueza de formigas foram consideradas as variáveis respostas e o mês de coleta como variável explicativa. Em seguida, fizemos teste de razão de verossimilhança “Likelihood-ratio Chisquare” usando o pacote “car” (FOX & WEISBERG, 2018) e estimamos as médias das variáveis usando o pacote “emmeans” (LENTH, 2022). Através desta análise observamos se a riqueza e abundância de formigas aumentou, diminuiu ou estabilizou-se no pós-fogo (COLWELL, R. K., 2004). Os dados obtidos utilizando o método de coletas manuais (coleta ativa), foram utilizados para compreender a estrutura da rede entre plantas e formigas. Assim, utilizamos a matriz de incidência considerando a ausência e presença de espécies de

formigas nas plantas marcadas. Usamos as matrizes para calcular as métricas descritivas para toda a estrutura da rede. Através dos dados obtidos, nós calculamos o tamanho da rede, aninhamento e especialização (DÁTTILO; RICO-GRAY, 2018). Para cada mês de coleta foi feita uma rede de interação com base nas interações entre formigas-plantas. O tamanho da rede é a soma de todas as espécies que estavam interagindo na rede. Considerando o aninhamento, em uma rede de interação aninhada, espécies com um maior número de interações (ou seja, espécies de formigas generalistas) tendem a interagir com plantas generalistas, enquanto as espécies com poucas interações (ou seja, espécies de formigas seletivas/especialistas) tendem a interagir com espécies de plantas com menor número de interações (BASCOMPTE *et al.*, 2003). Assim, os valores do aninhamento variam de 0 (não aninhado) a 100 (perfeitamente aninhado). Usamos para calcular o aninhamento a métrica WNODF (ALMEIDA-NETO *et al.*, 2008). Para medir a especialização a nível de rede, utilizamos a especialização complementar das interações (Índice  $H'_2$ ) (BLUTHGEN *et al.* 2006). Este índice mede a especialização de uma rede, assumindo que as interações raras não refletem a especialização real, e varia entre 0 (rede completamente generalista) a 1 (rede completamente especializada, sem sobreposição de interações). Para testar se os valores de aninhamento (WNODF) e especialização ( $H'_2$ ) encontrados refletem realmente valores não aleatórios, aplicamos uma abordagem de modelo nulo, na qual foi 1000 matrizes aleatórias, usando o algoritmo Patefield (PATEFIELD 1981); comparamos se o valor observado difere dos obtidos pelo modelo nulo, testando a significância do valor encontrado. Todas as análises foram feitas usando o pacote “bipartite” do software R, versão 4.2.2 (R Core Team 2022).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Riqueza e abundância acumulativa de espécies

Após um ano de coletas, foi registrado um total de 2.844 formigas pertencentes a 18 espécies, 12 gêneros e 8 subfamílias, sendo, 562 formigas nas armadilhas arbóreas (Tabela 2) e 2.262 formigas coletadas nas armadilhas de solo (Tabela 3).

**Tabela 2.** Espécies de formigas coletadas em armadilhas de *pitfalls* arbóreo na área de estudo (CCPIU), atingida severamente pelo fogo.

<b>ESTRATO</b>	<b>ESPÉCIES</b>	<b>Nº DE INDIVÍDUOS</b>
	<i>Camponotus crassus</i> (Mayr, 1862)	377
	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	55
	<i>Camponotus cingulatus</i> (Mayr, 1862)	11
	<i>Camponotus renggeri</i> (Emery, 1894)	8
	<i>Camponotus sp. 1</i>	1
	<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	20
	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	14
	<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	7
	<i>Ectatomma brunneum</i> (Smith, 1858)	2
	<i>Neoponera venerae</i> (Forel, 1922)	15
	<i>Pachycondyla striata</i> (Smith, 1858)	5
	<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	2
	<i>Atta laevigata</i> (Smith, 1858)	2
	<i>Crematogaster sp. 1</i>	19
	<i>Crematogaster sp. 2</i>	9
	<i>Pheidole sp. 1</i>	1
	<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	11
	<i>Cephalotes sp. 1</i>	3
<b>TOTAL</b>		<b>562</b>

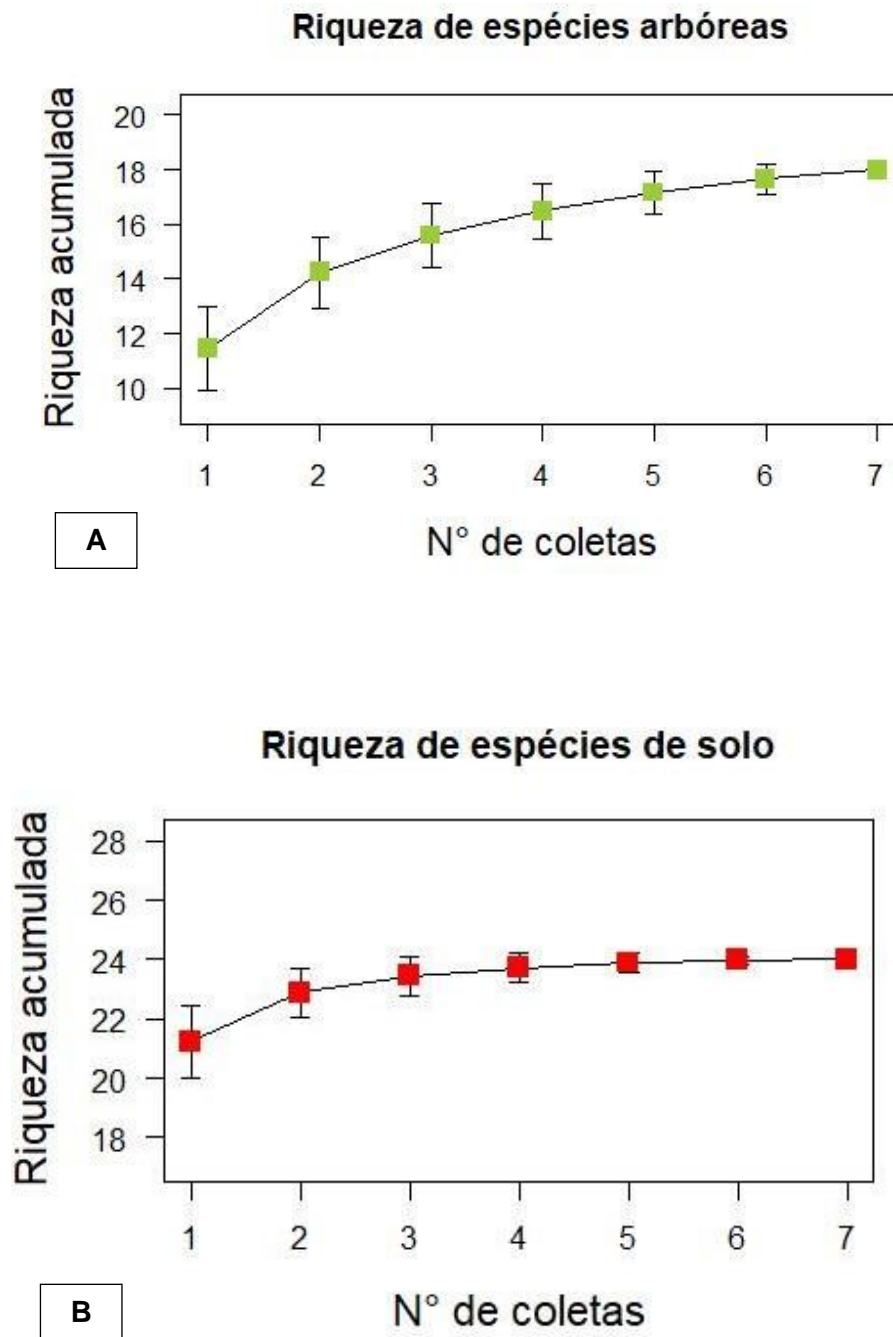
**Tabela 3.** Espécies de formigas coletadas em armadilhas de *pitfalls* solo na área de estudo (CCPIU), atingida severamente pelo fogo.

