



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ - UESC  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**ESPERIDIÃO ALVES DOS SANTOS NETO**

**EFEITOS DO USO DE GLIFOSATO NA ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS DA  
SERRAPILHEIRA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CACAU DO SUL DA  
BAHIA, BRASIL**

**ILHÉUS – BAHIA  
2020**

**ESPERDIÃO ALVES DOS SANTOS NETO**

**EFEITOS DO USO DE GLIFOSATO NA ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS DA  
SERRAPILHEIRA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CACAU DO SUL DA  
BAHIA, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Área de concentração: Ecologia e Conservação da Biodiversidade

Orientador: Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie

**ILHÉUS – BAHIA**

**2020**

**ESPERIDIÃO ALVES DOS SANTOS NETO**

**EFEITOS DO USO DE GLIFOSATO NA ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS DA  
SERRAPILHEIRA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CACAU DO SUL DA  
BAHIA, BRASIL**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Estadual de Santa Cruz, comoparte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestre em Ecologia e Conservação da  
Biodiversidade.**

**Ilhéus, 14 de fevereiro de 2020.**

---

**Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie  
UESC/CEPLAC  
(Orientador)**

---

**Prof. Dra. Sofia Campiolo  
Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC**

---

**Prof. Dr. Alexandre Arnhold  
Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB**

S237

Santos Neto, Esperidião Alves dos.

Efeitos do uso de glifosato na assembléia de formigas da serrapilheira em um sistema agroflorestal de cacau do sul da Bahia, Brasil / Esperidião Alves dos Santos Neto. – Ilhéus, BA: UESC, 2020.

33 f.: il.; anexos.

Orientador: Jacques Hubert Charles Delabie.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Inclui referências.

1. Ecologia agrícola. 2. Formigas. 3. Herbicida. 4. Diversidade biológica. Título.

CDD 577.55

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minhas duas Mães, Vera (que partiu durante essa etapa da minha vida, você estará para sempre no meu coração minha veia, e Ireni, que sempre me incentivou e ajudou em tantos momentos da minha vida.

A minhas irmãs Natália, Vanessa, Gabi, Mariana, Karol, e meu irmão Matheus pelo apoio, amor e força em todos os momentos.

A meus amigos e amigas, em especial Thainã, Kamilla, Thallita, Almi, Gabi, Mirley, Queila, Ellen e Pedro pelo apoio de todos os dias, por sempre torcerem pelo meu sucesso (a reciproca é verdadeira). Eu amo vocês.

Agradeço a minhas amigas e amigos Ilana Julia, Mari, Lidi, Arthur e Fernando que fiz em Ilhéus e que levarei para a vida, juntos conseguimos passar por todos esses momentos com cooperação e com cervejas.

Ao meu orientador Jacques Delabie por todo apoio e paciência durante essa etapa. Por sempre estar disposto a ajudar. Pelas ideias, correções e disponibilidade em ensinar o muito que sabe, e pela preocupação com a nossa postura durante o dia a dia na frente de um computador (senta direito nessa cadeira menino).

Agradeço imensamente a todos que me ajudaram nos trabalhos de campo, que não foram fáceis, e na triagem das amostras, mais difícil ainda. Obrigado de coração, Bianca, Elmo, Muriel, Priscila, Catharina, Laís, Vinicius, Nikary, João, Ivone, Roberta. Sem vocês não seria possível. Agradeço todo o apoio da CEPLAC, em fornecer a estrutura necessária para a realização do trabalho, em especial, agradeço a Sávio e Careca que me ajudaram com os trabalhos mais exaustivos.

Agradeço aos membros da banca examinadora Dr. Alexandre Arnhold e Dr<sup>a</sup>. Sofia Campiolo por aceitarem avaliar essa dissertação,

Agradeço a Fapesb pela concessão da bolsa e ao Cnpq pelo financiamento da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## Sumário

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUÇÃO .....	8
2 METODOLOGIA .....	10
2.1 Área de estudo .....	10
2.2 Desenho experimental e método de amostragem .....	10
2.3 Análises estatísticas .....	11
3 RESULTADOS .....	12
4. DISCUSSÃO .....	21
5. CONCLUSÃO .....	25
6 REFERÊNCIAS .....	26
ANEXOS .....	30

## **EFEITOS DO USO DE GLIFOSATO NA ASSEMBLÉIA DE FORMIGAS DA SERRAPILHEIRA EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CACAU DO SUL DA BAHIA, BRASIL**

### **RESUMO**

Os herbicidas a base de glifosato estão sendo cada vez mais utilizados em atividades agrícolas, principalmente por serem considerados eficientes no combate de plantas daninhas, uma vez que seu uso se restringe a apenas um produto. Embora esse produto já esteja disponível no mercado há algum tempo, poucos estudos abordaram as possíveis implicações de seu uso para invertebrados de serrapilheira, em especial as formigas. Tendo isso em vista, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de herbicidas a base de glifosato na diversidade de espécies de formigas da serrapilheira de cacau, bem como analisar possíveis mudanças na composição da assembleia e perda de grupos funcionais de formigas ao longo do tempo. O presente projeto foi desenvolvido em um cacau situado nas áreas experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC-CEPLAC) no município de Ilhéus, Bahia, Brasil. Foi idealizado um experimento utilizando oito parcelas divididas entre áreas de aplicação, onde foi aplicado o herbicida, e áreas de controle onde não ocorreu nenhuma aplicação. A aplicação seguiu as recomendações do fabricante para utilização do produto. Para observar os possíveis efeitos do glifosato, além da aplicação, foi incluída uma variável temporal, sendo realizadas três coletas em cada área: a primeira sete dias antes da aplicação, a segunda sete dias depois e a última 40 dias após a aplicação. As amostras de formigas foram coletadas a partir de amostragem de serrapilheira pelo meio de extratores de Winkler e sorteadas no Laboratório de Mirmecologia da CEPLAC, onde foram montadas e identificadas ao nível específico ou de morfoespécies e posteriormente agrupadas em grupos funcionais. Os dados analisados sugerem uma influência discreta do produto na riqueza de espécies de formigas bem como uma perda de grupos funcionais de formigas que ocorrem no cacau.

Palavras chave: Formicidae, Grupos funcionais, Herbicida, Riqueza de espécies

## **EFFECTS OF THE USE OF GLYPHOSATE ON THE ASSEMBLAGE OF LEAF-LITTER ANTS IN COCOA AGROFORESTRY SYSTEM IN SOUTH BAHIA, BRAZIL**

### **ABSTRACT**

Glyphosate-based herbicides are being increasingly used in agricultural activities, mainly because they are considered efficient in combating weeds, since their use is restricted to just one product. Although this product has been available on the market for some time, few studies have addressed the possible implications of its use for litter invertebrates, especially ants. With this in mind, the present study aimed to evaluate the effect of the use of glyphosate herbicides on the diversity of ant species of the litter of cocoa plantation, as well as to analyze possible changes in the composition of the assembly and loss of functional groups of ants to the over time. This project was developed in a cocoa plantation located in the experimental areas of the Cocoa Research Center (CEPEC-CEPLAC) in Ilhéus, Bahia, Brazil. An experiment was devised using eight plots divided between application areas, where the herbicide was applied, and control areas where no application occurred. The application followed the manufacturer's recommendations for using the product. In order to observe the possible effects of glyphosate, in addition to the application, a temporal variable was included, with three collections being made in each area, the first collection being seven days before application, the second seven days later and the last 40 days after application. Ant samples were collected from litter sampling by means of Winkler extractors and drawn at CEPLAC's Mirmecology Laboratory, where they were assembled and identified at the specific or mophospecies level and later grouped into functional groups. The analyzed data show a discreet influence of the product on the richness of ant species as well as a loss of functional groups of ants that occur in cacausal.

