

TAMIRES DE LIMA SOUZA

A IMPORTÂNCIA DO EFEITO TOP-DOWN EM COMUNIDADES
DE INSETOS: FORMIGAS AFETAM O ACESSO DOS CUPINS A
MATÉRIA ORGÂNICA?

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S729i
2015 Souza, Tamires de Lima, 1989-
A importância do efeito Top-down em comunidades de
insetos : formigas afetam o acesso dos cupins à matéria
orgânica? / Tamires de Lima Souza. – Viçosa, MG, 2015.
xi, 48f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Ricardo Ildefonso de Campos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.37-45.

1. Ecologia animal - Comunidades. 2. Térmitas.
3. Formigas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Biologia Geral. Programa de Pós-graduação em Ecologia.
II. Título.

CDD 22. ed. 591.7

TAMIRES DE LIMA SOUZA

A IMPORTÂNCIA DO EFEITO TOP-DOWN EM COMUNIDADES
DE INSETOS: FORMIGAS AFETAM O ACESSO DOS CUPINS A
MATÉRIA ORGÂNICA?

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: (06) de (fevereiro) de (2015).



Prof. José Henrique Schoereder



Prof. Leandro de Sousa Souto



Prof. Og Francisco Fonseca de Souza
Co-orientador



Prof. Ricardo Ildefonso de Campos
Orientador

Dedico à minha família pela paciência e compreensão em aceitar que eu precisava
desta distância para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia pelo apoio, oportunidade e estrutura oferecida. Também à CAPES pela bolsa de mestrado.

Aos meus colegas de laboratório de Ecologia: Marina, Malu, André, Raphael, Tércia e Mari pelas discussões, ensinamentos e convívio. Em especial agradeço às amigas Fabiene, Karla que muito me ajudaram em discussões e estatística e também ao Caio pelas inúmeras companhias no trabalho de campo.

Ao Cristiano, que se tornou uma pessoa muito presente ao longo destes dois anos de mestrado. Obrigada pelas ajudas no campo, por ler tantas versões da dissertação, por ser meu grande amigo e por ser minha família em Viçosa. Muito especial em minha vida!

Ao prof. Ricardo, pela paciência, disponibilidade e orientação que foram muito importantes para início e conclusão deste trabalho. Pelos ensinamentos diários! Obrigada!

Ao prof. Og, pela ajuda nas discussões do projeto, estruturação do trabalho e discussão de resultados.

Aos profs. Flávia Maria, Carlos Sperber e Karla Yotoko pelas discussões do trabalho e convívio diário.

Aos estagiários que me ajudaram durante os dois anos de mestrado: Ludimila, Alessandra, Altamiro e Ana Carolina pela ajuda no campo e na triagem do material.

Agradeço à Michele pela grande ajuda principalmente na parte burocrática de todo o mestrado

Agradeço à Sílvia, pela organização do ambiente do trabalho e por todas as vezes que me ajudou nas atividades de laboratório;

Ao Sr. Chiquinho, que além de ajuda no laboratório, também foi grande companheiro nas difíceis atividades de campo;

Aos profissionais, Júlio Chaul e Diogo Andrade pela identificação das formigas e cupins coletados;

Agradeço à minha família pelo carinho e dedicação tão importantes do início ao final.

E Enfim, agradeço a todos que confiaram e de alguma forma torceram e acreditaram no meu sucesso!

”A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda
pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”
(Arthur Schopenhauer)

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL & MÉTODOS	4
2.1 Área de estudo	4
2.2 Desenho experimental	5
2.3 Amostragem de cupins	6
2.3.1 Iscas de esterco	6
2.3.2 Coleta ativa de cupins	8
2.4 Amostragem de formigas	9
2.4.1 Iscas de sardinha	9
2.4.2 Pitfalls trap	10
2.5 Teste de Predação	11
2.6 Análises estatísticas	11
3 RESULTADOS	15
3.1 Caracterização da fauna	15
3.1.1 Formigas	15

	vii
3.1.2 Cupins	16
3.2 Efeito da sardinha sobre a atração de formigas	18
3.2.1 Abundância	18
3.2.2 Riqueza	19
3.3 Correlação entre formigas totais e formigas predadoras potenciais e predadoras capturadas no teste de predação.	20
3.4 Teste da metodologia de perda de peso das iscas de esterco	21
3.5 Influência da abundância e riqueza de formigas sobre a ocupação de cupins nas iscas de celulose	22
3.6 Efeito da riqueza e abundância de formigas sobre a ocupação de iscas por cupins ao longo do tempo	24
3.7 Efeito do risco de predação sobre a ocorrência de cupins nas iscas de esterco e nos pits (coleta ativa)	25
3.7.1 Relação entre a riqueza e abundância de formigas e o risco de predação	25
3.8 Risco de predação por formigas <i>versus</i> frequência de ocorrência de cupins no solo - coleta ativa	28
4 DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICES	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Mapa da Mata do Paraíso com as marcações das trinta estações de coleta	5
2 Esquema representando as estações de coleta utilizadas no estudo.	7
3 Fotos ilustrando a metodologia utilizada para moldar o esterco (a) e o esterco depois de moldado (b)	8
4 Esquema de coleta ativa de cupins.	9
5 Efeito da sardinha sobre a abundância de formigas nos pitfalls (Média+SE por estação, n=30)	19
6 Efeito da sardinha sobre a riqueza de formigas nos pitfalls (Média+SE por estação, n=30)	20
7 Perda de peso (peso inicial - peso final) das iscas de esterco com o passar dos dias	22
8 Número médio de visualizações de cupins nas iscas de esterco por estação em relação a variação da abundância de formigas totais dos pitfalls (abundância final - abundância inicial)	23
9 Número médio de visualizações de cupins nas iscas de esterco por estação em relação a variação da riqueza de formigas totais dos pitfalls (riqueza final - riqueza inicial)	23
10 Efeito da abundância de formigas na ocupação de cupins nas iscas de esterco das 15 estações tratadas com sardinha	24
11 Média do tempo de predação em relação ao número de formigas nos pitfalls finais	27
12 Permanência de cupins nas iscas de esterco em relação ao tempo demorado para encontro dos cupins	27
13 Influência da abundância e riqueza total de formigas sobre a proporção de pits ocupados por cupins	28
14 Influência do risco de predação na frequência de ocorrência de cupins em <i>pits</i>	29

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Morfoespécies de formigas identificadas nas estações de coleta na Mata do Paraíso, MG, Brasil(P= pitfall, S= sardinha). Classificação de Guildas segundo Brandão et al. (2011)	16
2	Morfoespécies de cupins identificados nas estações de coleta na Mata do Paraíso, MG, Brasil em coleta ativa. Classificação de Hábitos alimentares da subfamília por Eggleton & Tayasu (2001).	18
3	Espécies de formigas capturadas no teste de predação. Frequência de predação é a quantidade de vezes que a espécie foi responsável por uma predação de um dos 52 cupins predados do início ao final do teste	26
4	Localização geográfica das estações de coleta	46

RESUMO

SOUZA, Tamires de Lima, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **A importância do efeito Top-Down em comunidades de insetos: formigas afetam o acesso dos cupins a matéria orgânica?**. Orientador: Ricardo Ildefonso de Campos. Coorientador: Og Francisco Fonseca de Souza.

O presente estudo teve como objetivo determinar se as formigas afetam negativamente o acesso dos cupins à matéria orgânica. O estudo foi realizado na Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPTEA-MP), em um fragmento de Mata Atlântica em Viçosa onde foram montadas 30 estações de coleta de dimensões 14x 2,5 m. Cada estação recebeu 12 "iscas celulósicas", feitas de esterco bovino moldado que foram pesadas e secas individualmente antes de serem levadas ao campo. A cada 9 dias, as iscas de esterco eram monitoradas quanto à ocupação por cupins e uma isca de cada estação era coletada, seca e pesada novamente para a estimativa da perda de peso. Durante o experimento, 15 das 30 estações receberam 15g de sardinha a cada 5 dias com objetivo de aumentar a atividade de formigas nestas estações (grupo tratamento). Por outro lado, as outras 15 estações não receberam iscas de sardinha (grupo controle). Antes do início das coletas e no final de todo o experimento duas armadilhas do tipo pitfall foram montados em todas as estações. Em cada estação medimos também o risco de predação através do tempo gasto para encontro de iscas de cupins por formigas. Além disso, fizemos coleta ativa de cupins no solo de todas as estações. O peso final das iscas foi comparado entre as estações dos grupos controle e tratamento e a ocupação dos cupins no solo e nas iscas de esterco foi analisada levando-se em consideração a abundância e riqueza de formigas. Os resultados indicam que embora as formigas sejam conhecidas como potenciais predadoras, em nosso sistema parece não afetar negativamente a comunidade de cupins. Em conjunto, estes resultados mostram que os efeitos parecem estar diluídos a nível de comunidades e precisam de novos estudos mais aprofundados, especialmente sobre o efeito direto das formigas sobre os cupins.

ABSTRACT

SOUZA, Tamires de Lima, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2015.

The importance of top-down effect in communities of insects: can ants affect the access of termites to the organic matter?. Adviser: Ricardo Ildefonso de Campos. Co-Adviser: Og Francisco Fonseca de Souza.

This study aimed to determine if ants affect negatively the organic matter access by termites. The study was developed in the Research, Training and Environmental Station of Mata do Paraíso (EPTEA-MP) which is an Atlantic Rainforest fragment in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. In this place it were set up 30 sampling stations, with dimensions 14 x 2.5 m. Each station received 12 "organic matter baits" made by dry cattle manure that had the individual dry weight measured before being taken to the field. Each 9 days, these baits were monitored for occupancy by termites and one bait of each station was collected, dried and reweighed to obtain the weight loss. During the experiment, 15 of the 30 stations received 15g of sardines every 5 days in order to increase the activity of ants in these stations (treatment group). On the other hand, the other 15 stations did not receive sardine baits (control group). Before the collection and at the end of the whole experiment, two pitfall traps it were set up in all seasons. At each station also measured the predation risk through time spent for encounter of termite baits for ants. Furthermore we made active collection of termites in the soil of all stations. The final weight of the manure baits was compared between stations of groups control and treatment and the occupation by termites in soil and manure baits was analyzed taking into account the abundance and richness of ants. The results indicate that although the ants are known as potential predators, our system does not appear to negatively impact on termites community. Taken together, these results show that the effects seems to be diluted at community level and require a new further studies, particularly on the direct effect on the ants termites.