ESTRATO	ESPÉCIE	Nº DE INDIVÍDUOS
	<i>Camponotus lespesii</i> (Forel, 1886)	11
	<i>Camponotus melanoticus</i> (Emery, 1894)	53
	<i>Camponotus crassus</i> (Mayr, 1862)	111
	<i>Camponotus renggeri</i> (Emery, 1894)	49
	<i>Camponotus silvicola</i> (Forel, 1902)	32
	<i>Camponotus leydigi</i> (Forel, 1886)	9
	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	22
	<i>Camponotus cingulatus</i> (Mayr, 1862)	3
	<i>Camponotus sp. 1</i>	5
	<i>Camponotus sp.2</i>	16
	<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	40
	<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	247
	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	55
	<i>Neoponera venerae</i> (Forel, 1922)	990
	<i>Odontomachus sp. 1</i>	29
	<i>Pachycondyla striata</i> (Smith, 1858)	15
	<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	246
	<i>Atta laevigata</i> (Smith, 1858)	17
	<i>Crematogaster sp. 1</i>	223
	<i>Pheidole sp. 1</i>	2
	<i>Pogonomyrmex naegelii</i> (Forel, 1878)	44
	<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	14
	<i>Pseudomyrmex sp.2</i>	8
	<i>Tapinoma sp. 1</i>	21
<b>TOTAL</b>		<b>2.262</b>

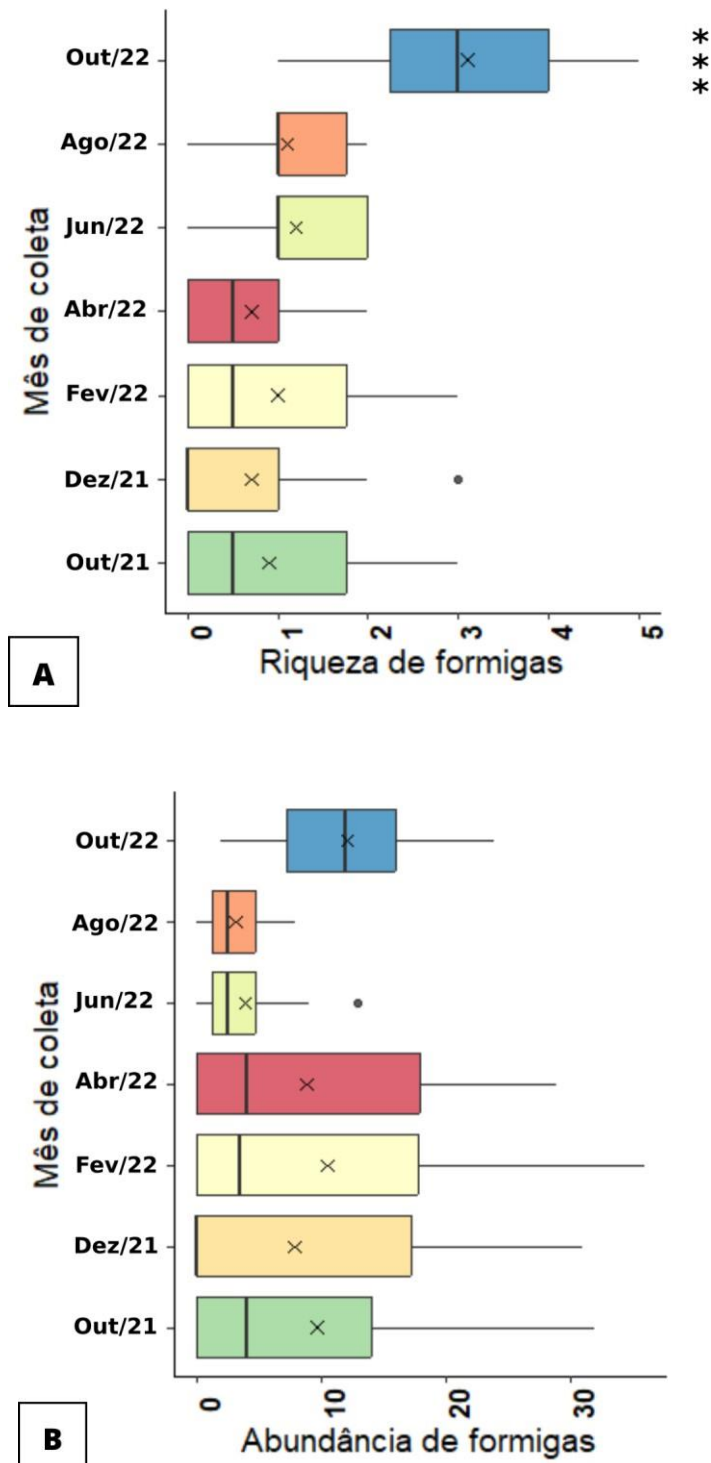
### 3.2 Formigas arbóreas

Observa-se que a curva começou a se estabilizar a partir do sexto mês de coleta, ou seja, em nossa penúltima coleta (agosto de 2022) (Figura 7A). Já os resultados coletados em armadilhas de queda do tipo *pitfalls* arbóreo mostraram que a riqueza de formigas foi significativamente maior, somente no mês de outubro de 2022 (GLM:  $\chi^2 = 26.906$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,0001$ , Figura 8A) ( $2.49 \pm 0.49$  média  $\pm$  desvio padrão), após um ano do fogo que atingiu toda a reserva. Nas coletas de *pitfalls* arbóreos os gêneros mais diversos foram *Camponotus* e *Ectatomma* (Tabela 2). Os resultados para abundância de formigas arbóreas não mostraram diferença significativa em nenhum dos meses (GLM:  $\chi^2 = 5.5676$ ;  $df = 6$   $p > 0.4733$ , Figura 8B).





**Figura 7:** Curva de rarefação para as espécies de formigas arbóreas que foram coletadas no Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia entre outubro de 2021 a outubro de 2022. Os meses de coleta foram nos meses pares e estão representados pelos números de um a sete **(A)**: Curva de rarefação para as espécies de formigas solo que foram coletadas no mesmo lugar e no mesmo período citado acima **(B)**.

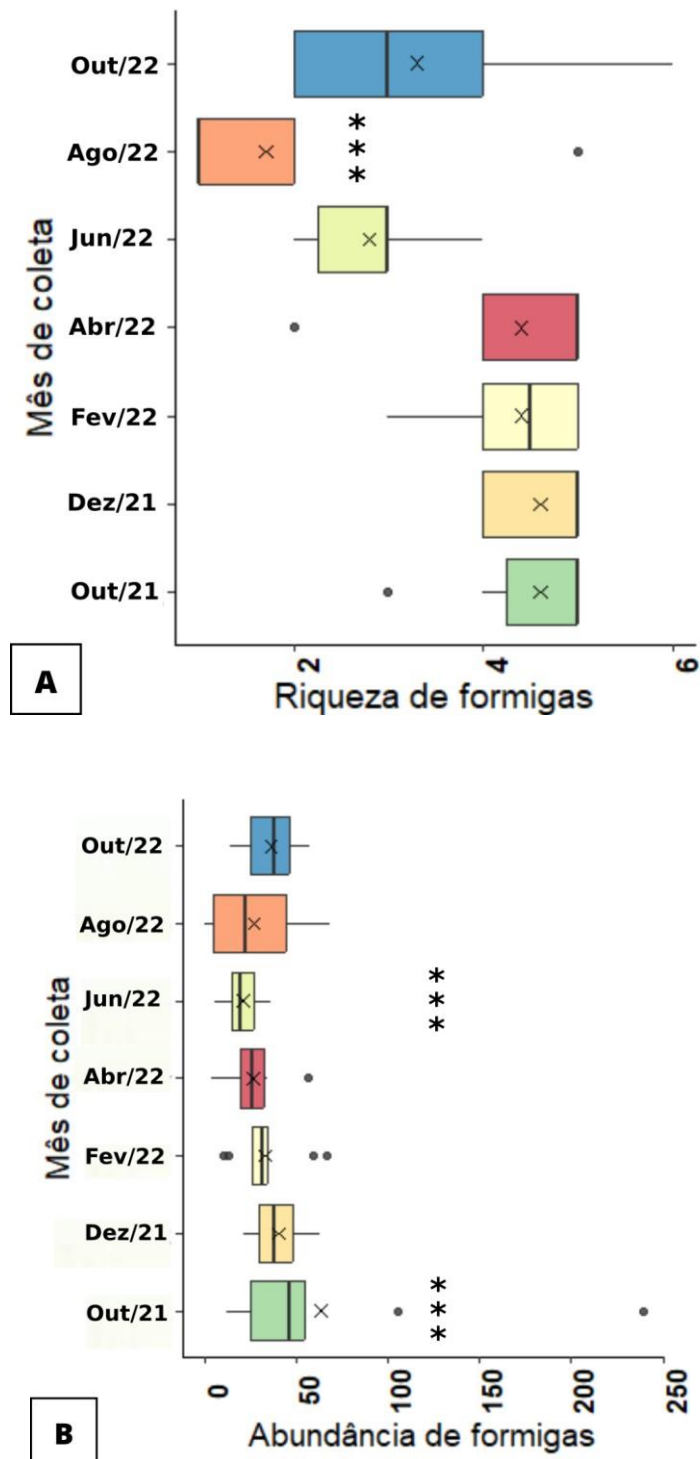


**Figura 8:** Comparação da riqueza **(A)** e abundância **(B)** das espécies de formigas que foram coletadas nas armadilhas de queda do tipo *Pitfalls* arbóreas. As barras representam os valores de mediana. O sinal **\*\*\*** representa que houve diferença significativa (Teste GLM) e os que não tem esse símbolo não houve diferença significativa.

### 3.3 Formigas de solo

Nas armadilhas de queda do tipo *pitfalls* de solo, os gêneros mais diversos foram, *Camponotus* e *Ectatomma* (Tabela 3), os resultados mostraram que a riqueza de formigas foi significativamente menor, no mês de agosto de 2022 (GLM:  $\chi^2 = 26.906$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,0001$ , Figura 9A), ( $1.7 \pm 1.25$  média  $\pm$  desvio padrão). Já para a abundância, os dados mostraram-se significativos para o mês de outubro de 2021, primeira coleta após o evento do fogo na área de estudo, e para o mês de junho de 2022 (GLM:  $\chi^2 = 19.918$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,0028$ , Figura 9B). Sendo outubro de 2021 tendo maior média de abundância ( $63.2 \pm 67.1$  média  $\pm$  desvio padrão) e o mês de junho de 2022 a menor ( $20.6 \pm 9.04$ , média  $\pm$  desvio padrão).