Key-words: Formicidae, Functional groups, Herbicide, Species richness

## INTRODUÇÃO

Os herbicidas à base de glifosato são atualmente os mais utilizados no mundo, em grande parte porque são considerados eficazes no controle de ervas daninhas, amparados por estudos que sugerem que o seu efeito tóxico para grupos não alvos é insignificante. Outro ponto que faz com que sejam amplamente utilizados é o fato de serem considerados globalmente como pouco prejudiciais ao meio ambiente (Baylis 2000; Woodburn 2000; Lundgren et al., 2009). Embora não sejam vistos como uma ameaça para organismos não alvos, o impacto negativo de determinados herbicidas tem sido avaliado para uma grande quantidade de animais e, em alguns grupos de invertebrados, são observados efeitos que vão desde mudanças no comportamento (Stark; Banks, 2003; Desneux et al., 2007), até alterações na taxa de reprodução (Stark et al., 2007).

No estudo recente de Motta et al. (2018), foram encontrados efeitos deletérios do glifosato em abelhas, causados pela alteração da microbiota intestinal após exposição ao herbicida. Foram também observados efeitos negativos em Neuroptera onde o contato com uma formulação do glifostado afetou seu desenvolvimento e reprodução (Schneider et al. 2009). Além disso, já foram observadas mudanças no comportamento defensivo e locomotor em insetos da ordem Coleoptera (Michalkova e Pekar 2009). Finalmente já foram relatados efeitos diretos de glifosato para atividade locomotora em aranhas (Evans, 2010).

Alguns estudos indicam que a aplicação de herbicidas gere mudanças na dinâmica das populações de artrópodes porque esses insumos alteram a estrutura da vegetação (Jackson; Pitre 2004). Isso faz com que os artrópodes que vivem no solo e na serrapilheira se tornem mais suscetíveis ao herbicida, pois vivem em contato com o substrato onde pode ocorrer acumulação de resíduos da aplicação (Van Straalen, 1998). Entre diferentes estudos que procuraram entender a influência da aplicação de glifosato na dinâmica de comunidades de artrópodes, Boscardin et al. (2014) encontraram alterações nas guildas de formigas após a aplicação de glifosato em plantios de eucaliptos. No entanto, os resultados para efeitos indiretos ainda são controversos, por exemplo, Nakamura et al. (2008) não observaram alterações significativas em comunidades de macro artrópodes após a utilização desse produto. Em contraponto, Mohammed et al. (2017) observaram alterações em comunidades de ácaros e collembolos.

Dentre os artrópodes de solo e serrapilheira, as formigas se destacam pela sua grande diversidade, dominância e biomassa em quase todos os habitats tropicais, tornando-se assim

modelos ideais para estudos focalizando a biodiversidade (Schmidt et al., 2013). Além dessa importância, as formigas apresentam uma grande diversificação de papéis no meio ambiente e suas assembleias estão associadas às características florísticas e abióticas dos locais onde vivem, sendo que quaisquer mudanças nessas condições físicas e biológicas podem interferir na riqueza e abundância desse grupo (Peixoto et al., 2010). Assim, as formigas podem ser consideradas bioindicadores ambientais ideais.

Essas características fazem com que formigas constituem um grupo taxonômico muito importante para avaliar impactos de atividades antrópicas, tais como a agricultura e as técnicas associadas a ela, sendo que a implementação de atividades agrícolas causa uma variedade de impactos que alteram as características físicas, químicas e biológicas dos ambientes naturais (Ribas et al., 2007). Embora seja um grupo bastante conhecido, poucos estudos focalizaram as consequências do uso de glifosato na diversidade de formigas de serrapilheira. Esse estrato é de grande importância para a mirmecofauna visto que, cerca de 50% das espécies, além de uma larga proporção da biodiversidade em geral, podem estar associadas a ele (Delabie; Fowler, 1995).

As formigas são classificadas em diferentes grupos funcionais que levam em conta informações sobre sua história natural, filogenia, distribuição no micro-habitat, características morfológicas, biologia e estilo de vida (Koch et al., 2019). Por se tratar de um grupo bastante diversificado, e com diferentes funções ecológicas a utilização de insumos agrícolas pode afetar de diferentes formas a assembléia de formigas de serrapilheira. Dentre os grupos, um que pode sofrer implicações, as formigas cultivadoras de fungos (Formicidae, Myrmicinae, Attina) podem ter destaque. Elas representam um exemplo clássico de mutualismo, dentro de seus ninhos, cultivam fungos, que servem como fonte de alimento para a colônia e, em troca, as formigas fornecem alimento aos fungos, dispersão para novos locais e um ambiente livre de parasitas e competição (Hölldobler e Wilson 2011). Os efeitos do glifosato em microrganismos ainda são controversos (Clair et al., 2012), e um possível efeito negativo em fungos pode afetar formigas pertencentes a esse grupo, visto a relação mutualística entre eles.

Isso torna particularmente importante o estudo das possíveis implicações do glifosato, que é amplamente utilizado, para a conservação da mirmecofauna e por consequência de todos os serviços ambientais prestados pela família Formicidae. Além da contribuição com estudos em um ambiente ainda não estudado nesse aspecto, que são os sistemas agroflorestais de cacau. Ambientes esses importantes, pois, são considerados próximos de uma mata secundária (Delabie

et al., 2007) e que, em diversas situações, conseguem proporcionar condições que favoreçam a manutenção da diversidade de invertebrados do solo e da serrapilheira.

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo observar possíveis impactos da utilização do herbicida glifosato no sistema agroflorestal cacauero, visando observar possíveis influências do uso desse insumo na riqueza de espécies da comunidade de Formicidae, alterações na composição de espécies e em seus grupos funcionais.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

O presente estudo foi realizado entre os meses de abril e outubro do ano de 2019, em uma área experimental de sistema agroflorestal cacauero no Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC/CEPLAC) localizado no sul do estado da Bahia, município de Ilhéus, Bahia, Brasil (14°46'35"S 39°13'50"W). A temperatura média anual de Ilhéus varia entre 24 e 25°C. A região está inserida no bioma Mata Atlântica e possui um clima quente e úmido sem estação seca bem definida, caracterizado como 'Af' na classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). Apresenta pluviosidade anual que varia entre 1.300 e 2.000 mm e umidade relativa entre 80 e 90 %. O local de estudo corresponde a uma área de aproximadamente 40 hectares no sistema "derruba total", onde as árvores nativas são substituídas por árvores de grande porte que proporcionam sombreamento para os cacaueros. Na área experimental em questão, são utilizadas árvores do gênero *Erythrina* (Cassano et al., 2008). Apresenta densidade por volta de 17,4 árvores de sombreamento por hectare e dossel descontínuo com árvores na faixa de 20 a 25 m de altura (Figura 2) (Gramacho et al., 1992). Os cacaueros foram inicialmente plantados com um adensamento de 1.100 pés por hectare.

### **2.2 Desenho experimental e método de amostragem**

Foram demarcadas oito parcelas de 120 m de comprimento por 25 m de largura ao longo da área de estudo, visando adequar a aplicação do herbicida glifosato às necessidades experimentais. Um intervalo mínimo de 50 metros foi mantido entre sucessivas parcelas. Entre as oito parcelas, quatro receberam a aplicação do produto e quatro não receberam (controle). O produto utilizado na aplicação foi Roundup Original DI (N- (fosfometil) glicina) da marca

Monsanto que é o herbicida mais comumente utilizado em cultivos no Brasil. A aplicação ocorreu seguindo as recomendações do fabricante, com o auxílio de um pulverizador costal, e a quantidade de 6 litros do produto diluído por hectare, numa concentração de 445 mg de glifosato por litro.