1 INTRODUÇÃO

Ecólogos têm debatido sobre a importância das interações tróficas na determinação da distribuição de espécies e também sobre a abundância de organismos nas mais diversas características dos ecossistemas terrestres (Jaffe et al., 1995; DeSouza et al., 2009). Porém, ainda não se sabe se o controle mais importante se deve a disponibilidade de recursos (Efeito *Bottom-up*) ou à ação de predadores (Efeito *Top-down*) (Power, 1992). O efeito *Bottom-up* afeta a sobrevivência dos consumidores primários da cadeia trófica através da limitação de recursos existentes em determinado local. Este efeito é bastante estudado por ser um importante controlador da produtividade e qualidade de plantas, o que consequentemente afeta toda a cadeia alimentar (Hurd & Wolf, 1974; Hunter & Price, 1992; Schmitz, 1994; Chen & Wise, 1999). Em teias tróficas (Chen & Wise, 1999; Pace et al., 1999), os efeitos dos predadores sobre suas presas é conhecido como efeito de topo-base (*Top Down*) que é considerado muito importante, pois este processo, através da predação, controla as populações através da diminuição no número de indivíduos e consequentemente diminuição nas funções ecológicas desempenhadas por estes organismos (Hirsch et al., 2014).

As forças que são exercidas de cima pra baixo (*Top-Down*) podem ser muito importantes na regulação das comunidades de insetos (Forkner & Hunter, 2000). A predação pode assumir um papel chave na mortalidade de presas (Korb & Linsenmair, 2002) bem como regular as necessidades vitais, como por exemplo a busca por alimento (Korb & Linsenmair, 2002) e o encontro para acasalamento, que

podem ser reduzidos na presença de alto risco de predação (Candolin, 1997). Porém, pouco se sabe sobre a influência da predação em comunidades de insetos sociais que forrageiam coletivamente e possuem um sistema de organização diferente de outros grupos de insetos (Sumpter & Pratt, 2003; Detrain et al., 1999). Com esta forma de organização social, os cupins são insetos importantes que sofrem frequentemente com a pressão do efeito de topo-base (Korb & Linsenmair, 2002).

Os cupins (Insecta: Blattaria: Isoptera), são responsáveis pela redução da matéria orgânica do solo e também são conhecidos como engenheiros do ecossistema e, além de quebrarem fisicamente a matéria vegetal morta, têm a capacidade de libertar grande quantidade de CO_2 para a atmosfera por meio do processo de decomposição anaeróbica (DeSouza et al., 2009). Além ainda da detritivoria e decomposição, vários outros processos físicos do solo estão ligados aos cupins, como a descompactação, aeração e movimentação de partículas do solo (Jouquet et al., 2011). Apesar destes insetos serem encontrados na natureza em grande número e com capacidade suficiente para desenvolver todas as suas atividades comuns de decomposição da matéria orgânica do solo (Allison, 2006), algumas forças naturais podem influenciar negativamente na sua presença em certos ambientes e impedir ou atrasar bruscamente sua atividade de forrageamento e conseqüentemente o processamento da matéria orgânica existente no solo, levando ao atraso da ciclagem natural de nutrientes (Berendse et al., 1989; Pastor & Durkee Walker, 2006). O clima, a disponibilidade de nutrientes, competição e predação são algumas das forças comuns que podem influenciar diretamente nos serviços de organismos (Hairston et al., 1960) e conseqüentemente na função destes insetos. Dentre estas principais forças, a existência de predadores (efeito *Top-down*), se destaca, por serem os cupins insetos abundantes e extremamente nutritivos a uma grande gama de predadores que vivem na serapilheira (Hunter & Price, 1992). A principal força neste caso poderia

ser o efeito de topo-base. Assim, é esperado que os predadores possam influenciar em diversas atividades comuns dos cupins como em sua presença em certos locais e indiretamente na atividade de decomposição por exemplo.

Mesmo construindo túneis, cupins ficam vulneráveis ao ataque de predadores enquanto forrageiam na serapilheira ou na superfície do solo florestal (Korb & Linsenmair, 2002). Eles podem ser predados tanto por vertebrados quanto por invertebrados (Gonçalves et al., 2005; Abensperg-Traun, 1998). Dentre os invertebrados, as formigas são as principais predadoras (Lepage, 1981; Gonçalves et al., 2005), principalmente as representantes das subfamílias Ponerinae e Myrmicinae (Grace, 1997) são responsáveis por ataques a ninhos e cupins. Dentro da subfamília Ponerinae, alguns gêneros são especializados em cupins como os *Leptogenys*, *Termitopone* e *Megaponera*, por exemplo (Buczkowski & Bennett, 2007).

Sabendo disso, as formigas, dependendo da riqueza e da abundância, poderiam ser consideradas controladoras de topo (*Top Down* effect) sobre a comunidade de cupins e poderiam influenciar negativamente no resultado final da atividade destes cupins que atuam como importantes engenheiros do ecossistema. No entanto, apesar das formigas serem consideradas os principais predadores de cupins, resultados controversos na literatura (Gonçalves et al., 2005; McGlynn & Poirson, 2012) geram dúvidas sobre a existência de um efeito negativo das formigas sobre a riqueza, abundância ou atividade dos cupins ao nível de comunidades.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo geral determinar se existe um efeito Top-Down das formigas sobre os cupins e como objetivos específicos serão respondidas as seguintes perguntas: (i) Existe influência da abundância e riqueza de formigas sobre a ocupação das iscas de esterco e do solo? (ii) Existe um efeito de

risco de predação por formigas sobre a ocupação das iscas por cupins?

2 MATERIAL & MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPTEA-MP)(Fig. 1). A Mata do Paraíso é uma reserva localizada no município de Viçosa, Zona da Mata do estado de Minas Gerais, nas coordenadas 22°48'07"S e 42°51'31"W, com uma área de 194 ha e altitude média de 690m (DEF, 2014). A vegetação remanescente faz parte da Mata Atlântica e é classificada como uma Floresta Estacional Semidecidual Montana (Meira-Neto & Martins, 2002; Veloso et al., 1991). Segundo Köppen- Geiger o clima é classificado como Cwa, - clima subtropical/clima tropical de altitude, mesotérmico úmido com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos e temperatura média entre 19 e 22 °C (Pereira et al., 2006) e pluviosidade média anual de 1.345 mm (Oliveira Júnior & Dias, 2005).

Os solos da Mata do Paraíso possuem textura argilosa sendo classificados como Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos em áreas convexas e Cambissolos nos topos. Possui ainda Argissolos em áreas côncavas e no leito maior de cursos d'água o solo é classificado como Hidromórfico (Oliveira Júnior & Dias, 2005).

A Mata do Paraíso se mantém conservada por mais de cinquenta anos sem nenhuma grande interferência como desmatamento ou queimadas que pudessem de alguma forma interferir na macrofauna do solo e nos resultados deste trabalho. Além disso, a escolha do local se deveu à proximidade com o campus da Universidade

Federal de Viçosa, onde o material foi triado e processado diariamente.

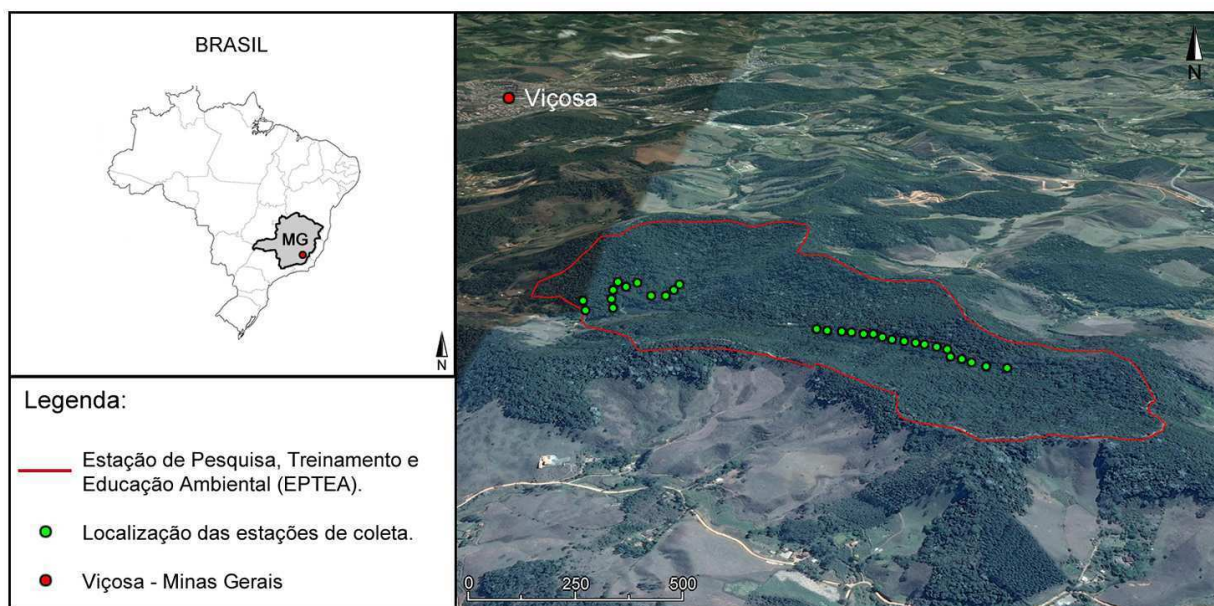


Figura 1: Mapa da Mata do Paraíso com as marcações das trinta estações de coleta

2.2 Desenho experimental

No interior da Mata do Paraíso foram estabelecidas 30 estações de coletas com 14m x 2,5m, divididas em dois grupos denominados "com adição de sardinha" e "sem adição de sardinha" (Fig. 2). A escolha dos locais de cada estação de coleta foi baseada em critérios de declividade do terreno, densidade de serrapilheira e facilidade de acesso a partir das trilhas do parque. Dessa forma as mesmas foram agrupadas em dois locais no interior da mata como pode ser visto na Fig. 1.

Cada uma das 30 estações de coleta na mata do Paraíso foram montadas equidistantes 40 metros onde foram estabelecidas armadilhas específicas para amostragem de cupins e formigas (Fig. 2).

O experimento foi realizado no período de setembro a janeiro, considerado quente e chuvoso.

2.3 Amostragem de cupins

2.3.1 Iscas de esterco

Para atração dos cupins nas estações de coleta, foram confeccionadas iscas de celulose utilizando esterco bovino não tratado (de gado com alimentação puramente celulósica). O esterco úmido foi moldado em forma de pastilhas com ajuda de formas de madeira de dimensões 60 mm de diâmetro x 4cm de altura aproximadamente (Fig. 3a). Estas pastilhas foram secas em estufa a 65 °C por 72h e envoltas por um papel marrom inodoro para proteção direta contra danos mecânicos causados pela chuva, enxurradas e queda de galhos, mas que não interferisse na atração de cupins e outros detritívoros e nem despertasse a curiosidade de outros animais da floresta (Fig. 3b). Estas iscas, depois de completamente secas foram pesadas em balança analítica e numeradas individualmente antes de serem colocadas no campo. O peso médio foi de aproximadamente 30,0 gramas.

Ao todo, foram levadas para o campo 360 iscas de esterco, sendo 12 iscas para cada uma das 30 estações (Fig. 2). Estas foram dispostas no solo a uma distância mínima de 2 metros uma da outra dentro das estações de coleta.