A curva de rarefação do solo começou a se estabilizar a partir do terceiro mês de coleta (fevereiro de 2022) (Figura 7B). A curva de solo atingiu seu número máximo de formigas praticamente quatro meses antes da curva de rarefação arbórea (Figura 7A), que demorou por volta de seis meses para atingir seu número máximo de formigas.



**Figura 9:** Comparação da riqueza **(A)** e abundância **(B)** das espécies de formigas que foram coletadas nas armadilhas de queda do tipo *pitfalls* solo. As barras representam os valores de mediana. O sinal **\*\*\*** representa que houve diferença significativa e os que não tem esse símbolo não houve diferença significativa.

### 3.4 Redes de Interações

No total, foram registradas 18 espécies de formigas, pertencentes a 8 gêneros e 6 subfamílias (Tabela 4), todas as formigas registradas estavam interagindo com os nectários extraflorais das plantas marcadas. Utilizamos índices e métricas para descrever a topologia das redes de interações, sendo elas: tamanho da rede, aninhamento (WNODF) e especialização ( $H'_2$ ).

A abundância de formigas variou de acordo com as espécies de plantas. No geral, considerando todos os meses, *Camponotus crassus*, *C. blandus* e *Ectatomma tuberculatum* foram as espécies de formigas que foram consideradas generalistas, interagindo com um maior número de espécies de plantas, sendo responsáveis por 51,8% das interações. No primeiro mês de coleta, fevereiro, (Figura 11), logo após o evento de fogo as formigas mais generalistas foram *E. tuberculatum*, *C. blandus*, *C. crassus*; no segundo mês, abril, (Figura 12) foram *C. crassus* e *E. tuberculatum*; no terceiro mês, junho, (Figura 13) foram *E. tuberculatum* e *C. crassus*; no quarto mês, agosto, (Figura 14) foram *C. blandus*, *C. crassus* e *E. tuberculatum*; já no quinto e último mês, outubro. (Figura 15) foi *C. blandus*.

Avaliamos o WNODF (aninhamento ponderado) de todas as redes (Tabela 5), a rede que mostrou maior valor de aninhamento foi abril (WNODF = 51.19, na qual *Camponotus crassus* e *Ectatomma tuberculatum* foram os indivíduos mais generalista da rede, tendo um maior número de interações com as plantas com NEFs e outubro com menor aninhamento (WNODF = 39.66), apenas *Camponotus blandus* foi a espécie que mais interagiu com as espécies de plantas.

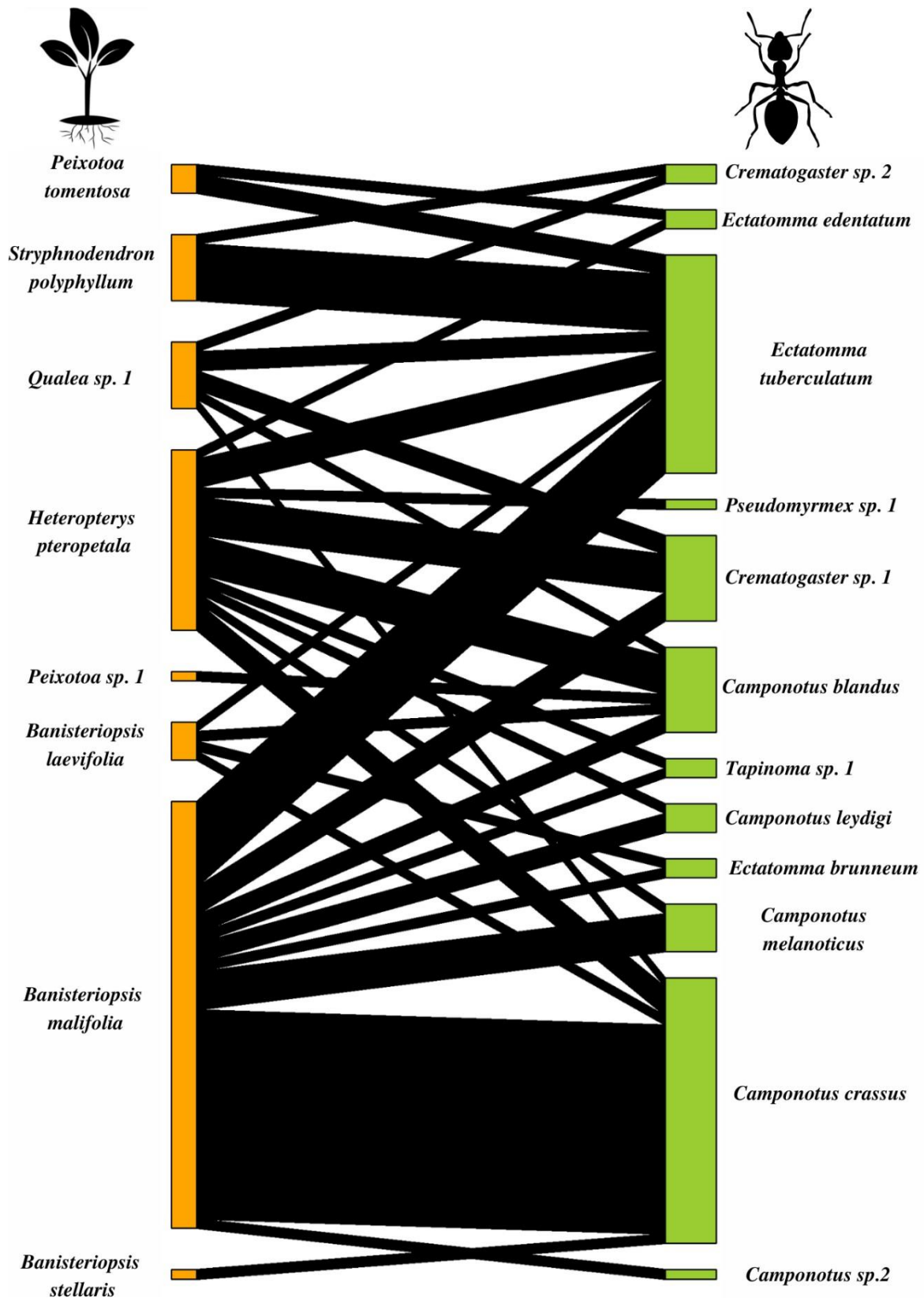
O índice de especialização da rede de fevereiro foi ( $H'_2 = 0.977$ ), a especialização de abril foi de ( $H'_2 = 0.154$ ), a especialização de junho foi ( $H'_2 = 0.253$ ), agosto foi ( $H'_2 = 0.137$ ) e outubro a especialização foi ( $H'_2 = 0.244$ ).

**Tabela 4.** Espécies de formigas que foram registradas interagindo diretamente com os nectários extraflorais durante o estudo na Reserva Natural em Uberlândia-MG

ESPÉCIES	Nº INDIVÍDUOS
<i>Camponotus crassus</i> (Mayr, 1862)	118
<i>Camponotus cingulatus</i> (Mayr, 1862)	3
<i>Camponotus melanoticus</i> (Emery, 1894)	7
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	39
<i>Camponotus leydigi</i> (Forel, 1886)	3
<i>Camponotus sp. 1</i>	2
<i>Camponotus sp.2</i>	1
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	68
<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	2
<i>Ectatomma brunneum</i> (Smith, 1858)	4
<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	3
<i>Crematogaster sp. 1</i>	14
<i>Crematogaster sp.2</i>	2
<i>Tapinoma sp. 1</i>	2
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	6
<i>Neoponera venerae</i> (Forel, 1922)	4
<i>Pachycondyla striata</i> (Smith, 1858)	1
<i>Cephalotes sp. 1</i>	3