Para observar se a utilização do glifosato afeta a assembleia de formigas da serrapilheira, foram sorteados quatro cacauzeiros por parcela, separados por um intervalo mínimo de 25 m, totalizando 16 árvores sem aplicação e 16 árvores com aplicação para o conjunto experimental. Os cacauzeiros selecionados serviram como ponto de referência para que fosse amostrado 1m<sup>2</sup> de serrapilheira a uma distância de 5 metros do tronco do cacauzeiro. Posteriormente, as amostras de serrapilheira foram submetidas ao extrator de Winkler por 48 horas como proposto por Bestelmeyer et al. (2000). Em seguida, no laboratório, as formigas foram separadas dos outros invertebrados e montadas em alfinetes entomológicos para posterior identificação. As amostragens foram repetidas em três períodos distintos, sendo uma coleta anterior à aplicação, outra, sete dias após a aplicação, e a última coleta foi realizada 40 dias após a aplicação do produto. No conjunto do experimento, foram tomadas 96 amostras, sendo 48 após aplicação do insumo e 48 sem aplicação.

As formigas foram identificadas ao nível específico ou de morfoespécie, com o auxílio de chaves de identificação e por comparação com o material da Coleção do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC (CPDC). Uma coleção de referência foi depositada na CPDC. As formigas coletadas foram classificadas em grupos funcionais (GFs) de acordo com Koch et al. (2019). Essa classificação, além de agrupar as espécies levando em conta informações sobre história natural, filogenia, distribuição no micro-habitat, tamanhos dos olhos, corpo, mandíbula, biologia e estilo de vida – como as tradicionais classificações de GFs para formigas da região Neotropical – também leva em conta aspectos mais específicos e informações atuais sobre a biologia das diferentes espécies de formigas (Koch et al., 2019).

### **2.3 Análises estatísticas**

Estimadores de riqueza esperada (Chao 2 e Jackknife1) e índices de diversidade (Shannon-Wiener e Simpson) foram calculados (Colwell, 2013). Curvas de acumulação de espécies foram construídas para verificar o grau de suficiência amostral do estudo para os três períodos de coleta e de cada local, tratamento e controle. O número de espécies registradas foi plotado em função do número de unidades amostrais. Foi utilizado o índice de diversidade de Simpson para observar se

ocorreu uma perda da diversidade em escala regional após a aplicação do produto. Essas análises foram realizadas como auxílio do software EstimateS v 9.1 (Colwell, 2013).

Para avaliar se existe um efeito do glifosato sobre a riqueza de espécies de formigas, assim como se o efeito do glifosato varia de acordo com o tempo de aplicação, foi realizada a análise “Modelo Misto Linear Generalizado” (GLMM), considerando medidas repetidas para as diferentes unidades amostrais dentro de cada parcela. Realizamos a mesma análise considerando como variáveis respostas: a riqueza de formiga, o número de grupos funcionais, a riqueza de espécies especialistas e a riqueza de espécies generalistas. Os dados foram ajustados à distribuição de Poisson. Como variáveis preditoras, foram consideradas a aplicação de glifosato (tratamento e controle) e o período de aplicação (antes, sete dias após aplicação e 40 dias após aplicação). Consideramos a unidade amostral como fator fixo dentro de cada parcela. Isso foi feito para avaliar o real efeito da aplicação sobre a variável resposta em cada unidade amostral. Para realizar as análises descritas foi utilizado a função *glmer* do pacote *lme4* (Bates et al., 2015) no software R v. 3.6.2 (R Core Team, 2019).

Para avaliar se a composição da comunidade de espécies de formigas foi alterada consecutivamente à aplicação do glifosato, foi realizado uma “Análise Multivariada Permutacional de Variância” (PERMANOVA, Anderson 2001). Nesta análise, a presença/ausência de cada espécie de formiga observada nas diferentes parcelas foi a variável resposta, enquanto que as variáveis preditoras foram: o efeito do glifosato (parcelas Controle x tratamento) e o tempo de aplicação (antes, sete dias após aplicação e 40 dias após aplicação). A significância estatística foi obtida através de comparações com um modelo nulo (4.999 permutações da matriz original). Essas diferenças foram ilustradas através de uma “Ordenação Não Métrica Multidimensional” (NMDS) usando o índice de similaridade de Jaccard.

### **3 RESULTADOS**

Foi coletado um total de 66 espécies de formigas na serrapilheira do cacaual estudado. Estas pertencem a 26 gêneros e seis subfamílias: Myrmicinae (62,7%), Ponerinae (17,9%), Formicinae (14,9%), Dolichoderinae, Ectatomminae e Proceratiinae (ambas com 1,5%). Foram encontradas 53 espécies de formigas antes da aplicação do glifosato, 48 espécies após aplicação, e o mesmo número de espécies 40 dias após a aplicação. Encontrou-se um total de 55 espécies, tanto nas amostras controle quanto tratamento. As espécies de formigas mais frequentes em todo o estudo

foram *Solenopsis* sp.1, *Solenopsis* sp.2, *Wasmannia auropunctata* Roger, 1863, *Strumigenys subedentata* Mayr, 1887 *Pheidole asperithorax* Emery, 1894, *Hypoponera* sp.1 e *Strumigenys denticulata* Mayr, 1887 (Tabela 1).

Das 67 espécies encontradas, 36 podem ser consideradas como especialistas e 31 como generalistas. As espécies de formigas foram classificadas em 13 grupos funcionais distintos: “Formigas pequenas que vivem no solo/serrapilheira/subsolo” - SO (37,2% das espécies); “Dacetine predadoras” - DP (21,3%); “Onívoras de tamanho médio que vivem na serrapilheira e subsolo” - MLO e “Predadoras generalistas pequenas que vivem no solo/serrapilheira/subsolo” - SLP (ambas com 10%); “Predadoras generalistas de médio porte na serrapilheira e subsolo” - MLP, “Especialistas em predação de outras formigas” – SSA, e “Formigas de solo especialistas em predação de Millípedes” - SSM (3% ambas); “Formigas cultivadoras de fungos *Coral Agriculture*” – FGCA, “Onívoras de solo de médio e grande porte” - LEO e “Formigas de solo especialistas em predação de outros artrópodes” - SSAE (ambas com 3%), e por fim, “Cultivadoras de fungos *Lower Agriculture*” – FLA e “Cultivadoras de fungos *Yeast Agriculture*” FYA (com apenas uma espécie cada, ou 1,75%) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Lista de espécies e respectiva classificação em grupos funcionais. C = Controle, T = Tratamento. Valores nas colunas indicam a quantidade de vezes que a espécie apareceu nas parcelas.

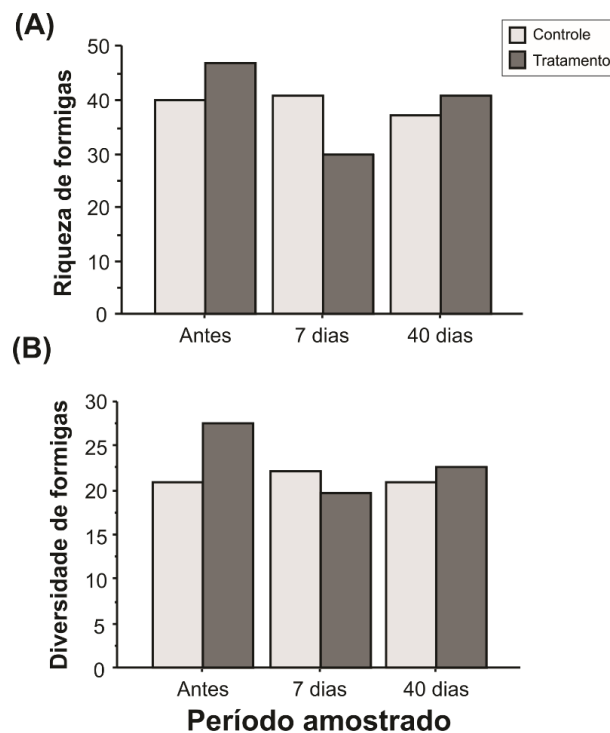
Grupo Funcional	Espécie	Antes da aplicação		07 dias pós aplicação		40 dias pós aplicação	
		C	T	C	T	C	T
	<i>Eurhopalothrix clypeata</i>	2	2	4		2	1
	<i>Strumigenys denticulata</i>	11	9	8	8	8	11
	<i>Strumigenys diabola</i>	1	1	1			1
	<i>Strumigenys eggersi</i>	5	5	9	8	5	4
	<i>Strumigenys elongata</i>	1					
	<i>Strumigenys fridericimuelleri</i>	1	1		2	1	1
	<i>Strumigenys rogeri</i>	1	1	1	1	2	
	<i>Strumigenys rugithorax</i>	2	2	3		3	3
	<i>Strumigenys schulzi</i>	1	1				2
	<i>Strumigenys silvestrii</i>	1		1			
	<i>Strumigenys smithi</i>	12	11	14	8	12	6
DP	<i>Strumigenys subedentata</i>	2	2	4		2	1
FGCA	<i>Apterostigma</i> comp. pilosum sp.1		2		5		2
	<i>Apterostigma</i> comp. pilosum sp.2		1				
FLA	<i>Mycocepurus goeldii</i>	4	1	2	2	3	3