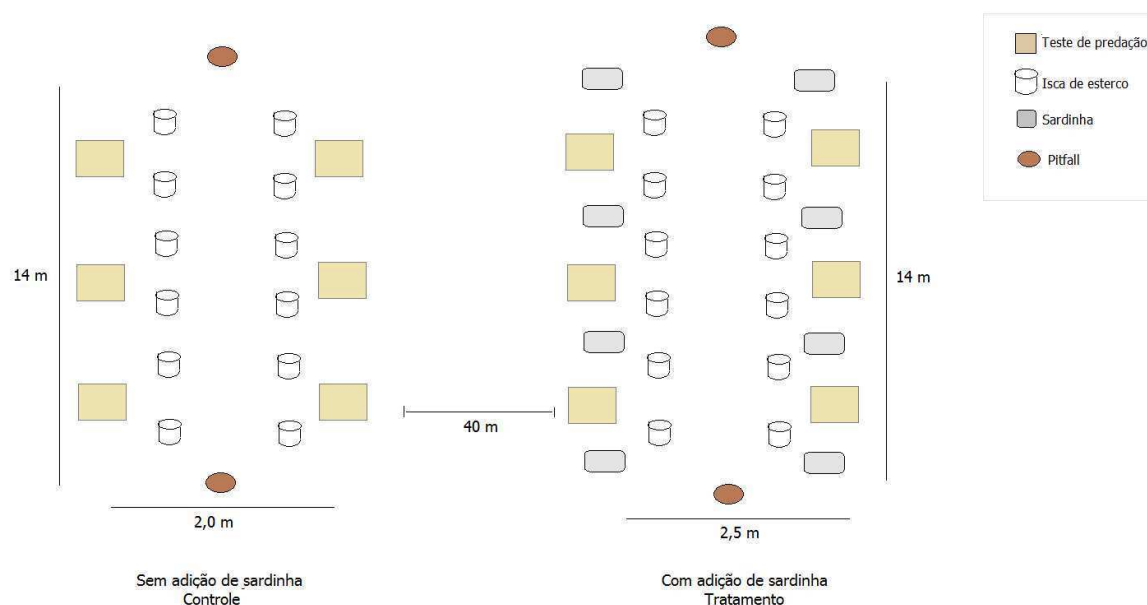


Figura 2: Esquema representando as estações de coleta utilizadas no estudo.

Estas iscas foram monitoradas a cada nove dias, uma a uma, para presença (1) e ausência (0) de cupins. Após monitoradas, uma isca de cada estação era retirada do campo por sorteio, para posterior secagem e pesagem em laboratório. Dessa forma, o monitoramento das iscas de celulose durou 108 dias quando foi retirada a última isca de esterco de cada estação. Este mesmo procedimento aconteceu tanto nas estações "com adição de sardinha" quanto nas estações "sem adição de sardinha".



(a) Forma utilizada para moldar esterco



(b) Pastilha de esterco moldada

Figura 3: Fotos ilustrando a metodologia utilizada para moldar o esterco (a) e o esterco depois de moldado (b)

2.3.2 Coleta ativa de cupins

Para conhecimento da abundância e riqueza de cupins em estações com e sem sardinha, foram feitas coletas ativas no final do experimento, após o 111^o dia. Em cada uma das 30 estações experimentais (14 x 2,5m) foram realizados 28 buracos no solo (12x12x5cm) totalizando um volume de 20000cm^3 amostrados em cada estação (Fig. 4)(Eggleton et al., 1996).

Os cupins foram coletados por um amostrador durante 1 hora através de coleta manual. Para isso foram utilizadas pinças entomológicas nos buracos feitos no solo (pits) (Dahlsjö et al., 2014). Na busca pelos insetos optamos por áreas com galhos e troncos caídos, galerias sob troncos de árvores e serapilheira dentro das estações de coleta.

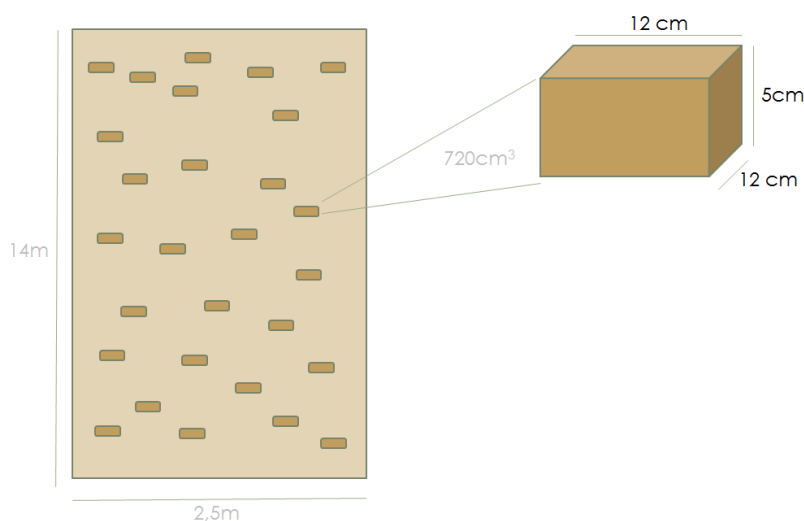


Figura 4: Esquema de coleta ativa de cupins.

As amostras de cupins foram rotuladas individualmente e preservadas em álcool 80%. Depois foram levadas ao laboratório e identificadas ao menor nível taxonômico possível de acordo com Constantino (1999). A abundância foi considerada como o número de ocorrências de cada espécie em cada estação experimental (abundância indireta). A coleta de cupins foi realizada em todas as estações no final do experimento, 24h após a isca de sardinha ser colocada nas quinze estações tratadas.

2.4 Amostragem de formigas

2.4.1 Iscas de sardinha

Cada uma das 15 estações de coleta que foram designadas ao grupo "com adição de sardinha" recebeu 8 iscas para formigas que consistiram cada em 15g de sardinha homogeneizada em óleo de soja. Estas iscas foram colocadas sobre papel A4 branco com dimensões de 15 x 10cm, distribuídas 4 de cada lado nos arredores

da estação para que a área da estação sofresse a mesma interferência de ambos os lados (Fig. 2). As 15 estações "sem adição de sardinha" não receberam sardinha e portanto não sofreram influência das iscas de sardinha ao longo do tempo.

A coleta com as iscas de sardinha foram repetidas a cada cinco dias e monitoradas no dia da troca, após 60 minutos. Para cada isca em cada dia de monitoramento, foram coletados todos os indivíduos representantes de cada espécie de formiga presente sobre e sob o papel com a sardinha e conservados em frascos plásticos com álcool 70%. O censo do número de indivíduos foi realizado contando os indivíduos por espécie e registrando em uma tabela com objetivo de acompanhar abundância e riqueza das formigas no campo durante o experimento.

2.4.2 Pitfalls trap

Antes do início do experimento, em todas as 30 estações, foi montado um grid com 60 armadilhas do tipo *pitfall* para formigas, sendo duas por estação de coleta. Cada estação recebeu duas armadilhas, dispostas nos dois extremos norte e sul (Fig. 2). Cada *pitfall* tinha 200ml de capacidade, 7cm de diâmetro e continha água, sal, álcool e detergente. Os pitfalls foram recolhidos do campo após 48h.

Da mesma forma, após 48h do fim de todo o experimento, novos 60 *pitfalls* com as mesmas medidas foram montados nos mesmos locais dos iniciais, com objetivo de comparar a riqueza, abundância e a composição de formigas, antes e depois da colocação de sardinha em 15 das estações. O experimento completo foi finalizado 48 horas após a última coleta da isca celulósica e neste dia o sistema foi completamente desmontado.

2.5 Teste de Predação

Para conhecimento do risco de predação causado pelas formigas em cupins, um teste de risco de predação foi realizado em cada uma das 30 estações, nos últimos dias de experimento. Cada estação recebeu seis iscas (total de 180) que foram montados três de cada lado, nas laterais da estação (Fig. 2). Para uma isca foi utilizado pedaço de papel filtro inodoro (10x10cm) e nele foi colado um cupim com cola branca a base d'água. Os cupins, independentes da espécie, foram coletados sempre na mesma estação do teste para garantir o risco real de predação por estação, tomando-se os devidos cuidados para não interferir nas outras etapas do experimento.

Depois de colado, o tempo de 32 minutos até a chegada da primeira formiga predadora foi cronometrado e definido como tempo final para todas as outras iscas de todas as estações. O cupim foi mantido vivo, e trocado por outro no caso de morte.

Neste teste foram observados eventos de curiosidade, onde a formiga apenas passou pelo papel filtro onde estava o cupim e o tocou com patas ou antenas, ou eventos neutros, onde não houve contato da formiga com o cupim. Só foi considerada predação, se a formiga morderse ou arrancasse o cupim do papel. Estas formigas predadoras foram coletadas e conservadas em álcool 70% para identificação.

2.6 Análises estatísticas

Para testar os possíveis efeitos da presença de formigas na presença de cupins nas iscas, foram utilizadas seis etapas de análises:

i) Eficiência da sardinha para atração de formigas

Com objetivo de testar se as formigas foram atraídas pela sardinha e como consequência aumentando a abundância e riqueza de formigas nas áreas

tratadas, os dados foram sujeitos a Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas. Para esse modelo utilizou-se os tratamentos "com" ou "sem" sardinha como fator (variável explicativa) e a riqueza e abundância de formigas (número de espécies e indivíduos amostrados em cada conjunto de dois pitfalls em cada estação) foram utilizadas como variáveis resposta. A data de amostragem (antes ou depois do experimento) foi considerada como medida repetida no modelo.

ii) Correlação entre formigas totais e formigas predadoras encontradas

Para saber se as formigas totais encontradas apresentavam um risco potencial de predação aos cupins da área, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para estimar e testar a correlação linear entre as formigas totais e formigas predadoras encontradas nos pitfalls. A significância estatística foi estabelecida em 5% ($p < 0,05$).

iii) Teste da metodologia de perda de peso das iscas de esterco

Para testar o efeito do tempo de exposição das iscas de celulose sobre a perda de peso das mesmas foi utilizado um modelo de ANOVA com blocos ao acaso com distribuição normal. Para esse modelo a perda de peso (peso inicial - peso final) das iscas de celulose foi considerada como variável resposta e o tempo de exposição (medido em dias) foi considerado como variável explicativa. Como as iscas se encontravam agrupadas dentro de cada estação, essa última foi considerada como bloco no modelo.

iv) Influência da abundância e riqueza de formigas sobre a ocupação de cupins nas iscas de esterco

Todas as estações (30)

A relação entre a abundância e riqueza de formigas e o número médio de ocorrências de cupins nas iscas de esterco foi analisada por regressão linear, com distribuição de erros Poisson, corrigindo a sobredispersão. O nível de significância utilizado foi $\alpha = 0,05$. O número médio de ocorrências é o número de vezes em que foram verificadas ocupações de cupins nas iscas de esterco, sendo que foram realizadas um total de nove visitas em cada estação. Esta ocorrência foi medida por isca e uma média das ocorrências foi feita no final por estação (12 iscas por estação visitadas nove vezes). Esta média foi considerada a variável resposta e as variáveis explicativas foram a abundância e a riqueza de formigas dos pitfalls finais.