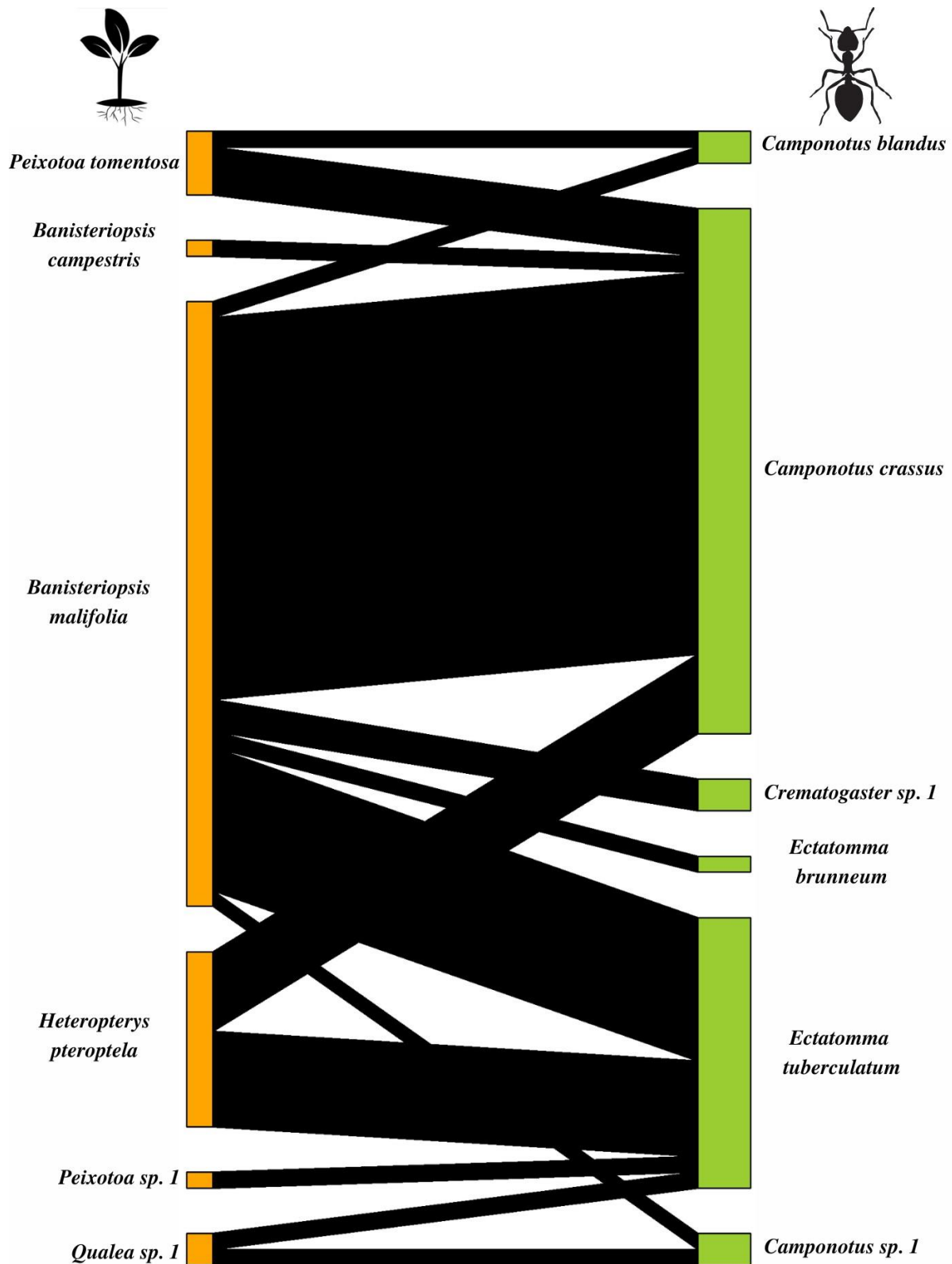
**Tabela 5.** WNODF (aninhamento) de todas as redes de interações entre formigas-plantas

<b>MÊS</b>	<b>WNODF (aninhamento)</b>	<b>H'<sub>2</sub> (especialização)</b>
Fevereiro	42.35	0.977
Abril	51.19	0.154
Junho	53.63	0.253
Agosto	52.58	0.137
Outubro	39.66	0.244

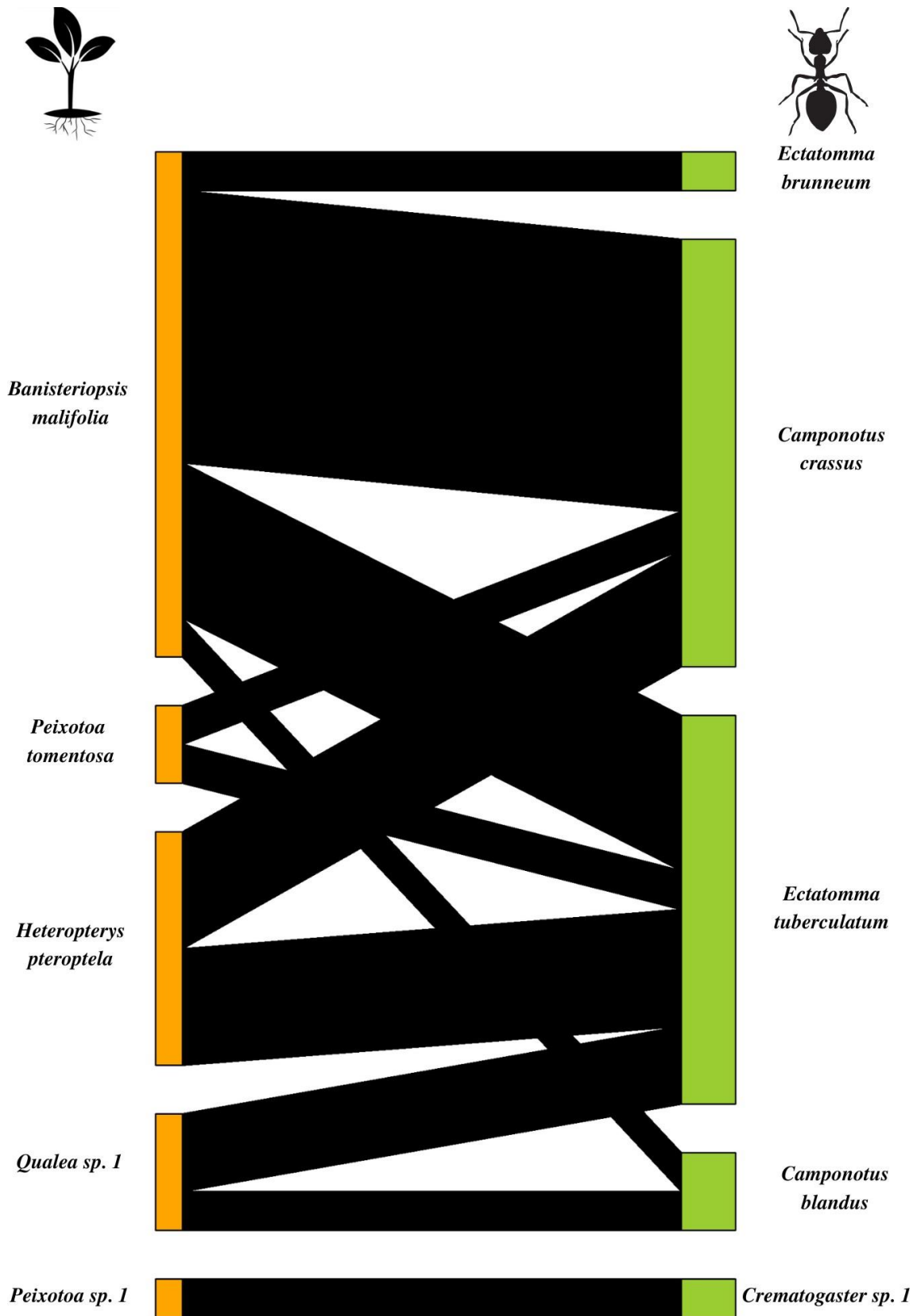


**Figura 11:** Rede de interações baseada em indivíduos amostrados em uma reserva natural em Uberlândia-MG em uma área pós- queimada, em um Cerrado envolvendo formigas-plantas em fevereiro de 2022.