FYA	<i>Cyphomyrmex transversus</i>	7	6	6	3	6	8
LEO	<i>Camponotus fastgatus</i>						1
	<i>Camponotus novogranadensis</i>						1
LEP	<i>Odontomachus haematodus</i>		1	1		2	1
	<i>Odontomachus meinerti</i>	9	10	8	5	9	6
	<i>Pachycondyla harpax</i>		3			1	
MLO	<i>Megalomyrmex drifti</i>			1			
	<i>Nylanderia fulva</i>	5	3	3	3	4	2
	<i>Nylanderia guatemalensis</i>	1	1				
	<i>Nylanderia</i> sp.1	9	4	11	5	9	8
	<i>Nylanderia</i> sp.2	2	2	2	4	1	1
	<i>Nylanderia</i> sp.3		1	2			
MLP	<i>Gnamptogenys moelleri</i>		1	4		3	
	<i>Hylomyrma reitteri</i>	1					
	<i>Mayaponera constricta</i>		4		5	1	2
SLP	<i>Hypoponera</i> sp.1	10	8	14	6	10	7
	<i>Hypoponera</i> sp.2	1		4	1	1	1
	<i>Hypoponera</i> sp.3	1		2			
	<i>Hypoponera</i> sp.4		1				
	<i>Hypoponera</i> sp.5		1	1			
	<i>Hypoponera</i> sp.6	1	2	1	1	1	1
SO	<i>Brachymyrmex admotus</i>	2	2				3
	<i>Brachymyrmex heeri</i>	1	1	3		2	1
	<i>Carebara</i> sp.1					1	1
	<i>Carebara</i> sp.2			1			
	<i>Carebara</i> sp.3						1
	<i>Pheidole arhuaca</i>	6	4	5	2	2	2
	<i>Pheidole asperithorax</i>	9	7	9	8	6	7
	<i>Pheidole midas</i>	6	5	12	3	11	3
	<i>Pheidole radoszkoskii</i>	1					
	<i>Pheidole</i> sp.1 gp Tristis		3		1		
	<i>Pheidole</i> sp.2 gp Fallax			1			
	<i>Pheidole</i> sp.3 gp Fallax			1			
	<i>Pheidole transversostriata</i>	2	3	3		5	3
	<i>Rogeria besucheti</i>	2	5	4	2	2	2
	<i>Rogeria bruchi</i>					1	
	<i>Solenopsis geminata</i>						1
	<i>Solenopsis pollux</i>	4	4	1	1	2	4
	<i>Solenopsis</i> sp.1	12	8	13	11	12	10
	<i>Solenopsis</i> sp.2	12	10	12	12	8	12
	<i>Solenopsis</i> sp.3	3	3	2	5	1	4
	<i>Tapinoma</i> sp.1				1		
	<i>Wasmannia auropunctata</i>	9	9	11	11	9	12
SSA	<i>Octostruma balzani</i>	1	2				

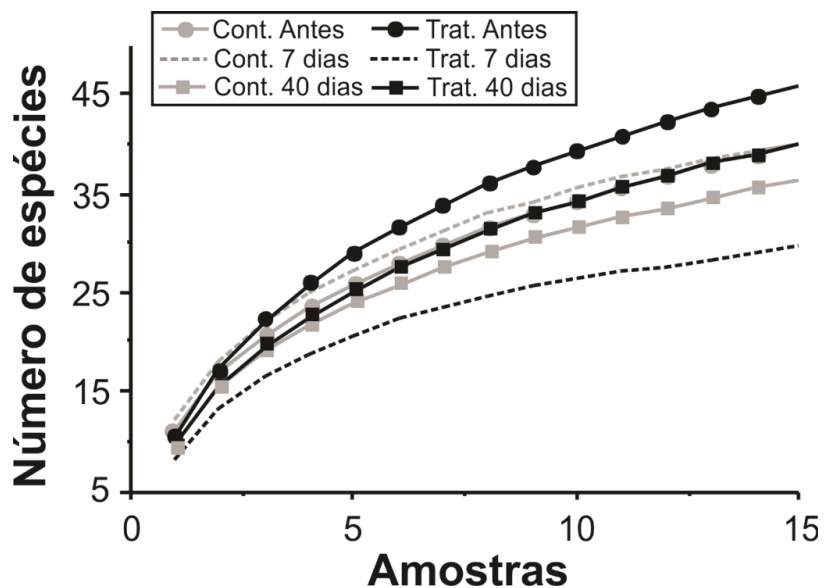
	<i>Octostruma iheringi</i>	1	1	2	1	1	1
	<i>Octostruma stenognatha</i>	3	7	6	4	4	7
SSAE	<i>Discothyrea sexarticulata</i>			1			
	<i>Lachnomyrmex victori</i>		1				2
SSM	<i>Stegomyrmex olindae</i>					1	
	<i>Thaumatomyrmex fraxini</i>			1			
	<i>Thaumatomyrmex multilatus</i>		1			1	

O número de espécies de formigas e a diversidade nas parcelas controle foram menores do que nas parcelas tratamento. Sete dias após a aplicação do glifosato, foi observada uma redução considerável nessas métricas (17 espécies a menos e menor diversidade), quando comparado com o período anterior à aplicação (para tratamento). Entretanto, 40 dias após a aplicação, já se observou um maior número de espécies e diversidade quando comparado com a primeira aplicação. Para as amostras controle, não se observou variações consideráveis nos valores de riqueza e diversidade de formigas (Figura 1).

Como é observado em comunidade de Formicidae em ambientes complexos das regiões tropicais, não se observou nenhuma tendência evidente da estabilização das curvas de acumulação de espécies, tanto para o tratamento com o herbicida, quanto para o controle, e isso, para nenhuma das series amostrais. No entanto, e geral, as curvas relativas às áreas controle apresentaram uma ascendência mais franca quando comparadas com as relativas ao tratamento. Além disso, a curva de sete dias após a aplicação do produto apresenta uma acentuação da curva maior em relação às demais (Figura 2).