Estações tratadas com sardinha (15)

Para o teste da influência da abundância de formigas das iscas de sardinha sobre a ocupação de cupins nas iscas de celulose ao longo do tempo foram gerados 30 regressões lineares, uma para cada estação. Essas regressões tiveram como eixo y a frequência de ocupação de cupins nas iscas de esterco (número de ocupações) e eixo x o tempo (número de eventos de checagem). De cada um dos 30 gráficos de regressão gerados, a partir das equações da reta, foram obtidos os valores da inclinação da reta a . Da mesma forma foram gerados mais 30 gráficos de regressão linear da abundância de formigas das iscas de sardinha x tempo (eventos de checagem) e também obtidos os 30 valores das inclinações da reta, agora para formigas.

Depois de calculados os valores das inclinações para *ocupação de cupins x tempo* (variável resposta) e os valores de *abundância de formigas x tempo* (variável explicativa) foi criado um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição bino-

mial. Esta análise teve como objetivo principal testar a influência da abundância de formigas na ocupação das iscas por cupim tendo os valores ponderados pelo tempo.

v) Abundância e riqueza de formigas *versus* porcentagem de ocupação de cupins nos pits - coleta ativa

Para testar se a abundância e a riqueza de formigas influenciam no forrageamento de cupins no solo, foram realizadas regressões lineares, com distribuição Binomial, corrigindo a sobredispersão quando necessário. Foi utilizada a proporção de pits com cupins por estação como variável resposta e a abundância e riqueza de formigas nos pitfalls como variável explicativa.

vi) Efeito do risco de predação sobre a ocorrência de cupins nas iscas de esterco e nos pits da coleta ativa

Para testar o efeito do risco de predação na frequência de ocorrência de cupins nas iscas de esterco foram utilizados quatro Modelos Lineares Generalizados (GLM). Tanto no primeiro como no segundo modelo, foram ajustados os dados de abundância e riqueza de formigas como variáveis explicativas. A variável resposta, para os dois modelos ajustados, foi o tempo médio demorado para predação das iscas de cupins. O terceiro e quarto modelos tiveram abundância e riqueza de formigas nos pitfalls como variáveis explicativas, e a variável resposta para cada um dos dois modelos foi a porcentagem de cupins predados por estação.

O efeito do risco de predação (tempo demorado para predação) na ocorrência de cupins nas estações de coleta, avaliada pela coleta ativa, foi testado utilizando uma regressão linear. O modelo foi construído para a variável resposta "frequência de ocorrência de cupins nos pits" e variável explicativa "tempo de preda-

ção”. A distribuição de erros utilizada foi Poisson, corrigida quando necessário.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (Software, 2013), usando Modelos Lineares Generalizados (GLM), seguida de análise de resíduo para testar a aceitabilidade do modelo e da distribuição dos dados. A ocorrência de sobredispersão foi corrigida quando necessário.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização da fauna

3.1.1 Formigas

Ao todo foram encontradas 44 espécies de formigas em 18 gêneros e 6 sub-famílias (Tabela. 1). Nas armadilhas do tipo *pitfall* foram coletadas 31 espécies de formigas pertencentes a seis subfamílias, sendo a mais representativa Myrmicinae com 15 espécies. As formigas potencialmente predadoras classificadas de acordo com (Brandão et al., 2011; Agosti et al., 2000) corresponderam a 77% (generalistas 48% e predadoras 29%) (Tabela. 1). Nas iscas de sardinha foram coletadas 25 espécies de formigas sendo 16% de espécies potencialmente predadoras e 76% de espécies generalistas (Brandão et al., 2011). As espécies encontradas nas iscas de sardinha pertencem a seis subfamílias sendo a mais representativa Myrmicinae com 12 espécies. Ao todo foram 10 gêneros e 22 espécies.

3.1.2 Cupins

Foram coletados 17 soldados de 9 espécies de cupins pertencentes às subfamílias Termitinae, Nasutitermitinae e Apicotermatinae, todos da família Termitidae. A única subfamília de operários identificados foi Apicotermatinae, que não possui soldado (Tabela. 2).

Tabela 1: Morfoespécies de formigas identificadas nas estações de coleta na Mata do Paraíso, MG, Brasil (P= pitfall, S= sardinha). Classificação de Guildas segundo Brandão et al. (2011)

Sub-Família	Espécies	Guildas	P	S
Myrmicinae	<i>Cephalotes atratus</i>	Consumidora de pólen	x	
	<i>Procryptocerus convergens</i>	Consumidora de pólen	x	
	<i>Acromyrmex niger</i>	Cultivadora de fungo	x	x
	<i>Acromyrmex subterraneus subterraneus</i>	Cultivadora de fungo	x	
	<i>Acromyrmex subterraneus molestans</i>	Cultivadora de fungo	x	
	<i>Trachymyrmex</i> sp1	Cultivadora de fungo	x	
	<i>Megalomyrmex</i> sp1	Generalista	x	x
	<i>Crematogaster</i> sp1	Generalista		x
	<i>Crematogaster</i> sp2	Generalista		x
	<i>Crematogaster</i> sp3	Generalista	x	
	<i>Crematogaster</i> sp4	Generalista		x
	<i>Pheidole</i> sp1	Generalista		x
	<i>Pheidole</i> sp2	Generalista		x
	<i>Pheidole</i> sp3	Generalista	x	x
	<i>Pheidole</i> sp4	Generalista	x	
	<i>Pheidole</i> sp5	Generalista	x	x

Continua na próxima página

Tabela 1 – *Continuação da tabela 1*

	<i>Pheidole</i> sp7	Generalista	x	
	<i>Pheidole</i> sp8	Generalista		x
	<i>Pheidole</i> sp9	Generalista	x	
	<i>Solenopsis</i> sp1	Generalista	x	
	<i>Solenopsis</i> sp2	Generalista	x	x
	<i>Solenopsis</i> sp3	Generalista		x
	<i>Solenopsis</i> sp4	Generalista		x
Dorylinae	<i>Eciton</i> cf <i>vagans</i>	Predadora	x	
	<i>Labidus</i> <i>coecus</i>	Predadora	x	
	<i>Labidus</i> <i>praedator</i>	Predadora		x
Ponerinae	<i>Pachycondyla</i> <i>striata</i>	Predadora	x	x
	<i>Pachycondyla</i> <i>harpax</i>	Predadora	x	
	<i>Odontomachus</i> <i>chelifer</i>	Predadora	x	x
	<i>Neoponera</i> <i>venusta</i>	Predadora	x	
	<i>Leptogenys</i> sp1	Predadora	x	
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i> sp1	Predadora	x	x
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i> <i>edentatum</i>	Predadora	x	x
	<i>Gnamptogenys</i> <i>striatula</i>	Predadora	x	
	<i>Gnamptogenys</i> sp2	Predadora	x	
Dolichoderinae	<i>Linepithema</i> <i>pulex</i>	Generalista	x	x
Formicinae	<i>Camponotus</i> sp1	Generalista	x	x
	<i>Camponotus</i> sp2	Generalista	x	x
	<i>Camponotus</i> <i>sericeiventris</i>	Generalista		x
	<i>Camponotus</i> <i>rufipes</i>	Generalista	x	x

Continua na próxima página

Tabela 1 – *Continuação da tabela 1*

<i>Camponotus</i> sp6	Generalista	x
<i>Camponotus</i> sp7	Generalista	x
<i>Camponotus</i> sp8	Generalista	x
<i>Camponotus</i> sp9	Generalista	x
<i>Camponotus</i> sp10	Generalista	x
<i>Camponotus</i> sp11	Generalista	x

Tabela 2: Morfoespécies de cupins identificados nas estações de coleta na Mata do Paraíso, MG, Brasil em coleta ativa. Classificação de Hábitos alimentares da subfamília por Eggleton & Tayasu (2001).

Espécie e Subfamília	Hábito
Apicotermitinae	s(s m)
Nasutitermitinae	
<i>Curvitermes</i> sp1	s, m, g, l, e
<i>Embriatermes</i> sp1	s, m, g, l, e
<i>Cornitermes</i> sp1	s, m, g, l, e
<i>Cyranotermes</i> sp1	s, m, g, l, e
Termitinae	
<i>Neocapritermes</i> sp1	s, m, g
<i>Neocapritermes</i> sp2	s, m, g
<i>Dihoplotermes</i> sp1	s, m, g
<i>Dentispicotermes</i> sp1	s, m, g
Indefinidos	s

m, madeira; s, solo; g, grama; l, matéria orgânica; e, microepífitas

3.2 Efeito da sardinha sobre a atração de formigas

3.2.1 Abundância

Apesar de um aumento significativo na abundância de formigas entre os pitfalls colocados antes do início do experimento e os pitfalls colocados no final

($F_{1,28} = 10,45$; $p=0,003$), não houve diferença significativa no número de indivíduos de formiga entre os tratamentos com e sem sardinha ($F_{1,28} = 2,20$; $p=0,15$)(Fig. 5).

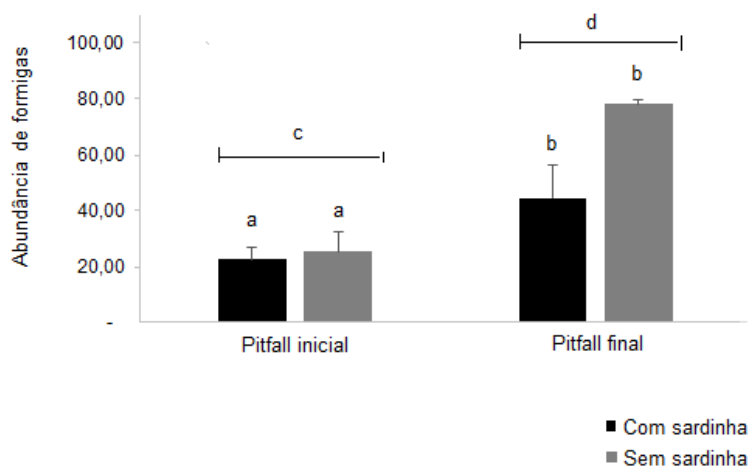


Figura 5: Efeito da sardinha sobre a abundância de formigas nos pitfalls (Média+SE por estação, $n=30$)

3.2.2 Riqueza

Da mesma forma, houve um aumento significativo na riqueza de formigas entre os pitfalls iniciais e finais ($F_{1,28} = 30,76$; $p<0,001$), mas não houve diferença entre os tratamentos com e sem sardinha ($F_{1,28} = 0,31$; $p=0,58$)(Fig. 6). A partir disso como não houve diferença na riqueza e abundância de formigas entre as estações tratamento e controle, essa separação será abandonada nas análises subsequentes.