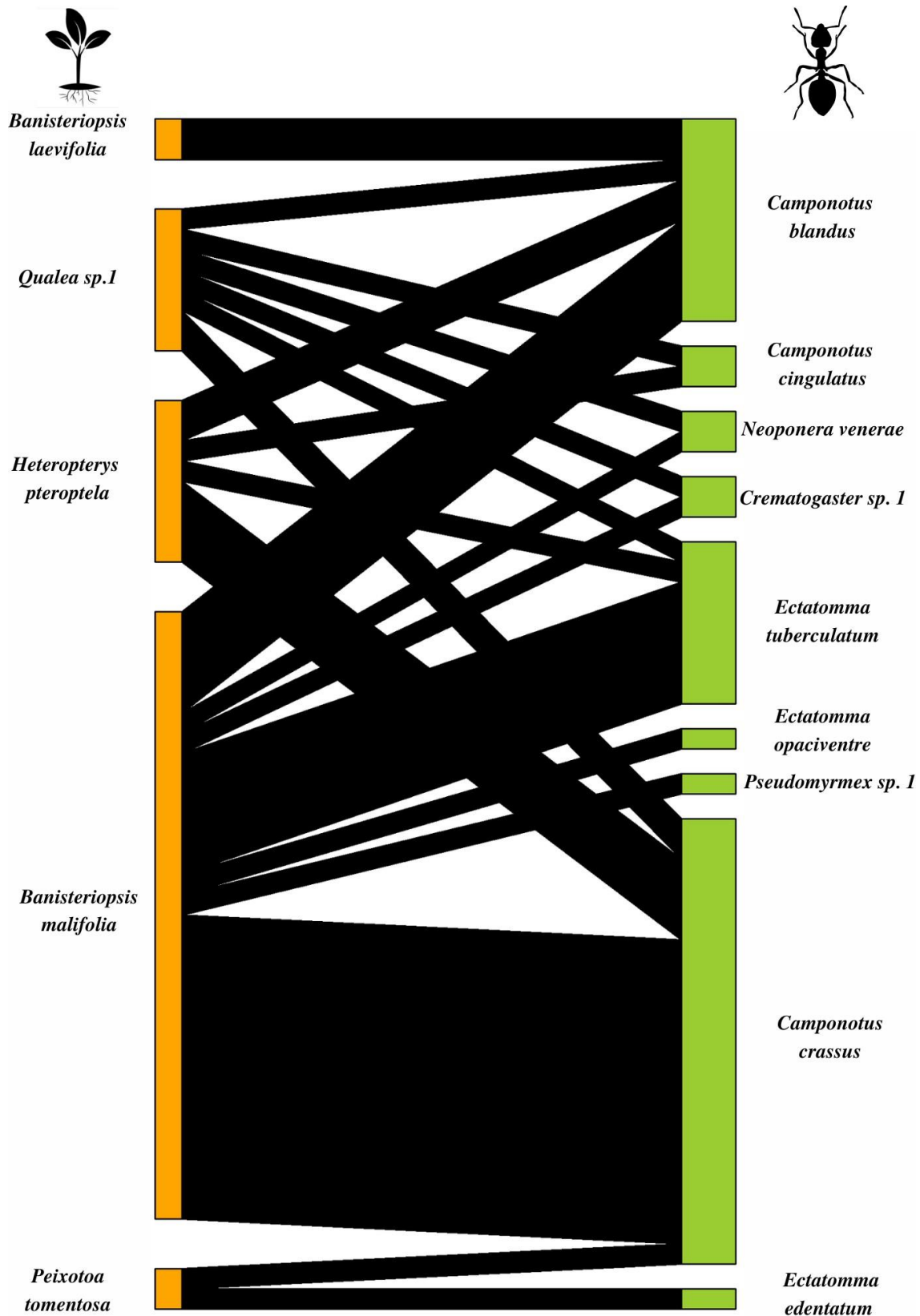




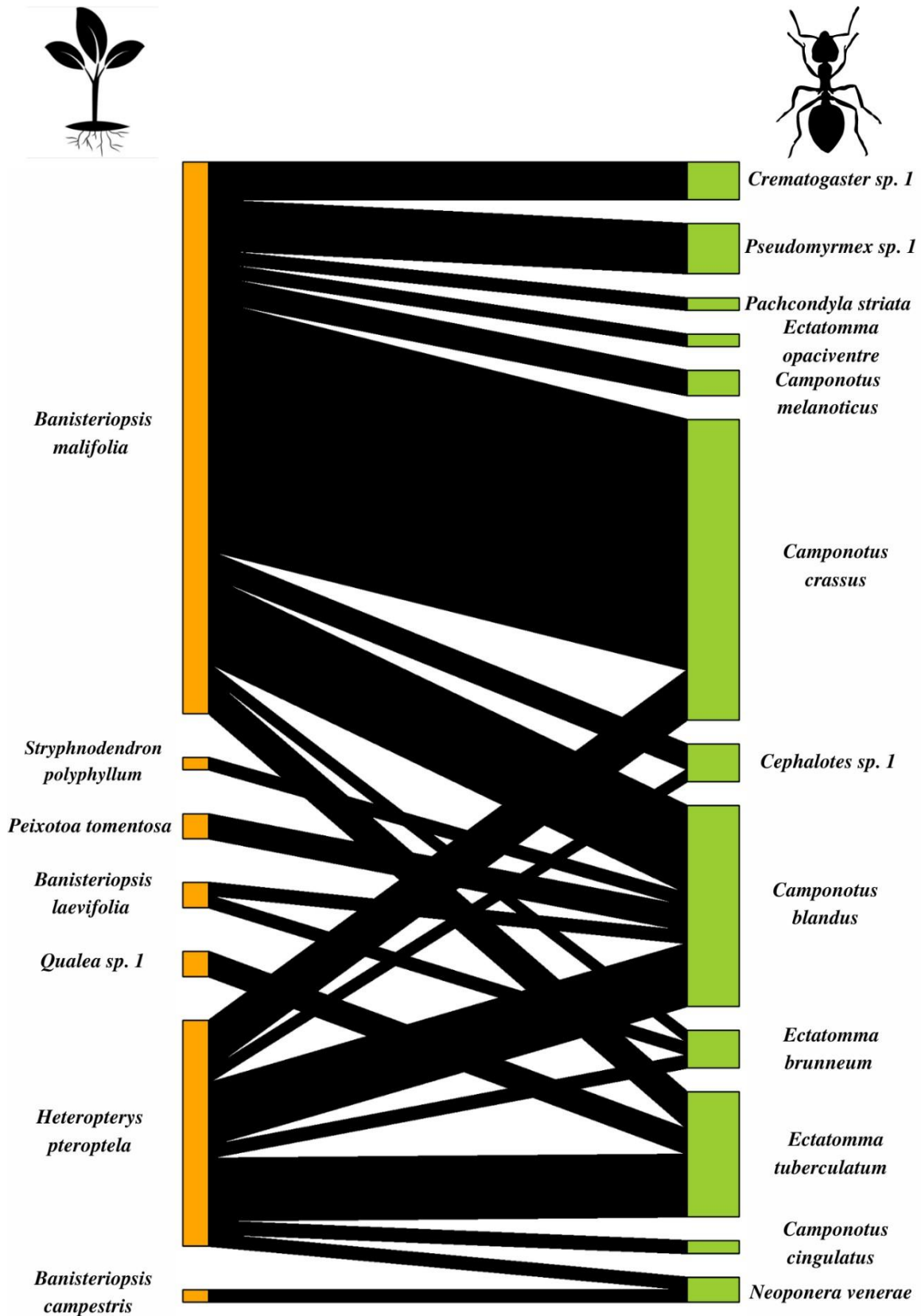
**Figura 12:** Rede de interações baseada em indivíduos amostrados em uma reserva natural em Uberlândia-MG em uma área pós- queimada, em um Cerrado envolvendo formigas-plantas em abril de 2022.



**Figura 13:** Rede de interações baseada em indivíduos amostrados em uma reserva natural em Uberlândia-MG em uma área pós- queimada, em um Cerrado envolvendo formigas-plantas em junho de 2022.



**Figura 14:** Rede de interações baseada em indivíduos amostrados em uma reserva natural em Uberlândia-MG em uma área pós- queimada, em um Cerrado envolvendo formigas-plantas em agosto de 2022.



**Figura 15:** Rede de interações baseada em indivíduos amostrados em uma reserva natural em Uberlândia-MG em uma área pós- queimada, em um Cerrado envolvendo formigas-plantas em outubro de 2022.

## 4. DISCUSSÃO

As interações entre formigas e plantas extranectaríferas no cerrado se mostram muito resilientes a ação do fogo. Confirmando nossa hipótese de que essas relações de defesa biótica estão entre as primeiras e mais abundantes interações ecológicas a emergir no cerrado pós-fogo. Após o evento do fogo, que destruiu 90% da área de estudo, as plantas lenhosas e arbóreas que já são adaptadas a eventos de fogo no cerrado rebrotaram intensamente (PORTO, 2022), e com isso as plantas que possuem NEFs, com destaque às Malpighiaceae, Vochysiaceae e Leguminosae, forneceram alimento (néctar) que atraiu e restabeleceu a abundância e riqueza da comunidade de formigas no cerrado.

O impacto do fogo na comunidade de formigas arbórea parece ser maior do que na comunidade de formigas de solo, como os resultados mostraram (Figura 7A e Figura 7B). Sugerimos que devido a localização de ninhos de muitas espécies serem abaixo do solo (BYK, DEL-CLARO, 2011) onde a intensidade do fogo é menor, essas espécies puderam superar melhor as adversidades trazidas por esse distúrbio. Enquanto que as formigas arbóreas parecem ter sido muito mais prejudicadas quando o fogo é de alta intensidade e acaba destruindo os troncos lenhosos das árvores onde muitas nidificam (POWELL *et al.*, 2011; MOTTLL *et al.*, 2020). Um exemplo claro do efeito maléfico do fogo nas formigas arborícolas dessa área de cerrado, pode ser notado com o gênero *Cephalotes*. Antes comum nessa área de Cerrado (DEL-CLARO *et al.*, 1996; KORNDORFER, DEL-CLARO., 2006), as espécies de *Cephalotes* praticamente desapareceram da área no pós-fogo. Nem mesmo após um ano, elas se mostraram presentes de forma significativa nas redes ecológicas de interações (Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15).

### 4.1 Riqueza e abundância acumulativa de Espécies

Para o bioma cerrado e sua diversidade de flora, o fogo pode ter um efeito limitado tendo um grande impacto no processo evolutivo para as espécies, desta forma, esperávamos que após o evento do fogo a comunidade de formigas de solo se recuperassem rápido, corroborando com estudos anteriores que apontam as formigas como resistentes e resilientes ao fogo (FRIZZO *et al.* 2012; FAGUNDES *et al.* 2018). No entanto, se tratando da comunidade de formigas arborícolas as consequências do

fogo podem ser diferentes quando comparado a fauna terrestre, por exemplo, uma das consequências do fogo é a destruição dos troncos das árvores, o que levaria a destruição dos ninhos de formigas presentes no mesmo (MARAVALHAS, 2014). Os autores MORAIS & BENSON, (1988) mostram que às formigas arborícolas tendem a ser mais afetadas pelo fogo quando nidificam seus ninhos em galhos pouco espesso e pequenos que são facilmente destruídos pelo fogo.

A abundância de formigas coletadas em solo no nosso estudo foi de 2.282 (Tabela. 3) e arbóreo foi de 562 indivíduos (Tabela. 2), sendo assim, nossa hipótese é de que a intensidade do fogo que atingiu a nossa área de estudo em 2021, afetou mais formigas arbóreas comparado a de solo. Este resultado pode ser corroborado quando comparada a riqueza de formigas terrestres e arbóreas, enquanto a curva de acumulação mostra que a riqueza de formigas foi inicialmente baixa em estrato arbóreo subsequentemente ao fogo e foi aumentando progressivamente ao longo do tempo (Figura 7A). No estrato terrestre, a riqueza de formigas apesar de mais baixa no primeiro mês de coleta, a partir dos meses seguintes foram altas e constantes (Figura 7B).