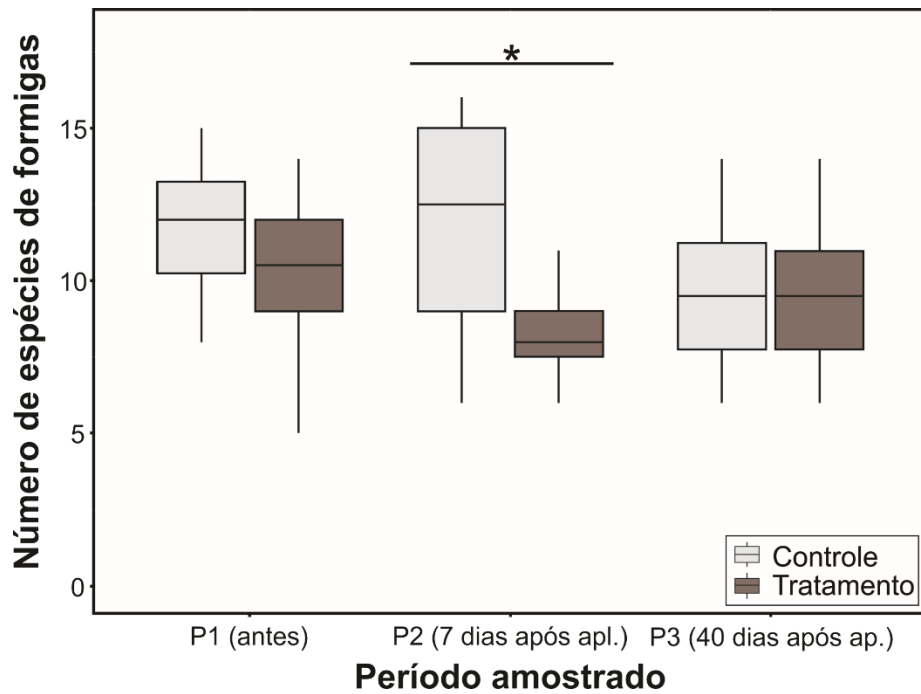


**Figura 1** – Comparação da riqueza e diversidade de espécies de formigas nas áreas de controle e de tratamento e nas series temporais de coletas



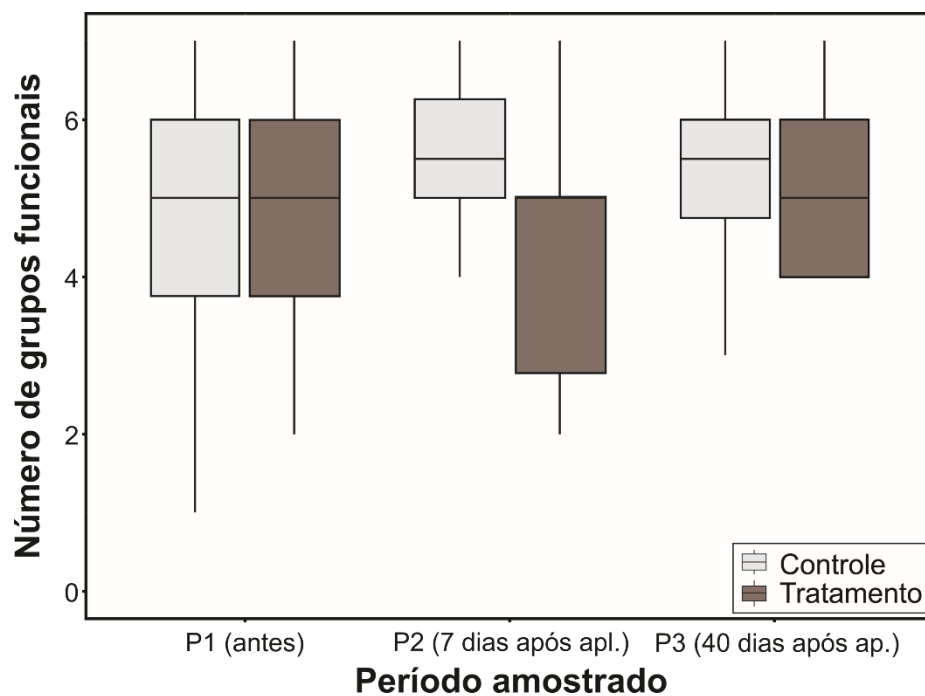
**Figura 2**– Curvas de acumulação de espécies (“curvas do coletor”) para serie de coletas temporais nas áreas de controle e de tratamento.

A riqueza de espécies de formigas só foi afetada pelo glifosato no primeiro período pós-aplicação que foi avaliado (sete dias depois da aplicação de glifosato), apresentando uma diminuição significativa no número médio de espécies de formigas registradas em 1 m<sup>2</sup> de serrapilheira, em relação às amostras controle ( $P < 0,001$ ; (Figura 3)).

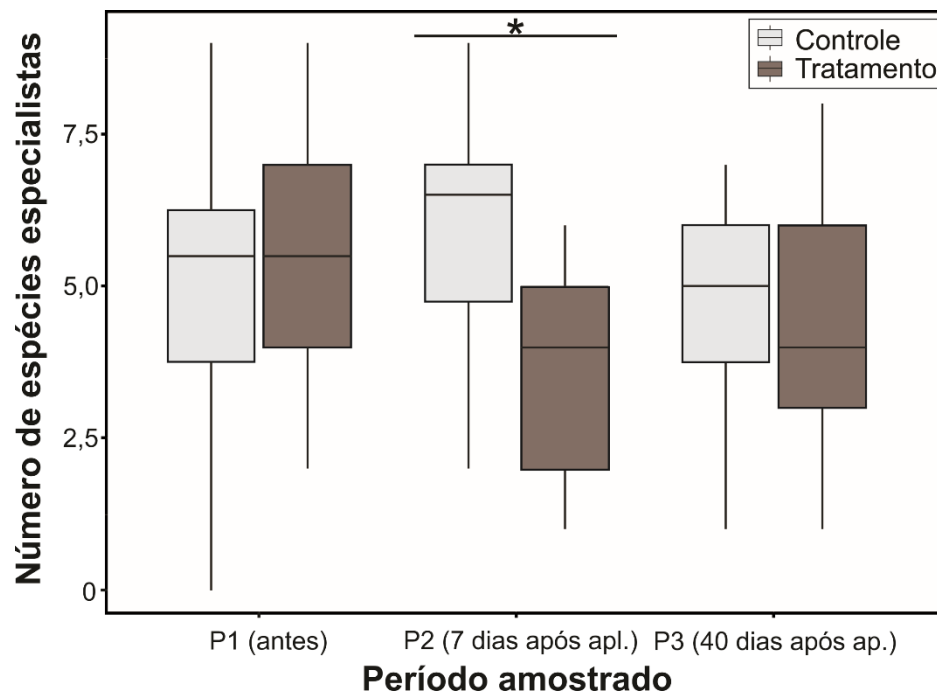


**Figura 3** – Comparação da riqueza média de espécies de formigas nas parcelas de controle e de tratamento e nos diferentes períodos amostrados. Barras verticais sobre as colunas representam valores de desvio-padrão. \* = diferenças significativas.  $P < 0,0168$ .

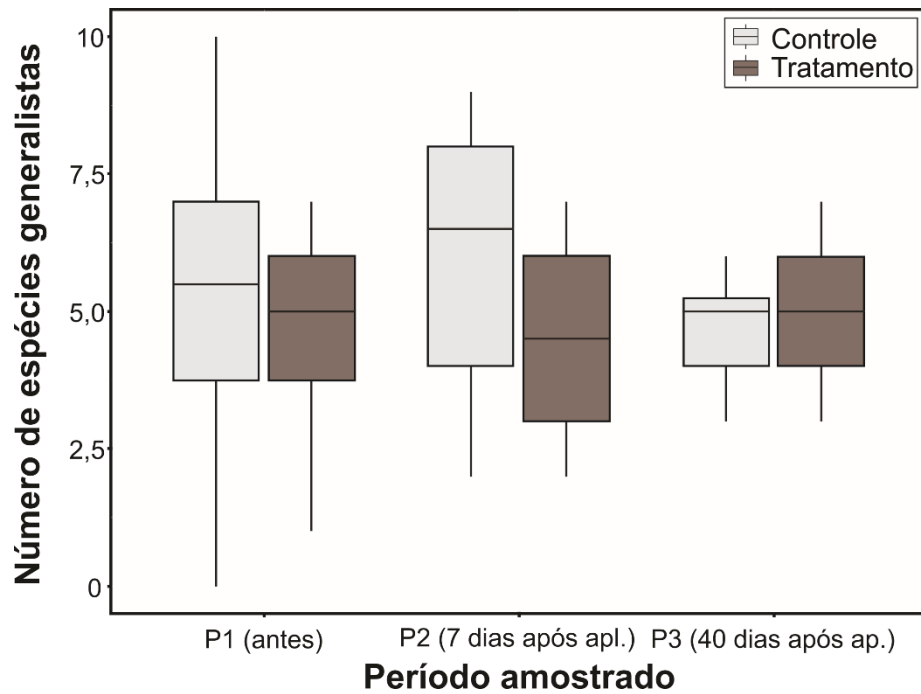
Nenhuma diferença foi observada quando se considera o número médio de grupos funcionais de formigas por amostra de serrapilheira (Figura 4). Entretanto, o mesmo padrão encontrado para a riqueza de espécies foi observado quando se considera somente as espécies especialistas (Figura 3, Tabela 2 Anexo 4). Quando se considera somente as espécies generalistas, não foi observada diferença no número médio de espécies entre áreas de controle e de tratamento, assim como entre os diferentes períodos de amostragem (Figura 6).