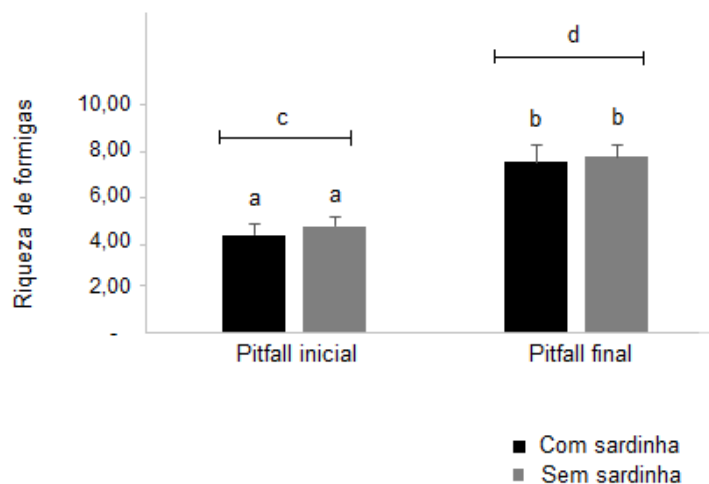


Figura 6: Efeito da sardinha sobre a riqueza de formigas nos pitfalls (Média+SE por estação, n=30)

3.3 Correlação entre formigas totais e formigas predadoras potenciais e predadoras capturadas no teste de predação.

Considerando a classificação de Brandão et al. (2011), a abundância de formigas potencialmente predadoras se correlacionou positivamente com o total de formigas encontradas nos pitfalls, apresentando um coeficiente de correlação de Pearson $r = 0,918$ ($p < 0,0001$; $n = 30$). Entretanto considerando as espécies de formigas predadoras encontradas no teste de predação, o coeficiente de Pearson foi $r = 0,332$ ($p = 0.0728$), a correlação entre formigas totais e predadoras foi baixa e não significativa.

Já a riqueza de formigas potencialmente predadoras encontradas e classificadas de acordo com a lista de Brandão et al. (2011), se correlacionou positivamente com a riqueza total de formigas encontradas nos pitfalls, com coeficiente de Pearson $r = 0,833$ ($p < 0,0001$; $n = 30$). A riqueza de formigas predadoras encontradas no teste de predação apresentou menor correlação com a riqueza total de formigas. Apresentou coeficiente $r = 0,652$ ($p < 0,0001$).

Baseado nesses resultados, para as próximas análises optamos por usar a abundância e a riqueza total de formigas e abundância e riqueza de formigas que aparecem no teste de predação que nos permitem avaliar tanto o potencial predador das formigas quanto outras possíveis interferências da comunidade de formigas sobre os cupins.

3.4 Teste da metodologia de perda de peso das iscas de estercó

Ao contrário do esperado, as iscas de celulose não tiveram uma perda de peso (peso inicial - peso final) significativa com o passar do tempo ($F_{15,164} = 1.358$; $p = 0,174$). As iscas pesavam em média 30g no início do experimento e a perda de peso no primeiro evento de coleta (11 dias) foi de aproximadamente 9,2g, passando apenas para 15,4 g ao final dos 111 dias de exposição no campo (Fig. 7). Como a variável perda de peso não apresentou uma variação significativa ao longo do tempo do experimento, a mesma não foi utilizada como variável explicativa para as análises subsequentes.

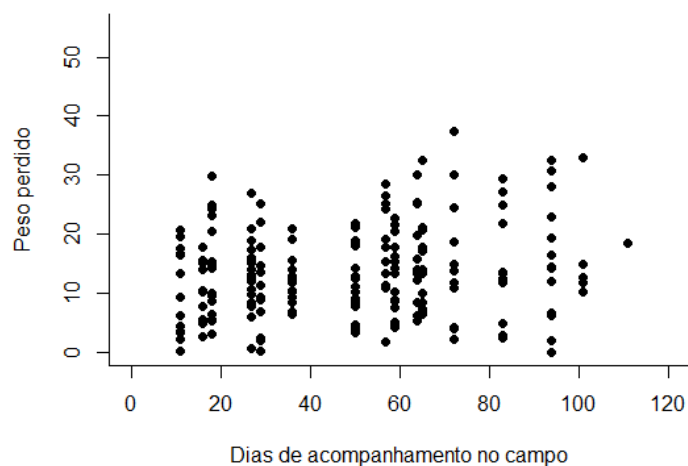


Figura 7: Perda de peso (peso inicial - peso final) das iscas de esterco com o passar dos dias

3.5 Influência da abundância e riqueza de formigas sobre a ocupação de cupins nas iscas de celulose

A variação da abundância de formigas totais não interferiu no número médio de eventos de coleta com cupins nas iscas ($F_{1,28} = 1.437$; $p = 0,240$)(Fig. 8). Nem a riqueza de formigas influencia significativamente na ocupação de iscas por cupins ($F_{1,28} = 1.289$; $p = 0.265$)(Fig. 9).

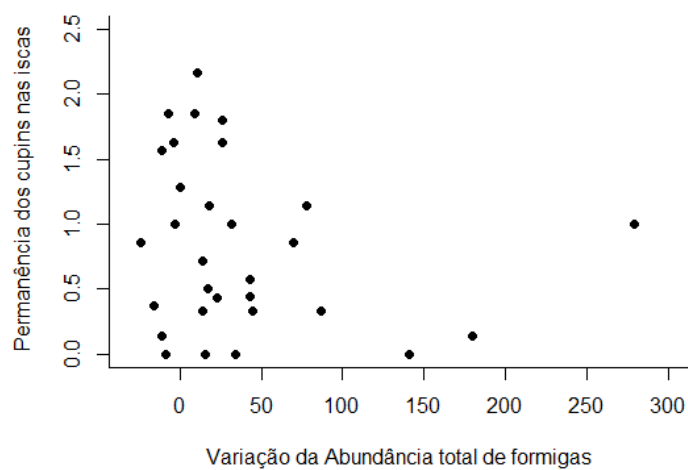


Figura 8: Número médio de visualizações de cupins nas iscas de esterco por estação em relação a variação da abundância de formigas totais dos pitfalls (abundância final - abundância inicial)

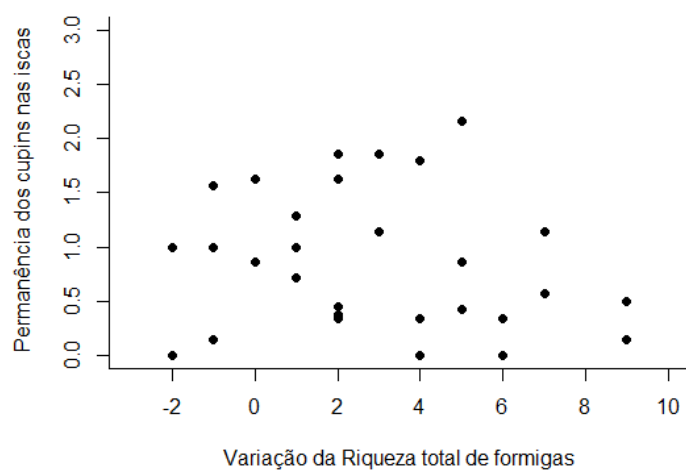


Figura 9: Número médio de visualizações de cupins nas iscas de esterco por estação em relação a variação da riqueza de formigas totais dos pitfalls (riqueza final - riqueza inicial)

Quando utilizados apenas a riqueza e abundância das formigas encontradas no teste de predação não foram significativas as influências da abundância de formigas predadoras ($F_{1,28} = 0.427$, $p = 0.518$) e nem da riqueza de predadoras ($F_{1,28} = 0.180$, $p = 0.673$) sobre a ocupação das iscas de esterco.

3.6 Efeito da riqueza e abundância de formigas sobre a ocupação de iscas por cupins ao longo do tempo

Quando levadas em consideração somente a abundância de formigas nas estações tratadas com sardinha, é possível ver uma relação marginalmente significativa entre o aumento da porcentagem de iscas ocupadas e o aumento da abundância de formigas ($p = 0,059$; $F_{1,13} = 4,26$, $R^2 = 0,25$)(Fig. 10). Ou seja, levando em consideração as iscas de sardinha e celulose, o tempo parece agir de forma similar sobre a ocupação de cupins e a abundância de formigas.

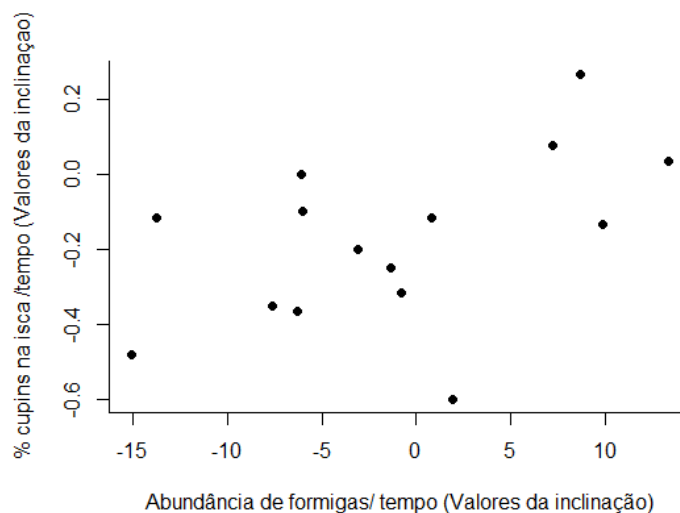


Figura 10: Efeito da abundância de formigas na ocupação de cupins nas iscas de esterco das 15 estações tratadas com sardinha

3.7 Efeito do risco de predação sobre a ocorrência de cupins nas iscas de esterco e nos pits (coleta ativa)

Ao todo, aconteceram 52 eventos de predação nos testes (tempo médio total de 928,16s), o que corresponde a 28% do total de iscas de cupins. Para as estações tratadas com sardinha foram 24 eventos com tempo médio de 1010,8s e para as estações que não foram tratadas com sardinha, foram 28 eventos de predação com tempo médio menor de 856s (Tabela. 3).

3.7.1 Relação entre a riqueza e abundância de formigas e o risco de predação

A regressão linear mostrou que não houve relação significativa entre a abundância de formigas obtidas dos pitfalls e o tempo gasto para a predação dos cupins ($F_{1,28} = 0,439$, $p = 0.512$)(Fig. 11). Da mesma forma, a riqueza não foi significativa ($F_{1,28} = 0,129$, $p = 0.721$).

Considerando as espécies de formigas encontradas no teste de predação, a riqueza ($F_{1,28} = 0.046$, $p = 0.831$) e a abundância ($F_{1,28} = 0.130$, $p = 0.720$) das formigas predadoras não influenciaram no tempo de predação dos cupins no teste de predação.