Um dos gêneros de formigas mais encontrados em nossos *Pitfalls* foram *Camponotus*, tal gênero possui diversas espécies que nidificam o solo e forrageiam muito em vegetações (BYK, DEL-CLARO, 2011; ANJOS, 2017a). A espécie *C. crassus*, por exemplo, foi a espécie mais abundante do nosso estudo (Tabela 2 e 3), esta é uma espécie considerada dominante no cerrado, com destaque devido ao seu comportamento extremamente agressivo contra insetos herbívoros (LANGE & DEL CLARO, 2014; LANGE *et al.* 2019), o que pode explicar sua presença entre as espécies de formigas que fazem parte do núcleo generalista das redes, ou seja, espécies com maior número de interações (Figuras 11, 12 e 13), em conjunto com outras espécies que tem papel marcante nas interações entre formigas e plantas com NEFs do Cerrado como *C. blandus* e *E. tuberculatum*.

O gênero *Cephalotes* possui espécies abundantes em árvores e nidificam troncos de árvores (POWELL, 2008), foi um dos gêneros arbóreos menos encontrados em nossas coletas, embora anteriormente relatado como importante na área (SOUZA *et al.* 2015). Estudos anteriores também mostraram que, *Cephalotes*, teve uma diminuição de indivíduos nos primeiros meses de estudos, corroborando com estudos que mostram espécies arborícolas sendo afetadas pelo fogo no cerrado (ANJOS *et al.*, 2017a). O que nos alerta para um possível perigo na manutenção e recuperação de

espécies arborícolas do cerrado frente aos eventos de fogo que tem ocorrido de forma mais forte e frequente. Sendo assim, esperamos monitorar por mais dois anos nossa área de estudo, considerando principalmente a riqueza e abundância de formigas arbóreas com intuito de entender como o fogo tem afetado a comunidade de formigas deste local.

O fogo quando em baixa intensidade possui efeitos positivos para as comunidades de formigas do Cerrado, podendo acelerar a rebrota das plantas que oferecem recursos alimentares para formigas (PORTO, 2022). Contudo, o fogo sobre cerrado sendo de intensidade baixa ou alta, destrói os recursos alimentares dessas formigas, como por exemplos plantas portadoras de nectários extraflorais (VASCONCELOS, *et al.*, 2009), desse modo, mesmo que seja em um período a curto prazo a tendência é que essas formigas busquem alimento fora da sua área de forrageio (ANDERSEN, 1885; ANDERSEN, 2000). Apesar disso, estudos anteriores demonstram que é esperado um resultado positivo para as comunidades de formigas pós-fogo (FRIZZO, 2012; ANJOS, 2017a), pois os recursos alimentares essenciais como os nectários extraflorais aumentam pós-fogo (ALVES-SILVA, 2013; FAGUNDES, *et al.*, 2015), esse aumento de recurso pode atrair um grande número de formigas que, ocasionalmente, acabam forrageando as espécies de plantas que possuem nectários extraflorais e impedindo a ação de insetos antagonistas (ex. herbívoros).

Observou-se também uma mudança muito grande na abundância de indivíduos que foram coletados em nossas armadilhas de queda tipo *pitfalls*. Em nosso estudo, o número de formigas coletadas em solo foi de 2.282 e arbóreo foi de 562. A hipótese de que, com a intensidade do fogo que atingiu a área de estudo em 2021, as formigas arbóreas foram mais afetadas devido a nidificação de ninhos em troncos de árvores. Em trabalhos anteriores, pesquisadores também registraram a diminuição na riqueza de formigas arbóreas devido a distúrbios (ex. fogo) (MARAVALHAS, 2014). Como citado acima, um dos gêneros de formigas mais encontrados em nossos *pitfalls* foram *Camponotus sp.*, espécies que nidificam no solo e forrageiam muito em vegetações (BYK, DEL-CLARO, 2011; ANJOS, 2017a). É provável que com a destruição de ninhos, esse gênero teve que forragear muito longe de seus locais de origem para encontrar recursos para manter sua colônia. Esperamos que ao longo do nosso estudo por mais dois anos na área, a riqueza e abundância de formigas arbóreas e de solo sereintegrem mesmo o fogo afetando diretamente as comunidades de formigas

arborícolas que tendem a ser mais expostas ao calor do fogo (CAMPOS, 2007; ANJOS, 2015).

## 4.2 Redes de interações

Todas as formigas registradas estavam interagindo diretamente com os nectários extraflorais. Neste estudo foi feita a coleta dos dados durante um ano, e os resultados de rede de interações entre formigas-plantas extranectaríferas resultaram em cinco redes, uma por mês. Todas as cinco redes mostraram-se aninhadas. Pesquisadores que estudaram redes de interações formigas-plantas extranectaríferas, também tiveram resultados de aninhamento similares (LANGE, 2014), considerando inclusive outros tipos de interação formiga-planta (ANJOS *et al.*, 2019). O presente estudo mostrou dois gêneros de formiga que foram consideradas generalista em nossas redes, *Camponotus* e *Ectatomma*. Um estudo publicado por Dáttilo *et al* 2014, mostrou que em comunidades de formigas que forrageiam plantas extranectaríferas no bioma cerrado também obtiveram formigas generalista na qual a rede se mostrou aninhada. Um dos fatores que podem influenciar em uma rede ser aninhada são as características das formigas (e.g. abundantes, agressivas), como, por exemplo, formigas do gênero *Camponotus* que são abundantes e muito agressivas em plantas com nectários extraflorais, impedindo a ação de herbívoros sobre a planta (LANGE, DEL CLARO, 2014) e também as características das plantas, por exemplo, aquelas portadoras de recursos (e.g. domáceas, nectário extrafloral) (SANTOS, 2020).

Os resultados mostraram que a rede mais especializada foi a do mês de fevereiro ( $H'_2 = 0.977$ . Figura 10), esse mês foi o primeiro a ser realizada a busca ativa, na qual as plantas marcadas estavam rebrotando e tendo nectários ativos. PORTO (2022) mostrou que o pós-fogo no Cerrado acelerou a rebrota das plantas com NEFs atraindo formigas que se mostraram eficientes na remoção de herbívoros. A presença de plantas com recursos durante os primeiros meses pós-fogo pode explicar a maior especialização da rede resultante da primeira coleta. Em nossas redes de interação, a especialização ( $H'$ ) apesar de alta em fevereiro, nos meses de coleta posteriores mostrou-se baixa, apontando um padrão baixo de interações. Alguns estudos anteriores mostram também um padrão baixo de especialização encontrado em outras redes formigas-plantas (DÁTILLO *et al.*, 2016; ALVES-SILVA, 2020). As redes dos



meses seguintes, após fevereiro, tiveram o resultado de especialização, sendo, junho ( $H'_2 = 0.253$ ), outubro ( $H'_2 = 0.244$ ), abril ( $H'_2 = 0.154$ ) e agosto ( $H'_2 = 0.137$ ).

Pode-se observar que, em quase todas as redes (e. g. Figura 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14), a espessura das linhas que ligam as formigas com as plantas nectaríferas são bem largas quando envolvem as formigas do gênero *Camponotus*, por serem muito abundantes no cerrado (ANJOS, 2017b; LANGE *et al.* 2019), e, foi uma das mais generalistas neste estudo. Essa ligação forte com quase todas as espécies de plantas selecionadas, fortalecendo a interação deste gênero com as plantas onde forrageiam a maior parte do tempo (BYK, DEL-CLARO, 2011). Espécies de *Camponotus* são resistentes ao fogo e têm aumentado em abundância em áreas sob efeito do fogo (FRIZZO *et al.* 2011; ALVES-SILVA & DEL-CLARO, 2013). Um exemplo da importância de espécies desse gênero para plantas do cerrado pode ser encontrado em um estudo realizado por Calixto *et al.* (2021b), os autores investigaram o comportamento predatório da espécie *C. crassus* e mostrou a mesma sendo eficiente na remoção de cupins em cinco espécies de plantas simpátricas e com NEFs. Durante nosso estudo, notamos que a complexidade de nossas redes de interações formigas-plantas aumentou com o tempo, se mostrando resiliente contra distúrbios (ex. fogo), tendo um crescimento na riqueza de espécies que foram interagindo com as plantas e se reintegrando com o passar do tempo. Em suma, nossos resultados corroboram com estudos que mostram como a comunidade de formiga de solo são impactadas positivamente perante ao fogo, apesar do resultado não ser o mesmo para formigas arbóreas.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou impactos negativos e positivos do fogo nas redes de interações entre formigas-planta extranectaríferas no bioma cerrado. Podemos observar que, o fogo é um distúrbio comum no cerrado, quando em alta intensidade acaba danificando ou até mesmo destruindo por completo os ninhos de formigas arborícolas, comprometendo sua riqueza e abundância neste bioma. Já os ninhos de formigas de solo, são mais resilientes em relação ao fogo, sua riqueza e abundância foi relevante logo após o fogo, o que permitiu o forrageio de formiga sem grande intensidade no solo e nas plantas. Com o crescimento dos distúrbios antropogênicos, como o fogo, estudos como este que avaliam o efeito do fogo na comunidade de

formigas podem colaborar para nosso melhor entendimento do impacto do fogo nas relações bióticas animais-plantas. Assim sendo, foi proposta a continuidade desse estudo por mais dois anos na mesma área, com as mesmas plantas para testar qual será o aninhamento e especialização desta rede ao longo de três anos, a fim de investigar com maior complexidade como as espécies de formigas interagem com essas plantas. Além de prevenir a diminuição de espécies arbóreas que, quando ausentes, podem comprometer a estrutura e dinâmica da comunidade de rede.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRIL, S., OLIVEIRAS, J., GÓMEZ, C. (2010). Effect of temperature on the development and survival of the Argentine ant, *Linepithema humile*. **Journal of Insect Science**, 1–13. <https://doi.org/10.1673/031.010.9701>

ALMEIDA-NETO, M., GUIMARÃES, P., GUIMARÃES JR., P.R., LOYOLA, R.D., ULRICH, W., (2008). A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117, 1227–1239.

ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. (2013). Effect of post-fire resprouting on leaf fluctuating asymmetry, extrafloral nectar quality, and ant–plant–herbivore interactions. *Naturwissenschaften* 2013, 100, 525–532.

ALVES-SILVA, E., ANJOS, D., BÄCHTOLD, A., LANGE, D., MARUYAMA, P. K., DEL-CLARO, K., & MODY, K. (2020). To what extent is clearcutting vegetation detrimental to the interactions between ants and Bignoniaceae in a Brazilian savanna? **Journal of insect conservation**, 24(1), 103-114.

ANDERSEN, A.N.; YEN, L. (1885). Immediate effects of fire on ants in the semi-arid mallee region of northwestern Victoria. *Aust. J. Ecol.* 1985, 10, 25–30.

ANDERSEN, A.N.; MULLER, W.J. (2000). Arthropod responses to experimental fire regimes in a Australia tropical savana: Ordinal-level analysis. *Austral Ecol.* 2000, 25, 199–209.

ANDRADE, J. F., BATISTA, J. C., PEREIRA, H. S., FERNANDES, G. W. & SANTOS, J. C. (2019). Fire mediated herbivory and plant defense of a neotropical shrub. **Arthropod-Plant Interactions** 13:489–498. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-018-9657-2>

ANJOS, D.V.; CAMPOS, R.B.F.; RIBEIRO, S.P. (2015). Temporal turnover of species maintains ant diversity but transforms species assemblage. **Sociobiology** 2015, 62, 389–395.

ANJOS, D., CAMPOS, R., CAMPOS, R., & RIBEIRO, S. (2017a). Monitoring effect of fire on ant assemblages in brazilian rupestrian grasslands: Contrasting effects on ground and arboreal fauna. *Insects*, 8(3), 64.

ANJOS, D.V., CASERIO, B., REZENDE, F.T., RIBEIRO, S.P., DEL-CLARO, K., FAGUNDES, R. (2017b). Extrafloral-nectaries and interspecific aggressiveness regulate day/night turnover of ant species foraging for nectar on *Bionia coriacea*. *Austral Ecol* 42:317–328. <https://doi.org/10.1111/aec.12446>

ANJOS, D. V., LUNA, P., BORGES, C. C. R., DÁTILLO, W., & DEL-CLARO, K. (2019). Structural changes over time in individual-based networks involving a harvester ant, seeds, and invertebrates. **Ecological Entomology**. doi:10.1111/een.12764

ARAÚJO, G. M., AMARAL, A. F., BRUNA, E. M., VASCONCELOS, H. L., (2013), Fire drives the reproductive responses of herbaceous plants in a Neotropical swamp. **Plant Ecology** 214:1479–1484. doi: 10.1007/s11258-013-0268-9.

BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIAN, C. J., & OLESEN, J. M. (2003). *A montagem aninhada de redes mutualísticas planta-animal*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100(16), 9383–9387. doi:10.1073/pnas.1633576100

BACCARO, F. B. *et al.* (2015). Guia para os gêneros de formigas do Brasil (p. 388p). Editora INPA. <https://doi.org/10.5281/zenodo.32912>

BORGES, S. L., FLOY, L., SCHIMID, I. B., *et al.* (2016), Fire Management in Veredas (Palm Swamps): New Perspectives on Traditional Farming Systems in Jalapão, Brazil. *Ambiente; Sociedade* 19:269–294. doi: 10.1590/1809-88 4422ASOC20150020R1V1932016.

BLUTHGEN N. *et al* (2006) Measuring "specialisation" in species interaction networks. *BMC Ecol.* 6, 1.

BRONSTEIN, J. L. The gift that keeps on Giving: Why does biological diversity accumulate around mutualism? In: *Plant-animal interactions*. Springer, Cham, 2021. p. 283-306.

BYK, J.; DEL-CLARO, K. (2011) Ant-plant interaction in the Neotropical Savanna: Direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. *Popul. Ecol.* 2011, 53, 327–332.0

CALIXTO, E.S., LANGE, D., DEL-CLARO, K. (2018). Protection mutualism: an overview of ant-plant interactions mediated by extrafloral nectaries. **Oecologia Australis**, 22: 410-425. doi: 10.4257/oeco.2018.2204.05.

CALIXTO, E. S., *et al.* (2020). Climate seasonality drives ant–plant–herbivore interactions via plant phenology in an extrafloral nectary-bearing plant Community. **Journal of Ecology**. 2021; 109:167–178. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13492/v1/review2>

CALIXTO, E. S.; LANGE, D.; MOREIRA, X. & DEL-CLARO, K. (2021a). Plant species specificity of ant–plant mutualistic interactions: Differential predation of termites by *Camponotus crassus* on five species of extrafloral nectaries plants. **Biotropica**, 53(5), 1406–1414. doi:10.1111/btp.12991

CALIXTO, E. S.; LANGE, D.; MOREIRA, X. & DEL-CLARO, K. (2021b). Plant species specificity of ant– plant mutualistic interactions: Differential predation of termites by

Camponotus crassus on five species of extrafloral nectaries plants. **Biotropica**, 53(5), 1406– 1414. doi:10.1111/btp.12991

CAMPOS, R.B.F.; SCHOEREDER, J.H.; SPEBER, C.F. (2007). Small-scale patch dynamics after disturbance in litter ant communities. *Basic. Appl. Ecol.* 2007, 8, 36–43.

CARDINALE B. J., DUFFY J. J., GONZALEZ A. *et al.* (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature** 486:59–67.

COLWELL, R.K., MAO, C.X., CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 2004, 85, 2717–2727.

DÁTTILO, W., DÍAZ-CASTELAZO, C., RICO-GRAY, V. (2014). Ant dominance hierarchy determines the nested pattern in ant–plant networks. *Biological Journal of the Linnean Society*, 113(2), 405-414. DOI: <https://doi.org/10.1111/bij.12350>

DÁTTILO, W., RICO-GRAY, V. (2018). *Ecological Networks in the Tropics: an Integrative Overview of Species Interactions from Some of the Most Species-Rich Habitats on Earth.* Springer.

DÁTTILO, W., LARA-RODRÍGUEZ, N., JORDANO, P. *et al.* (2016). Unravelling Darwin's entangled bank: architecture and robustness of mutualistic networks with multiple interaction types. *Proc R Soc B Biol Sci* 283:1–9

DEL-CLARO K., DIRZO R. (2021). Impacts of Anthropocene Defaunation on Plant-Animal Interactions. In: Del-Claro K., Torezan-Silingardi H.M. (eds) *Plant-Animal Interactions.* Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66877-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66877-8_13). PP333-345.

DEL-CLARO, K.; MARQUIS, ROBERT J. Ant Species Identity has a Greater Effect than Fire on the Outcome of an Ant Protection System in Brazilian Cerrado. **Biotropica** (Lawrence, KS), v. 47, p. n/a-n/a, 2015.

DEL-CLARO, K. *et al.* (2016). Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. **Insectes Sociaux**, 63(2), 207- 221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>

DEL-CLARO K., LANGE D., TOREZAN-SILINGARDI H. M. *et al.* (2018). The complex ant–plant relationship within tropical ecological networks. In: *Ecological networks in the tropics.* Springer, Cham, pp 59–71

DEL-CLARO K, BERTO V, RÉU W (1996) Herbivore deterrence by visiting ants increases fruit-set in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. *J trop ecol* 12:887–892

DURIGAN, G. (2020). Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora* 268:151612 1-5. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>

DURIGAN, G., RATTER, J. A., (2016). The need for a consistent fire policy for Cerrado

conservation. *Journal of Applied Ecology* 53:11–15. doi: 10.1111/1365-2664.12559.

FAGUNDES, R., LANGE, D., ANJOS, D. V., DE LIMA, F. P., NAHAS, L., CORRO, E. J., SILVA, P. B. G., DEL-CLARO, K., RIBEIRO, S. P., DÁTILLO, W. (2018). Limited effects of fire disturbances on the species diversity and structure of ant-plant interaction networks in Brazilian Cerrado. *Acta Oecol* 93:65–73. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.11.001>

FLORES-FLORES, R. V., AGUIRRE, A., ANJOS, D. V., NEVES, F. S., CAMPOS, R. I., & DÁTILLO, W. (2018). Food source quality and ant dominance hierarchy influence the outcomes of ant-plant interactions in an arid environment. *Acta Oecologica*, 87, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.02.004>

FOX, J., & WEISBERG, S. (2018). *An R companion to applied regression*. Sage Publications.

FUSTER, F., KAISER-BUNBURY, C. N., TRAVESET, A. (2020). Pollination effectiveness of specialist and opportunistic nectar feeders influenced by invasive alien ants in the Seychelles. *American Journal of Botany*, 107: 957-969. doi: 10.1002/ajb2.1499.