**Figura 4** – Comparação da riqueza média de grupos funcionais de formigas nas parcelas controle e tratamento e nos diferentes períodos amostrados. Barras verticais sobre as colunas representam valores de desvio-padrão.

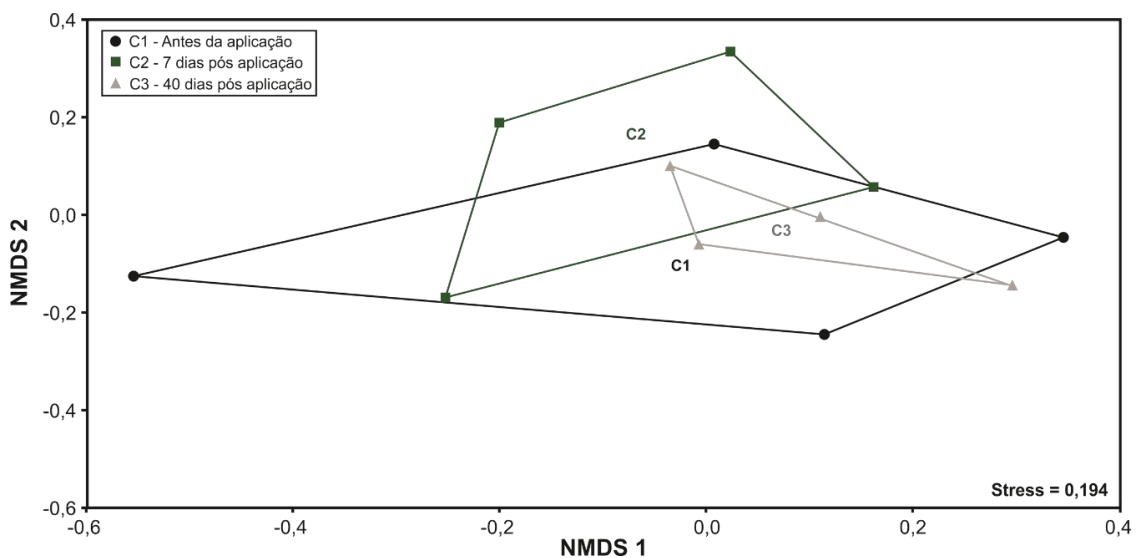


**Figura 5**– Comparação da riqueza média de grupos especialistas de formigas nas parcelas controle e tratamento e nos diferentes períodos amostrados. Barras verticais sobre as colunas representam valores de desvio-padrão. \* = diferenças significativas  $P < 0,014$ .

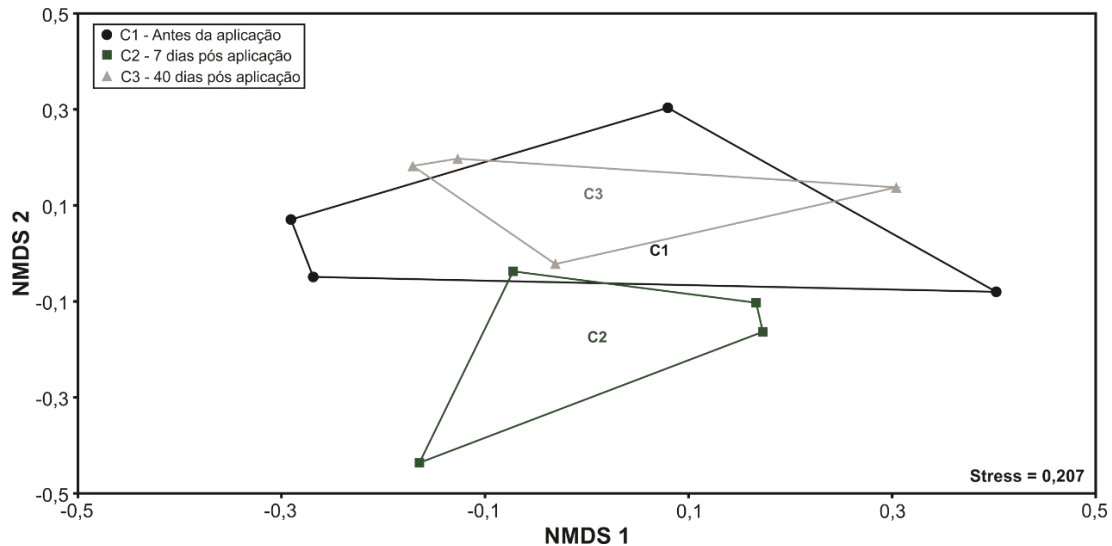


**Figura 6** – Riqueza média de grupos generalistas de formigas nas parcelas controle e tratamento e nos diferentes períodos amostrados. Barras verticais sobre as colunas representam valores de desvio-padrão amostrados.

Não foi observado diferença na composição das assembleias de formigas encontradas nas parcelas controles ao longo dos diferentes períodos de coleta ( $F_{2,9} = 0,762$ ;  $P = 0,832$ ; Figura 6). Entretanto, surpreendentemente também, não foram encontradas diferenças na composição das assembleias de formigas encontradas nas parcelas tratamento de acordo com os diferentes períodos de coleta ( $F_{2,9} = 1,135$ ;  $P = 0,2874$ ; Figura 7).



**Figura 7**—Ordenação Não Métrica Multidimensional (NMDS) da composição da assembleia de espécies de formigas ao longo dos três períodos de amostragem distintos nas parcelas controle (onde não foi aplicado o glifosato).



**Figura 8**—Ordenação Não Métrica Multidimensional (NMDS) da composição da assembleia de espécies de formigas ao longo dos três períodos de amostragem distintos nas parcelas tratamento (onde foi aplicado o glifosato).

Dentre as 47 espécies de formigas amostradas nas parcelas tratamento antes da aplicação, nove deixaram de aparecer após a aplicação do glifosato: *Apterostigma compl. pilosum* sp. 2, *Discothyrea sexarticulata*, *Gnamptogenys moelleri*, *Hypoponera* sp.4, *Hypoponera* sp.5, *Nylanderia* sp.3, *Octostruma balzani*, *Pachycondyla harpax* e *Thaumatomyrmex mutilatus* (Tabela 3, Anexo 5.) Para as amostras controle, as espécies *Brachymyrmex admotus*, *Nylanderia guatemalensis*, *Hylomyrma reitteri*, *Pheidole radoszkowskii*, *Strumigenys fridericimuelleri*, e *Strumigenys silvestrii* foram registradas exclusivamente na primeira coleta realizada. Algumas outras espécies foram registradas exclusivamente tanto nas parcelas controle quanto tratamento, na segunda ou terceira coleta realizada (Tabela 1, Anexo 3).

#### 4. DISCUSSÃO

A subfamília Myrmicinae foi a mais diversa no estudo contribuindo com 62% da diversidade de espécies, seguida pelas Ponerinae (17%). Esses resultados seguem o padrão básico da diversidade de formigas de serrapilheira observado em diversos estudos, tanto regionalmente

(Koch et al. 2019), quanto para a Região Neotropical como um todo (Silva e Silvestre, 2000 e 2004, Hölldobler e Wilson, 1990 e Koch et al., 2019).