No teste de predação que foi realizado nos últimos dias do experimento, a riqueza ($F_{1,28} = 0.046$, $p = 0.736$) e a abundância ($F_{1,28} = 0.1154$, $p = 0.631$) de formigas dos pitfalls finais não influenciaram na porcentagem de iscas de cupins predados por estação de coleta.

Tabela 3: Espécies de formigas capturadas no teste de predação. Frequência de predação é a quantidade de vezes que a espécie foi responsável por uma predação de um dos 52 cupins predados do início ao final do teste

Espécie	Frequência de predação (% (n°))
<i>Ectatomma edentatum</i>	23,08 (12)
<i>Pheidole sp8</i>	15,38 (8)
<i>Pheidole sp5</i>	11,53 (6)
<i>Camponotus rufipes</i>	9,62 (5)
<i>Crematogaster sp3</i>	5,76 (3)
<i>Camponotus sp5</i>	3,85 (2)
<i>Crematogaster sp4</i>	3,85 (2)
<i>Crematogaster sp5</i>	3,85 (2)
<i>Ectatomma sp1</i>	3,85 (2)
<i>Odontomachus chelifer</i>	3,85 (2)
<i>Pachycondyla striata</i>	3,85 (2)
<i>Acromyrmex subterraneus</i>	1,92 (1)
<i>Gnamptogenys sp2</i>	1,92 (1)
<i>Neoponera venusta</i>	1,92 (1)
<i>Pheidole sp1</i>	1,92 (1)
<i>Solenopsis sp2</i>	1,92 (1)
<i>Solenopsis sp3</i>	1,92 (1)
Total	100,00 (52)

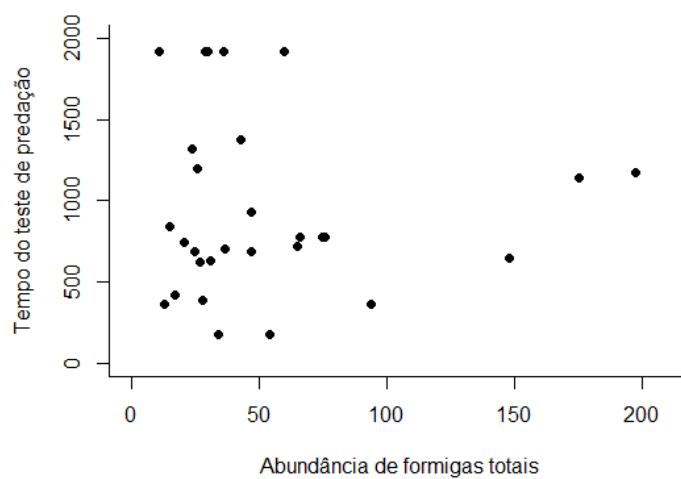


Figura 11: Média do tempo de predação em relação ao número de formigas nos pitfalls finais

O tempo gasto para que a formiga encontre o cupim não influenciou na ocupação das iscas de esterco por cupim ($F_{1,28} = 0.963$, $p = 0.334$) (Fig. 12).

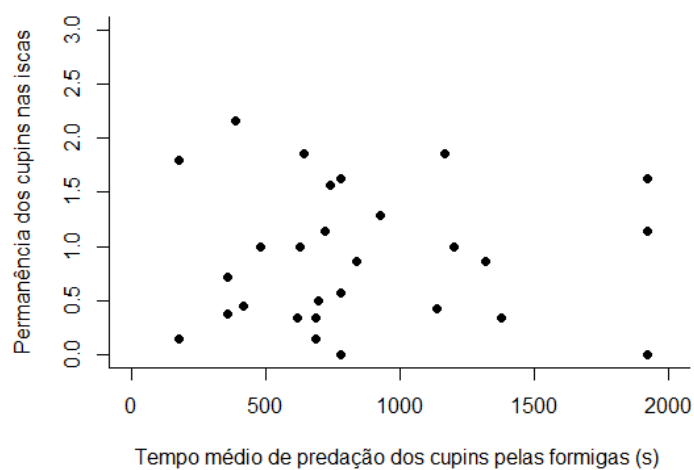


Figura 12: Permanência de cupins nas iscas de esterco em relação ao tempo demorado para encontro dos cupins

Tanto a abundância total de formigas quanto a riqueza, não influenciaram a ocupação dos pits por cupins no solo $F_{1,28} = 0,019$, $p=0,889$, $F_{1,28} = 2,337$, $p= 0,126$ (Fig. 13).

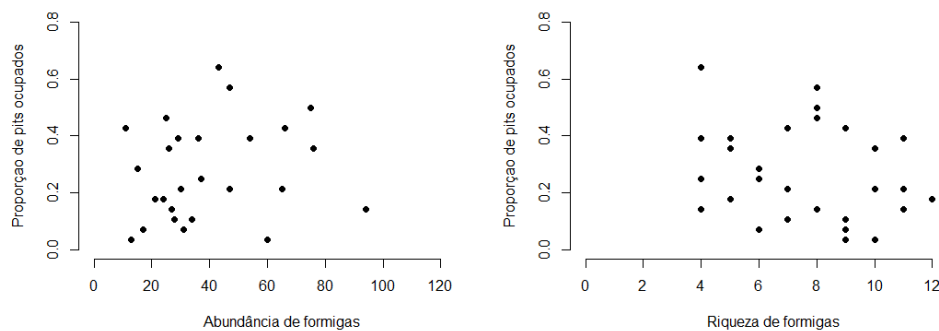


Figura 13: Influência da abundância e riqueza total de formigas sobre a proporção de pits ocupados por cupins

3.8 Risco de predação por formigas *versus* frequência de ocorrência de cupins no solo - coleta ativa

O risco de predação por formigas também não influenciou na ocorrência de cupins nos pits da coleta ativa ($F_{1,28} = 1.458$, $p= 0.237$)(Fig. 14).

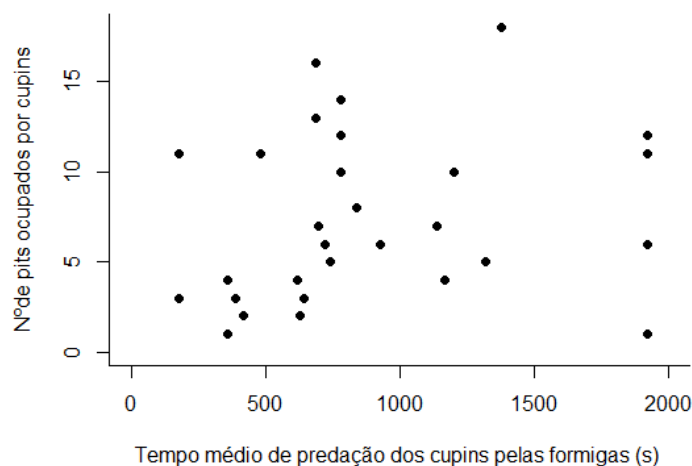


Figura 14: Influência do risco de predação na frequência de ocorrência de cupins em *pits*

4 DISCUSSÃO

A presença de formigas potencialmente predadoras não impactou negativamente o acesso dos cupins às iscas de esterco (Fig. 12), sugerindo ser negligível a pressão top-down das formigas sobre os cupins neste ambiente. Assim, a ausência de efeitos nesta comunidade pode ter ocorrido devido a utilização de diferentes formas de proteção ou escape desenvolvidos pelos cupins e ao mesmo tempo uma utilização de diferentes tipos de recursos pelas formigas. Estas estratégias podem ter sido aperfeiçoadas ao longo do tempo de relação entre esses dois grupos (Engel et al., 2009).

Durante os aproximadamente 100 milhões de anos de co-existência (Hölldobler & Wilson, 1990), formigas e cupins têm se envolvido numa corrida armamentista, com muitas espécies de formigas se comportando como predadoras especialistas, (Hölldobler et al., 2002; Buczkowski & Bennett, 2007) enquanto as presas se mostram capazes de resistir (Hölldobler & Wilson, 1990). Esta busca pelo sucesso, tanto dos predadores na busca por alimento fácil quanto das presas em se defender (Dawkins, 1986), pode levar a uma ausência de mudança média na taxa de natalidade e mortalidade de ambos os grupos, fazendo com que ao nível de comunidades não exista um efeito médio de um grupo sobre outro. Por outro lado, mesmo coexistindo, as formigas são grandes predadoras dos cupins, como mostrado por Grace (1997), o que não necessariamente indica uma interferência direta de um grupo sobre o outro ao nível de comunidades. O efeito a nível de guildas ou populações pode ser mais evidente por causa da retirada direta de indivíduos, o que não foi medido neste trabalho.

Por outro lado, vimos que ao se considerar os resultados da permanência dos cupins nas iscas de celulose para as trinta estações, foi observado uma tendência fraca (Fig. 8) de que exista uma diminuição dos cupins em locais onde exista uma maior abundância e riqueza de formigas indicando que pode haver um efeito negativo das formigas sobre os cupins.

Hu et al. (2003), estudando detalhadamente o comportamento de cupins em resposta a vibrações, apresentou evidências de que estes têm grande facilidade em lidar com perturbações através da cessação momentânea da atividade, fuga e retorno com compensação da atividade pelos indivíduos em favor da colônia. Hu et al. (2003) ainda sugere que exista algum tipo de habituação como uma forma simples de aprendizagem dos cupins. No nosso trabalho, a habituação poderia ser definida como uma diminuição da atividade ou abandono da isca (Korb & Linsenmair,

2002) de esterco ou do solo pelos cupins em resposta a algum estímulo repetitivo ou contínuo. Este estímulo pode ser o aumento da abundância e riqueza de formigas potencialmente predadoras na área de estudo (Figs. 5 e 6) causada pela sazonalidade ou colocação de sardinha. A habituação pode ter ocorrido também por parte das formigas, que tinham frequentemente a disponibilidade de recurso de sardinha em metade das estações.

Observando o resultado do teste de predação de todas as estações, vimos que não existe uma relação entre a riqueza e abundância (Fig. 11) de formigas com o risco de predação sofrido por cupins. Porém nas estações tratadas com sardinha parece haver uma relação positiva entre os grupos. No geral os resultados mostram que com o aumento da abundância de formigas nas áreas de estudo com o passar do tempo, os cupins parecem não ser afetados negativamente e mantêm o padrão de ocupação nas iscas (Fig. 10).

Os resultados encontrados neste trabalho parecem ser complementares. Existe uma ausência de efeitos negativos das formigas sobre os cupins nas estações tratadas com sardinha (Fig. 10) e as menores ocupações de iscas por cupins aconteceram em estações com menores abundância de formiga (Fig. 8). Ou seja, formigas que não possuem recurso limitado, não oferecem risco aos cupins. Este resultado pode estar de acordo com McGlynn et al. (2009), que mostrou que a densidade de formigas pode determinar a posição trófica destas. Ou seja, formigas com hábito generalista, em alta abundância podem ter seus recursos limitados e passar a buscar outras fontes de alimentação, inclusive através da predação.