FRIZZO, T.L.M.; BONIZÁRIO, C.; BORGES, M.P. & VASCONCELOS, H.L. (2011) Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. *Oecologia Australis*, 15: 365-379.

FRIZZO, T.L.M.; CAMPOS, R.I.; VASCONCELOS, H.L. (2012) Contrasting effects of fire on arboreal and ground-dwelling ant communities of a Neotropical savanna. *Biotropica* 2012, 44, 254–261.

GONÇALVES, R. V. S., *et al.* (2021). Changes in the Cerrado vegetation structure: insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecol.* 21(1): 55-64.

GONZÁLEZ-TEUBER, M., HEIL, M. (2009). Nectar chemistry is tailored for both attraction of mutualists and protection from exploiters. *Plant Signal Behav* 4:809–813. doi:10.4161/psb.4.9.9393

HANNA, C., NAUGHTON, I., BOSER, C., ALARCÓN, R., HUNG, K.J., HOLWAY, D. (2015). Floral visitation by the Argentine ant reduces bee visitation and plant seed set. *Ecology*, 96: 222-230. doi: 10.1890/14-0542.1.

HARVEY, J. A., HEINEN, R., GOLS, R., & THAKUR, M. P. (2020). Climate change- mediated temperature extremes and insects: from outbreaks to breakdowns. *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.15377

HIGGINS, S., *et al.* (2007). Effects of four decades of fire manipulation on woody vegetation structure in savanna. *Ecology*. 88. (5):1119–1125. <https://doi.org/10.1890/06-1664>.

JANZEN, D. H., (1974). The deflowering of Central America. *Nat Hist* 83:48–53

- KORNDÖRFER, A.P., DEL-CLARO, K. (2006). Ant defense versus induced defense in *Lafoensia pacari* (Lythraceae), a myrmecophilous tree of the Brazilian cerrado. **Biotropica** 38(6):786–788
- LANGE D., DÁTILLO W., DEL-CLARO, K. (2013). Influence of extrafloral nectary phenology on ant–plant mutualistic networks in a neotropical savanna. *Ecol. Entomol.* 463–469.
- LANGE, D., DEL-CLARO, K. (2014). Ant-Plant Interaction in a Tropical Savanna: May the Network Structure Vary over Time and Influence on the Outcomes of Associations? *PLoS ONE* 9(8): e105574. doi:10.1371/journal.pone.0105574
- LANGE, D., CALIXTO, E. S., ROSA, B. B., SALES, T. A., & DEL-CLARO, K. (2019). Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History*, 53(27-28), 1737–1749. doi:10.1080/00222933.2019.1660430
- LENTH, R. V. 2022. Emmeans: Estimated Marginal Means, Aka Least-Squares Means. Retrieved from: <https://github.com/rvlenth/emmeans>
- LEWIS, S.L., EDWARDS, D.P., GALBRAITH, D. R. (2015). Increasing human dominance of tropical forests. **Science** 349:827–832
- LOPES, C. T.; VASCONCELOS, H. L. 2011. Fire increases insect herbivory in a neotropical savanna. **Biotropica** 43(5):612–618. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00757.x>.
- MARAVALHAS, J.; VASCONCELOS, H.L. (2014). Revisiting the pyrodiversity-biodiversity hypothesis: Long term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. *J. Appl. Ecol.* 2014, 51, 1–8.
- MARAZZI, B., BRONSTEIN, J. L., KOPTUR, S. (2013). The diversity, ecology and evolution of extrafloral nectaries: current perspectives and future challenges. *Ann Bot* 111:1243–1250
- MITTERMEIER, RUSSELL A., NORMAN MYERS, JORGEN B. THOMSEN, GUSTAVO A. B. DA FONSECA, AND SILVIO OLIVIERI. “Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities.” *Conservation Biology* 12, no. 3 (1998): 516–20. <http://www.jstor.org/stable/2387233>
- MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; NETO W.N.; AIRES, F.S. (2009) Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: *Tropical fire ecology*. Springer Praxis Books. Springer, Berlin, Heidelberg. 427-450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_15)
- MOTTL, O., YOMBAI, J., FAYLE, T.M., NOVOTNÝ, V., KLIMES, P. (2020). Experiments with artificial nests provide evidence for ant community stratification and nest site limitation in a tropical forest. **Biotropica** 52:277–287. <https://doi.org/10.1111/btp.12684>

MORAIS, H. C. & BENSON, W. W. (1988). Recolonização de vegetação de cerrado após queimados, por formigas arborícolas. *Revista Brasileira de biologia*, 48, 459–466

NASCIMENTO, E.A.; DEL-CLARO, K. (2010). Ant visitation to extrafloral nectaries decreases herbivory and increases fruit set in *Chamaecrista debilis* (Fabaceae) in a Neotropical savanna. *Flora*, v. 205, p. 754-756, 2010.

OLIVEIRA, PAULO S., AND ROBERT J. MARQUIS, eds. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, 2002.  
<https://doi.org/10.7312/oliv12042>.

OLIVEIRA-FILHO, ARY T., AND JAMES A. RATTER. “Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome.” In *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, edited by Paulo S. Oliveira and Robert J. Marquis, 91–120. Columbia University Press, 2002. <http://www.jstor.org/stable/10.7312/oliv12042.9>

OLIVEIRA, P. S.; LEITÃO-FILHO, H.F. Extrafloral nectaries: Their taxonomic distribution and abundance in the woody flora of Cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica*, v. 19, n. 2, p. 140-148, 1987.

PACELHE, E.T., COSTA, F.V., BRONSTEIN, J., MELLO, M.A.R., NEVES, F.S. 2019. Nectar quality affects ant aggressiveness and biotic defense provided to plants *Biotropica*, pp. 1-9.

PARR, C. L. & ANDERSEN, A. N. (2006). Patch mosaic burning for biodiversity conservation: a critique of the pyrodiversity paradigm. *Conservation Biology* 20 (6):1610–1619.  
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00492.x>

PATEFIELD W. M. (1981) Algorithm AS 159: an efficient method of generating random R× C tables with given row and column totals. *J. Roy. Stat. Soc.: Ser. C (Appl. Stat.)* 30, 91–7.

POTTS, S. G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O., & KUNIN, W. E. (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345-353

PORTO, G. F. O efeito do fogo e geadas no Cerrado sobre o mutualismo entre a planta extranectarífera *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl. (Ochnaceae) e formigas. (2022). 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.340>

POWELL, S. Ecological specialization and the evolution of a specialized caste in *Cephalotes* ants. *Funct. Ecol.* (2008), 22, 902–911.

POWELL, S., COSTA, A.N., LOPES, C.T., VASCONCELOS, H.L. (2011). Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *J Anim Ecol* 80:352–360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01779.x>

- REU, W.F & DEL-CLARO, K. (2005). Natural History and Biology of *Chlamisus minax* Lacordaire (Chrysomelidae: Chlamisinae). *Neotrop. Entomol.*, 34: 357-36
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. (2007). The ecology and evolution of ant-plant interactions. The University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- R CORE TEAM (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- SANTOS, D. F. B. Formigas visitantes de nectários pericarpais de Rubiaceae: impactos de uma relação mutualística. 2020, 41p. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.
- SOARES, J. J.; SOUZA, M. H. A. O.; LIMA, M. I. S. Twenty years of post-fire plant succession in a Cerrado. São Carlos, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** [online]. 2006, v. 66, n. 2b [Accessed 18 September 2021] , pp. 587-602. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000400003>
- SOUZA, R. F., ANJOS, D. V., CARVALHO, R., & DEL-CLARO, K. (2015). Availability of food and nesting-sites as regulatory mechanisms for the recovery of ant diversity after fire disturbance. **Sociobiology**, 62(1), 1–9. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v62i1.1-9>
- VALIENTE-BANUET, A.; AIZEN, M. A.; ALCÁNTARA, J. M. *et al.* (2015). Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Funct Ecol* 29:299–307.
- VASCONCELOS, H.L.; PACHECO, R.; SILVA, R.C.; VASCONCELOS, P.B.; LOPES, C.T.; COSTA, N.A.; BRUNA, E.M. (2009) Dynamics of the leaf litter arthropod fauna following fire in a Neotropical Woodland Savanna. *PLoS ONE* 2009, 4, 1–9.
- VELASQUE, M.; DEL-CLARO, K. (2016). Host plant phenology may determine the abundance of an ecosystem engineering herbivore in a tropical savanna. **Ecological Entomology**, 41, 421–430. <https://doi.org/10.1111/een.12317>.
- VELLEND, M. (2016). The theory of ecological communities. Princeton University Press, Princeton.
- VEENENDAAL, E. M.; TORELLO-RAVENTOS, M.; MIRANDA, H. S.; SATO, N. M.; OLIVERAS, I.; LANGEVELDE, F. V.; ASNER, G. P.; LLOYD, J.; (2018). On the relationship between fire regime and vegetation structure in the tropics. *New Phytologist*:153–166. <https://doi.org/10.1111/nph.14940>.
- VILELA, A. A., *et al.* (2018). Climate changes affecting biotic interactions, phenology, and reproductive success in a savanna community over a 10-year period. *Arthropod-Plant Interactions*, 12(2), 215–227. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9572-y>
- WILSON, G. W. T.; RICE, C. W.; RILLIG, M. C. (2009). Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. **Springer**. 12.452-461.



WOODWARD, F.I. (1987). *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, Cambridge.