Nenhuma das curvas de acumulação de espécies alcançaram a estabilidade, o que é esperado para regiões tropicais e comprovado também em agrossistemas cacauzeiros (ver Delabie et al., 2007; DaRocha, 2016) devido algumas características desses sistemas em manter uma alta diversidade de invertebrados e podendo assim ser considerados próximos a uma floresta secundária (Delabie et al., 2007; Cassano et al., 2009). Isso acontece devido a uma influência da contínua ocorrência de espécies raras nesses ambientes, o que se acentua mesmo com esforços intensos de amostragem (Koch et al. 2019). Quando observamos os valores da diversidade de espécies, é possível observar um efeito negativo após a aplicação do herbicida. Entretanto, esse efeito não se manteve na segunda coleta após a aplicação, apresentando uma tendência de retornar aos valores observados antes da aplicação do glifosato. O mesmo padrão pode ser observado para a riqueza média de espécies, ou seja, quando considerado a unidade de 1m<sup>2</sup> de serrapilheira.

A utilização do herbicida teve influência negativa sobre a riqueza de espécies de formigas por amostra de 1m<sup>2</sup> de serrapilheira na primeira coleta após a aplicação, seguindo de uma retomada na coleta seguinte. Esse resultado contradiz o esperado, de um possível efeito indireto causado pela ação do herbicida na vegetação. Acarretando efeito na assembleia de formigas por meio da perda de cobertura vegetal proporcionada pelas ervas daninhas. Isso pode indicar uma possível ação direta do glifosato na assembleia de formigas, algo ainda não observado para o grupo (Gill et al, 2017), mas já avaliado para outros dois grupos de Hymenopteros. Para vespas, por exemplo, Bueno ET al. (2008) encontraram efeitos prejudiciais aos ovos, enquanto que, para abelhas, para as quais o uso de glifosato é bem mais estudado, já foram demonstrados efeitos diretos do produto que afeta o microbiotame intestinal causando efeitos deletérios às abelhas (Burley, 2010; Motta, 2018).

Outro fator que pode explicar a redução na diversidade de formigas após a primeira aplicação é o comportamento das formigas em evitar certos poluentes. Segundo Folgarait (1998), as formigas podem não responder à presença de poluentes se aninhando longe da influência dos mesmos ou adaptando seu comportamento de forrageamento para evitar o contato com poluentes, como é o caso de forrageiras epigéicas, objeto desse estudo. Tal comportamento das formigas pode fazer sentido se observarmos a meia vida do glifosato que é entre 25 e 45 dias em ambiente natural ( Niermeyer, 2018), período esse que houve o retorno em grande parte da riqueza de espécies encontrada na coleta pré aplicação.

O retorno na diversidade de formigas após a primeira coleta sugere uma recolonização de espécies após os dias que seguiram a aplicação. Porém formigas apresentam taxas de colonização distintas de uma espécie à outra (Byrne, 1994). Isso certamente iria provocar mudanças observáveis na composição de espécies, algo que não foi observado nas áreas submetidas ao tratamento.

Em relação ao efeito (redução após aplicação) observado sobre formigas especialistas, isso, possivelmente, pode estar atrelado ao fato de ocorrer perdas de outros grupos de invertebrados, o que acarretaria em efeitos negativos para diferentes grupos de formigas. De acordo com Andersen (1995), grupos altamente especializados de formigas são sensíveis à perda de recursos essenciais, enquanto que espécies generalistas acabam se beneficiando de uma ampla gama de fatores favoráveis, como tolerâncias de habitat, locais de nidificação mais flexíveis e dietas generalizadas, padrão demonstrado para a resposta de assembleias de formigas à maioria dos distúrbios ambientais em geral (Hoffmann e Andersen 2003; Andersen e Majer 2004). Isso, provavelmente, explicaria por exemplo, a perda de espécies que predam determinados grupos de invertebrados, como por exemplo, colêmbolos, millípedes entre outros, o que corrobora com os achados de Mohammed (2017) sobre os efeitos de glifosato em microartrópodes de solo. Esse resultado parece se confirmar quando observamos a redução da diversidade em grupos específicos de formigas, como no caso do gênero *Strumigenys*, que apresentou uma alta redução na ocorrência de espécies após a aplicação nas parcelas tratamento. Formigas desse gênero são predadoras especializadas em pequenos artrópodes do solo e estão associados a um determinado comportamento de caça e dispositivos morfológicos peculiares (Brown e Wilson, 1959; Hölldobler e Wilson, 1990; Cerdá & Déjean, 2011). Entretanto outras formigas especialistas não apresentaram efeitos negativos, como no caso de formigas cultivadoras de fungo. Um possível efeito nessas formigas era esperado, tendo em vista que fungos podem ser afetados por glifosato. Embora, ainda seja controverso, quais efeitos os fungos podem sofrer em contato com esse herbicida (Clair et al., 2012). Em contraponto aos achados para formigas especialistas, a ocorrência de espécies de gêneros generalistas como *Nylanderia*, *Solenopsis* e *Wasmmania auropunctata* não foi afetada pela aplicação do produto.

Embora outros estudos não tenham apontado efeitos negativos que resultam do uso de glifosato em formigas de serrapilheira. (Guiseppe et al, 2006) ou poucos efeitos para outros grupos de artrópodes, (Mohammed et al, 2017; Evans, 2010), tais estudos focaram em observações em condições de laboratório ou em possíveis efeitos em monoculturas, onde a serrapilheira apresenta

uma menor complexidade, se compararmos com sistemas agroflorestais cacauzeiros. Nesses sistemas encontramos uma extensa e espessa camada de serrapilheira que proporciona uma boa fonte de condições e recursos para formigas e pequenos invertebrados que nidificam e forrageiam nesse local. Partindo desse ponto, sugerimos pesquisas futuras em relação principalmente a ecotoxicologia de formigas, visando observar possíveis efeitos diretos causados em formigas. Outro ponto importante é desenvolver pesquisas sobre a influência desse produto em outros grupos de invertebrados.

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e nas condições experimentais em que esta pesquisa foi realizada, concluímos que o uso de glifosato afetou temporariamente, tanto a riqueza média de espécies, quanto a diversidade nos locais de aplicação. Esses efeitos foram observados logo na coleta seguinte a aplicação, mostrando que o uso do herbicida afeta a assembleia de formigas de maneira imediata, e se normalizando em um período de 40 dias. Essa observação também é válida, quando observamos a diversidade de formigas especialistas, onde as mesmas sofreram o mesmo padrão que a diversidade taxonômica. Ainda serão necessários estudos mais amplos para verificar se existe um efeito mais duradouro sobre a assembleia de formigas, o que não foi evidenciado nesse estudo.

## 6 REFERÊNCIAS

Andersen A. N. (1995) A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *J Biogeogr* 22:15–29

Andersen. A. N., Majer. J. D., (2004) Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. *Fr Ecol Environ* 2:291–298

Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46.

Baylis, A. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Pest Manag Sci* 56:299–308, 2000.

Bestelmeyer, B.T., D. Agosti, L.E. Alonso, C.R.F. Brandão, W.L. Brown, J.H.C. Delabie & R. Silvestre. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: An overview, description, and evaluation, p.122-144. In D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London, Smithsonian Institution Press, 280p.

Boscardin, J., Costa, E.C., Delabie, J.H.C.(2014) Relation between ant communities and environmental quality in *Eucalyptus grandis* submitted to different weedy species control in the south of Brazil. *Entomotropica* 29(3): 173-182.

Byrne, M.M. (1994) Ecology of twig-dwelling ants in a wet lowland tropical forest. *Biotropica* 26:61–72.

Bueno, A.D.F., Bueno, R.C.O., Parra, J.R.P., Vieira, S.S. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. *Ciência Rural* 38(6):1495–1503. 2008

Burlew. D. A., (2010) The effects of pesticide-contaminated pollen on larval development of the honey bee, *Apis mellifera* (Doctoral dissertation, Evergreen State College)

Campos, R.B.F., Schoereder, J.H., Speber, C.F. (2007) Small-scale patch dynamics after disturbance in litter ant communities. *Basic applied Ecology* 8:36-43.