Um fator muito importante que pode ter impulsionado esse resultado foi a pluviosidade. Jaffe et al. (1995) viu que em época de chuva existe uma harmonia entre cupins *Nasutitermes corniger* e formigas de cerrado onde ambos são beneficiados com recurso de nitrogênio, abrigo e defesa do ninho. Esta harmonia

pode ter ocorrido em nosso sistema, já que nosso período experimental foi de setembro a janeiro (período de chuva) e nossos resultados apontam que não houve influência negativa de formigas sobre cupins. Ao contrário, eles parecem ter uma sincronia (fig.10).

Outro fator relevante é a época de acasalamento das formigas (Hölldobler & Wilson, 1990) e dos cupins (Medeiros et al., 1999). Durante o período chuvoso ou reprodutivo tanto dos cupins quanto das formigas (Hartke & Baer, 2011; McCluskey, 1992), pode não ter havido interações entre os grupos. Isso pode ter ocorrido porque ambos os grupos alocam recursos para reprodução em períodos anteriores, assim durante a época de chuva, ambos os táxons podem ter se limitado somente ao período reprodutivo, onde as formigas diminuem a taxa de predação e cupins diminuem forrageamento e defesa.

Em geral, o que vimos neste trabalho é que não somente não existe uma influência negativa visível das formigas sobre os cupins, mas também que existem fatores naturais que podem fazer com que estes insetos mantenham suas atividades sem interferências. Ao contrário do que imaginávamos, esse resultado pode ser devido a talvez um efeito positivo das formigas sobre os cupins como mostrado experimentalmente por McGlynn & Poirson (2012) onde as formigas favoreceram a chegada de cupins à matéria orgânica através da alteração da cadeia alimentar onde as formigas podem preda outros artrópodes (incluindo outros predadores de cupins) e muito menos os cupins.

O padrão de forrageamento de cupins pode ser afetado por perturbações ambientais ou interações que podem ser tanto intra quanto interespecíficas (Traniello & Leuthold, 2000). As reações comportamentais dos cupins são representadas geralmente por concentração de esforços para se mover para a fonte de perturbação ou para longe dela (Cornelius & Daigle, 2002; Forschler & Henderson,

1995; Reinhard & Clément, 2002). No caso, o risco de predação pode ser considerado uma grande perturbação. Em nosso sistema os cupins em resposta a esta perturbação podem ter sido levados a escapar do risco de predação em certos momentos. Porém, mesmo escapando, os cupins possuem alta resiliência, sendo capazes de retornar ao local perturbado em poucos dias, como discutido por Desouza et al. (2003).

Não foi detectado também nenhuma relação entre o risco de predação por formigas e o forrageamento dos cupins nas iscas e nos pits da coleta ativa. Este resultado pode ser um reflexo da habituação ou compensação da atividade pela colônia. Ou seja, a nível de populações a colônia mesmo defasada pode ter aumentado a frequência de forrageamento para compensar a diminuição de indivíduos. Isso pode ter causado uma compensação do efeito da predação fazendo com que o efeito se perdesse a nível de comunidades. Por outro lado, a porcentagem de cupins predados foi muito baixa (28%), sendo que isso já demonstra indiretamente que as formigas podem estar mais interessadas em outros itens alimentares. Mesmo as formigas predadoras podem se alimentar de diversos tipos de presas principalmente das mais nutritivas (Traniello, 1989; Platner et al., 2012).

Stuart (1963) mostrou ainda que os cupins subterrâneos podem apresentar dois tipos de alarme quando submetidos a perturbações. O alarme geral, onde um grande número de indivíduos são afetados ao mesmo tempo e apresentam comportamento que inclui a interrupção da atividade normal, aumento na excitação ou aglomeração do grupo que pode ser o padrão encontrado em nosso estudo quando observadas todas as estações, já que a porcentagem de ocupação foi muito baixa. Já o alarme específico afeta um ou poucos indivíduos e o comportamento apresentado é de recrutamento e preparação para a defesa (Stuart, 1967). Esta capacidade de se defender em grupo pode também ter favorecido os cupins na permanência em ambientes sob risco de predação por formigas.

Além disso, a ameaça das formigas sobre os cupins pode ter facilitado fuga através dos tubos satélites subterrâneos (Ku et al., 2013). De acordo com Abensperg-Traun et al. (1996), colônias de cupins podem utilizar ninhos satélites para escapar de predadores, além de permitir aos cupins voltar à fonte de alimentação anterior após certas perturbações, que em nosso caso foi o risco de predação por formigas.

Os cupins, forrageiam parte do tempo na superfície do solo e também permanecem algum tempo em seus ninhos (Cho & Lee, 2014). Este hábito de voltar para o ninho pode proteger grande parte dos indivíduos que de alguma forma são capazes de manter a atividade normal (Leponce et al., 1999).

Ainda, outros fatores podem ter influenciado na ausência de interações tróficas entre formigas e cupins. A altura da serapilheira presente solo é um fator que não foi medido neste trabalho, mas que pode ser importante por regular o forrageamento de insetos no solo (Araújo, 2010) através da dificuldade de encontro entre predadores e presas e a dificuldade de locomoção dos organismos por entre as folhas. Ainda sobre matéria orgânica, nossa baixa taxa de perda de peso pode ter sido influenciada pelo aumento da pluviosidade, sendo que a chuva destruiu uma parte das iscas de esterco (desconsideradas no trabalho) e diminuíram a chance de encontro pelos cupins às que restaram. Segundo Freymann et al. (2008), a taxa removida pode ser cerca de 12-57% em um mês, sendo que a maior taxa de remoção acontece em períodos secos.

Além disso, a disponibilidade de recursos na área de estudo pode ter sido importante para justificar o não aumento de formigas nas estações com adição de sardinha. Em metade das estações (15, tratamento), havia sardinha colocada com frequência e mesmo que esta seja uma isca muito conhecida e muito utilizada para a atração de formigas, a metodologia pode ter contribuído para a saciação das formigas

locais (McGlynn et al., 2006) sem que houvesse necessidade destas gastarem energia com predação. No caso dos cupins, ainda que o esterco seja bastante consumido por isópteros (Ferrar & Watson, 1970; Omaliko, 1981; Herrick & Lal, 1996; Gould et al., 2001; Freymann et al., 2008) , havia no campo outros recursos como madeira e folhas secas que podem ter sido utilizados nas áreas de estudo, fazendo com que o esterco fosse somente mais um recurso na área.

5 CONCLUSÕES

Em termos gerais, este trabalho mostra que a comunidade de formigas potencialmente predadoras parecem não influenciar no resultado da atividade de cupins no solo. Além disso, nosso experimento de risco de predação demonstrou que existe uma baixa quantidade de cupins predados por formigas sendo que parece não existir efeito desse risco sobre a atividade de cupins. E em ambientes onde a disponibilidade de recurso não seja limitada, formigas parecem não influenciar negativamente no forrageamento destes cupins. Outros estudos, de caráter manipulativo, que tenham uma escala espacial e temporal mais amplas, são necessários para a melhor elucidação dos efeitos das comunidades de formigas sobre a atividade de cupins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENSPERG-TRAUN, M. Termites (Isoptera) in Western Australia: present and future directions of ecological research. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v.81, p.131–142, 1998.
- ABENSPERG-TRAUN, M.; STEVEN, D.; ATKINS, L. The influence of plant diversity on the resilience of harvester termites to fire. **Pacific Conservation Biology**, v.2, p.279–280, 1996.
- AGOSTI, D.; MAJER, J. D. .; ALONSO, L. E. . T.; SCHULTZ, R. E. **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. 275p.
- ALLISON, S. D. Brown ground: a soil carbon analogue for the green world hypothesis? **The American Naturalist**, v.167, n.5, p.619–27, 2006.
- ARAÚJO, F. S. Efeitos Bottom-up e top-down na regulação da abundância em comunidades de cupins (Insecta: Isoptera) - Cap. 4, 2010. 1–98p. Tese - Universidade Federal de Viçosa.
- BERENDSE, F.; BOBBINK, R.; ROUWENHORST, G. A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. **Oecologia**, v.78, n.3, p.338–348, 1989.

- BRANDÃO, C.; SILVA, R.; DELABIE, J. Neotropical Ants (Hymenoptera) Functional Groups: Nutritional and Applied Implications. In: **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**, 2011.
- BUCZKOWSKI, G.; BENNETT, G. Protein marking reveals predation on termites by the woodland ant, *Aphaenogaster rudis*. **Insectes Sociaux**, v.54, n.3, p.219–224, 2007.
- CANDOLIN, U. Predation risk affects courtship and attractiveness of competing threespine stickleback males. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.41, n.2, p.81–87, 1997.
- CHEN, B.; WISE, D. H. Bottom-Up Limitation of Predaceous Arthropods in a Detritus-Based Terrestrial Food Web. **Ecology**, v.80, n.3, p.761–772, 1999.
- CHO, J.-H.; LEE, S.-H. Movement efficiency and behavior of termites in tunnels with changing width. **Applied Entomology and Zoology**, v.49, n.3, p.467–473, 2014.
- CONSTANTINO, R. Chave Ilustrada para identificação dos Gêneros de Cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v.40, n.25, p.387–448, 1999.
- CORNELIUS, M.; DAIGLE, D. Responses of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) to three types of wood rot fungi cultured on different substrates. **Journal of economic Entomology**, v.95, n.1, p.121–128, 2002.
- DAHLSJÖ, C. A. L.; PARR, C. L.; MALHI, Y.; RAHMAN, H.; MEIR, P.; JONES, D. T.; EGGLETON, P. First comparison of quantitative estimates of termite

- biomass and abundance reveals strong intercontinental differences. **Journal of Tropical Ecology**, v.30, n.02, p.143–152, 2014.
- DAWKINS, R. **The Blind Watchmaker.** , 1986. 11 a 367p.
- DEF, E. F. U. Estação de Pesquisas, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso, 2014.
- DESOUZA, O.; ALBUQUERQUE, L. B.; TONELLO, V. M.; PINTO, L. P.; JUNIOR, R. R. Effects of Fire on Termite Generic Richness in a Savanna-like Ecosystem (' Cerrado ') of Central Brazil. **Sociobiology**, v.42, n.2, p.1–12, 2003.
- DESOUZA, O.; ARAÚJO, A. P. A.; REIS-JR, R. Trophic controls delaying foraging by termites: reasons for the ground being brown? **Bulletin of Entomological Research**, v.99, n.6, p.603–9, 2009.
- DETRAIN, C.; DENEUBOURG, J.-L.; PASTEELS, J. M. Decision-making in foraging by social insects. **Information Processing in Social Insects**, p.331–354, 1999.
- EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; MAWDSLEY, N. A.; LAWTON, J. H.; WOOD, T. G.; BIGNELL, N. C. The Diversity, Abundance and Biomass of Termites under Differing Levels of Disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.351, n.1335, p.51–68, 1996.
- EGGLETON, P.; TAYASU, I. Feeding groups, lifetypes and the global ecology of termites. **Ecological Research**, v.16, p.941–960, 2001.

- ENGEL, M. S.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, K. Termites (Isoptera): Their Phylogeny, Classification, and Rise to Ecological Dominance. **American Museum Novitates**, v.3650, n.3650, p.1–27, 2009.
- FERRAR, P.; WATSON, J. Termites (Isoptera) associated with dung in Australia. **Journal of the Australian Entomological Society**, v.9, p.100–102, 1970.
- FORKNER, R. E.; HUNTER, M. D. What goes up must come down? Nutrient addition and predation pressure on oak herbivores. **Ecology**, v.81, n.6, p.1588–1600, 2000.
- FORSCHLER, B. T.; HENDERSON, G. Subterranean termite behavioral reaction to water and survival of inundation: Implications for field populations. **Environmental Entomology**, v.24, n.6, p.1592–1597, 1995.
- FREYMAN, B. P.; BUITENWERF, R.; DESOUSA, O.; OLFF, H. The importance of termites (isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: A review. **European Journal of Entomology**, v.105, p.165–173, 2008.
- GONÇALVES, T. T.; REIS JR, R.; DE SOUZA, O.; RIBEIRO, S. P. Predation and interference competition between ants (Hymenoptera : Formicidae) and arboreal termites (Isoptera : Termitidae). **Sociobiology**, v.46, n.2, p.1–12, 2005.
- GOULD, K. A.; HERRICK, J. E.; LEZAMA, H. Refuse to Refuge : Dry Season Use and Modification of Cattle Dung by Subterranean Termites in Guanacaste , Costa Rica. **Biotropica**, v.33, n.1, p.121–130, 2001.
- GRACE, J. K. Biological Control Strategies for Suppression of Termites. **Journal of Agricultural Entomology**, v.14, n.May, p.281–289, 1997.

- HAIRSTON, N. G.; SMITH, F. E.; SLOBODKIN, L. B. Community Structure, Population Control, and Competition. **The American Naturalist**, v.94, n.879, p.421–425, 1960.
- HARTKE, T. R.; BAER, B. The mating biology of termites: A comparative review. **Animal Behaviour**, v.82, n.5, p.927–936, 2011.
- HERRICK, J. E.; LAL, R. Dung decomposition and pedoturbation in a seasonally dry tropical pasture. **Biology and Fertility of Soils**, v.23, p.177–181, 1996.
- HIRSCH, B. T.; MARTINEZ, D.; KURTEN, E. L.; BROWN, D. D.; CARSON, W. P. Mammalian Insectivores Exert Top-Down Effects on Azteca Ants. **Biotropica**, v.0, n.0, p.1–6, 2014.
- HÖLLDOBLER, B.; OLDHAM, N.; ALPERT, G.; LIEBIG, J. Predatory behavior and chemical communication in two *Metapone* species (Hymenoptera: Formicidae). **Chemoecology**, v.151, p.147–151, 2002.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants.** , 1990. 1–566p.
- HU, X. P.; APPEL, A. G.; TRANIELLO, J. F. A. Behavioral Response of Two Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to Vibrational Stimuli. **Journal of Insect Behavior**, v.16, n.5, p.703–715, 2003.
- HUNTER, M. D.; PRICE, P. W. Playing Chutes and Ladders : Heterogeneity and the Relative Roles of Bottom-Up and Top- Down Forces in Natural Communities. **Ecology**, v.73, n.3, p.724–732, 1992.
- HURD, L. E.; WOLF, L. L. Stability in Relation to Nutrient Enrichment in Arthropod Consumers of Old-Field Successional Ecosystems. **Ecological Monographs**, v.44, p.465–482, 1974.

- JAFFE, K.; RAMOS, C.; ISSA, S. Trophic Interactions Between ants and termites that share common nests. **Ecology and Population Biology**, v.80, n.3, p.328–333, 1995.
- JOUQUET, P.; TRAORÉ, S.; CHOOSAI, C.; HARTMANN, C.; BIGNELL, D. Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. **European Journal of Soil Biology**, v.47, n.4, p.215–222, 2011.
- KORB, J.; LINSÉNMAIR, K. E. Evaluation of predation risk in the collectively foraging termite *Macrotermes bellicosus*. **Insectes Sociaux**, v.49, n.3, p.264–269, 2002.
- KU, S. J.; SU, N.-Y.; LEE, S.-H. Movement Efficiency and Behavior of Termites (Isoptera) in Tunnels with Varying Pore Sizes. **Florida Entomologist**, v.96, n.3, p.810–817, 2013.
- LEPAGE, M. G. Étude de la prédation de *Megaponera foetens* (F.) sur les populations récoltantes de Macrotermitinae dans un écosystème semi-aride (Kajiado-Kenya). **Insectes Sociaux**, v.28, n.3, p.247–262, 1981.
- LEPONCE, M.; ROISIN, Y.; PASTEELS, J. M. Community interactions between ants and arboreal-nesting termites in New Guinea coconut plantations. **Insectes Sociaux**, v.46, p.126–130, 1999.
- MCCLUSKEY, E. S. Periodicity and diversity in ant mating flights. **Comparative Biochemistry and Physiology - A Physiology**, v.103, p.241–243, 1992.
- MCGLYNN, T. P.; FAWCETT, R. M.; CLARK, D. A. Litter biomass and nutrient determinants of ant density, nest size, and growth in a Costa Rican tropical wet forest. **Biotropica**, v.41, n.2, p.234–240, 2009.

- MCGLYNN, T. P.; MAY, N.; MCGLYNN, P. Ants on the Move : Resource Limitation of a Litter-nesting Ant Community in Costa Rica. **Biotropica**, v.38, n.3, p.419–427, 2006.
- MCGLYNN, T. P.; POIRSON, E. K. Ants accelerate litter decomposition in a Costa Rican lowland tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.28, n.05, p.437–443, 2012.
- MEDEIROS, L. G. S.; BANDEIRA, A. G.; MARTIUS, C. Termite swarming in the northeastern Atlantic rain forest of Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.34, p.76–87, 1999.
- MEIRA-NETO, A. A.; MARTINS, F. R. Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.437–446, 2002.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.9–15, 2005.
- OMALIKO, E. Dung Deposition, Breakdown and Grazing Behavior of Beef Cattle at Two Seasons in a Tropical Grassland Ecosystem. **Journal of Range Management**, v.34, n.September, p.360–362, 1981.
- PACE, M. L.; COLE, J. J.; CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. **Trends in Ecology & Evolution**, v.14, n.12, p.483–488, 1999.
- PASTOR, J.; DURKEE WALKER, R. Delays in nutrient cycling and plant population oscillations. **Oikos**, v.112, n.3, p.698–705, 2006.
- PEREIRA, Z. V.; DE CARVALHO-OKANO, R. M.; GARCIA, F. C. P. Rubiaceae Juss. da Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil, 2006.

- PLATNER, C.; PIÑOL, J.; SANDERS, D.; ESPADALER, X. Trophic diversity in a Mediterranean food web-Stable isotope analysis of an ant community of an organic citrus grove. **Basic and Applied Ecology**, v.13, p.587–596, 2012.
- POWER, M. E. Top-Down and Bottom-Up Forces in Food Webs : Do Plants Have Primacy. **Ecology**, v.73, n.3, p.733–746, 1992.
- REINHARD, J.; CLÉMENT, J. Alarm reaction of European Reticulitermes termites to soldier head capsule volatiles (Isoptera, Rhinotermitidae). **Journal of Insect Behavior**, v.15, n.1, p.95–107, 2002.
- SCHMITZ, O. J. Resource edibility and trophic exploitation in an old-field food web. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.91, n.June, p.5364–5367, 1994.
- SOFTWARE, R. C. T. R: A language and environment for statistical computing, 2013.
- STUART, A. M. Division of Comparative Physiology and Biochemistry , Society for Integrative and Comparative Biology. **Physiological Zoology**, v.36, n.1, p.85–96, 1963.
- STUART, A. M. Alarm , Defense , and Construction Behavior Relationships in Termites (Isoptera). **Science**, v.156, p.1123–1125, 1967.
- SUMPTER, D. J. T.; PRATT, S. C. A modelling framework for understanding social insect foraging. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.54, p.131–144, 2003.
- TRANIELLO, J. F. A. Foraging Strategies of Ants. **Annual Review of Entomology**, v.34, n.1, p.191–210, 1989.

TRANIELLO, J. F. A.; LEUTHOLD, R. H. Behavior and ecology of foraging in termites. In: ABE, E. D., BIGNELL, E., AND MIGASHI, M., (Ed.), **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology** New York: , Kluwer Academic, 2000.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, RJ: Ministério da economia, fazenda e planejamento, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESTAÇÕES DE COLETA

Tabela 4: Localização geográfica das estações de coleta

Local	Latitude	Longitude
Sede	20 ° 48.138's	042 ° ,51.522'w
L03	20 ° 48.043's	042 ° ,51.936'w
L04	20 ° 48.047's	042 ° ,51.936'w
L05	20 ° 47.964's	042 ° ,51.838'w
L06	20 ° 47.976's	042 ° ,51.860'w
L07	20 ° 47.979's	042 ° ,51.880'w
L08	20 ° 48.998's	042 ° ,51.882'w
L09	20 ° 48.014's	042 ° ,51.884'w
L10	20 ° 48.034's	042 ° ,51.878'w
G11	20 ° 47.994's	042 ° ,51.805'w
G12	20 ° 47.974's	042 ° ,51.755'w
G13	20 ° 47.979's	042 ° ,51.760'w
G14	20 ° 47.996's	042 ° ,51.771'w
P15	20 ° 48.193's	042 ° ,51.456'w
P16	20 ° 48.201's	042 ° ,51.438'w
P17	20 ° 48.207's	042 ° ,51.411'w

Tabela 4 – *Continuação da tabela 4*

P18	20 ° 48.217's	042 °,51.393'w
P19	20 ° 48.227's	042 °,51.373'w
P20	20 ° 48.234's	042 °,51.352'w
P21	20 ° 48.244's	042 °,51.336'w
P22	20 ° 48.258's	042 °,51.321'w
P23	20 ° 48.276's	042 °,51.300'w
P24	20 ° 48.280's	042 °,51.281'w
P25	20 ° 48.290's	042 °,51.266'w
P26	20 ° 48.301's	042 °,51.244'w
P27	20 ° 48.315's	042 °,51.229'w
P28	20 ° 48.338's	042 °,51.226'w
P29	20 ° 48.355's	042 °,51.208'w
P30	20 ° 48.367's	042 °,51.191'w
P31	20 ° 48.383's	042 °,51.172'w
P32	20 ° 48.396's	042 °,51.140'w

APÊNDICE B: PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NOS INTERVALO DE COLETA

O gráfico abaixo mostra a precipitação acumulada nos intervalos entre os nove dias de coleta no campo nos dois grupos de estações.