Cassano, C. R., Schroth G., Faria, D., Delabie, J. H. C., Bede, L. (2008) Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*.pp. 577-603.

Cerdá, X. & Déjean, A.(2011) Predation by ants on arthropods and other animals. *Predation in the Hymenoptera: An Evolutionary Perspective* (ed. by C. Polidori), pp. 39–78. Transworld Research Network, Trivandrum, India.

Clair, E., Linn, L., Travert, C., Amiel, C., Séralini, G.-E., & Panoff, J.-M. (2012). Effects of Roundup® and Glyphosate on Three Food Microorganisms: *Geotrichum candidum*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Current Microbiology*, 64(5), 486–491.

DaRocha, W.D., Neves, F.S., Dáttilo, W., Delabie, J.H.C. (2016). Epiphytic bromeliads as key components for maintenance of ant diversity and ant-bromeliad interactions in agroforestry system canopies. *Forest Ecology and Management* (v. 372, pp. 128-136).

Delabie, J. H. C., Fowler, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations, *Pedobiologia*, 39: 423-433 1995.

Delabie, J. H. C., Benoît, J., Nascimento, I. C., Mariano, C. S. F., Lacau, S., Campiolo, S., Stacy, M.P., Leponce, M. (2007). Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity Conservation* (pp. 2359-2384).

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M. (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 52: 81-106.

Evans, S. C., Shaw, E. M., Rypstra, A. L. (2010) Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behaviour and long-term survival. *Ecotoxicology*, 19(7), 1249–1257.

Fittkau, E.A., Klinge, H. (1973) The biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* 5: 2-14.

Gill, J. P. K., Sethi, N., Mohan, A., Datta, S., Girdhar, M. (2017) Glyphosate toxicity for animals. *Environmental Chemistry Letters*, 16(2), 401–426.

Gramacho, I.C.P., Magno, A.E.S., Mandarino, E.P., Matos, A., (1992). *Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia*. CEPLAC, Ilhéus. (Pp. 124)

Guiseppe, K.F.L., Drummond, C. Stubbs, and S. Woods. (2006). The use of glyphosate herbicides in managed forest ecosystems and their effects on non-target organisms with partial reference to ants as bioindicators. *Maine Agricultural and Forest Experiment Station Technical Bulletin* 192

Hoffmann B. D. & Andersen A. N. (2003) responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. *Austral Ecol.* 28, 444–64.

Hölldobler, B.; Wilson E. O. 1990. *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, UK, 732 pp

Hölldobler B, Wilson EO (2011) *The leafcutter ants: civilization by instinct*. W.W Norton and Company, New York

Jackson, R.E., Pitre, H.N. (2004) Influence of Roundup Ready soybean production systems and glyphosate application on pest and beneficial insects in wide-row soybean. *J Agric Urban Entomol* 21:61–70.

Koch, E.B.A., Santos, J.R.M., Nascimento, I.C., Delabie, J.C.H. Comparative evaluation of taxonomic and functional diversities of leaf-litter ants of the Brazilian Atlantic Forest. *Turkish Journal of Zoology*, 43: 437-456. 2019.

Lundgren, J. G., Gassmann, A. J., Bernal, J., Duan, J. J., & Ruberson, J. (2009). Ecological compatibility of GM crops and biological control. *Crop Protection*, 28(12), 1017–1030.

Mohammed AM, Umeozor O, Gbarakoro T. (2017) The Effect of Glyphosate and Multrazine on the Abundance and Diversity of Soil Microarthropods at the University Park, University of Port-Harcourt, Nigeria. *Eur J Exp Bio*.

Motta. E.V.S., Raymann. K., Moran. N.A.(2018) Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proc Natl Acad Sci*.

Nakamura, A., Catterall, C. P., Kitching, R. L., House, A. P. N., & Burwell, C. J. (2008). *Effects* of glyphosate herbicide on soil and litter macro-arthropods in rainforest: Implications for forest restoration. *Ecological Management & Restoration*, 9(2), 126–133.

Peixoto, A.V., Campiolo, S., Delabie, J.H.C. Basic ecological information about the threatened ant, *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae), aiming its effective long-term conservation. Pp. 183-213. In Tepper, G.H. (Ed.). *Species Diversity and Extinction*. Nova Science Publisher, Inc., New York, ISBN: 978-1-61668-343-6, ISBN: 978-1-61668-406-8. 2010. (ebook).

R Development Core Team. 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ribas. C. R.; Schmidt. F. A. ; Solar, R. R. C<sub>2</sub> ; Schoederer. J.H., Valentim. C. L., Sanches. A. L. P., Endringer. F. B. (2007) Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais? *O Biológico*, v. 69, p. 57-60.

Schmidt, F.A., Ribas, C.R., Schoederer, J.H. 2013. How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. *Ecological Indicators* 24:158-166.

Silva, R. R.; Silvestre R. 2000. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, oeste de Santa Catarina. *Biotemas*, 13 (2): 85-105.

Silva, R. R.; Silvestre R. (2004) Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 44 (1): 1-11

Stark, J.D., Banks, J.E. (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48: 505-519.

Stark, J.D., Vargas, R.I., Banks, J.E.(2007) Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. *J. Econ. Entomol.* 100: 1027-1032.

Van Straalen, N. M. (1998) Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology* 9, 429–437.

Woodburn. A.T., (2000) Glyphosate: production, pricing and use worldwide. *Pest Manag Sci* 56: 309–312

**ANEXOS**

**Anexo 1** – Foto do momento da aplicação do herbicida



**Anexo 2** – Foto do local 40 dias após a aplicação

**Anexo 3 Tabela 1.** - Resumo do Modelo misto linear generalizado (GLMM) testando a relação de efeito do glifosato e do tempo de aplicação sobre a riqueza de espécies de formigas, número de grupos funcionais, espécies especialistas e generalistas na serrapilheira de cacauzeiros.

		Todas formigas	Grupos funcionais	Formigas especialistas	Formigas generalistas
<b>T2 (7 dias pós aplicação)</b>	Erro padrão	0,106	0,158	0,152	0,148
	z	1,377	1,18	1,139	0,813
	P	0,168	0,238	0,255	0,416
<b>T3 (40 dias pós aplicação)</b>	Erro padrão	0,112	0,16	0,16	0,157
	z	-0,673	0,877	-0,16	-0,785
	P	0,5011	0,38	0,873	0,432
<b>Efeito_GlifosatoTratamento</b>	Erro padrão	0,11	0,161	0,154	0,157
	z	-0,055	0,644	0,696	-0,785
	P	0,956	0,519	0,486	0,432
<b>T2:Efeito_GlifosatoTratamento</b>	Erro padrão	0,158	0,226	0,226	0,222
	z	-2,391	-1,404	-2,458	-0,912
	P	<b>0,0168*</b>	0,16	<b>0,014*</b>	0,362
<b>T3:Efeito_GlifosatoTratamento</b>	Erro padrão	0,159	0,225	0,226	0,224
	z	-0,086	-0,735	-2,458	0,835
	P	0,9313	0,462	0,338	0,404

**Anexo 4 Tabela 2**– Valores de riqueza, diversidade, estatística descritiva e estimadores não paramétricos de riqueza

Efeito Glifosato	Período	Riqueza observada	Singletons	Doubletons	Diversidade (Simpson)	Riqueza esperada (Chao2)	Riqueza esperada (Jackknife1)
Controle	Antes	40	15	7	20,8	55±10,35	54
	7 dias	41	12	7	22,2	50,64±7,34	52,25
	40 dias	37	12	7	20,9	46,64±7,34	48,25
Tratamento	Antes	47	17	8	27,5	63,93±10,97	62,94
	7 dias	30	8	4	19,7	37,5±7,05	37,5
	40 dias	41	15	7	22,7	56,07±10,39	55,06





