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

Jonas José Mendes Aguiar

**Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de regeneração natural de
Cerrado**

RIBEIRÃO PRETO - SP

ABRIL DE 2017

JONAS JOSÉ MENDES AGUIAR

**Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de regeneração natural de
Cerrado**

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da
USP, como parte das exigências para a obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Entomologia

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Santos

RIBEIRÃO PRETO - SP

ABRIL DE 2017

Aos meus pais, Vânia e Cristóvão, à minha
namorada, Thaís e à minha avó Marta (*em memória*).

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

à minha família e namorada, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e auxiliando nos momentos que precisei. Aos meus pais, Cristóvão e Vânia, (os melhores pais que alguém pode ter), à minha irmã, Dodora, pelo exemplo e amizade, ao tio Ciro, pela parceria, confiança e amizade, à minha namorada Thaís, pelo companheirismo e apoio em toda a minha jornada;

aos meus tios e tias e avó que me auxiliaram direta e indiretamente a chegar onde estou hoje, em especial à madrinha Detinha, sempre presente em toda a minha formação, ao tio Pedro Odilon à tia Ninha e à tia Nilda (*in memorian*) pelo carinho e acolhimento;

ao meu primo Celso pelo apoio em Ribeirão Preto

aos amigos e companheiros do LEEBIO, Chico, Carol, David, Henrique, Lívia, Kássio, Maria Vitória e Renata que me auxiliaram no desenvolvimento do meu trabalho e me acompanharam em grande parte da minha jornada e a todos os membros do LEEBIO, pela amizade e momentos de descontração;

ao meu orientador, Jean, pela amizade, conselhos e pela zoeira (já são quase sete anos);

à banca examinadora deste trabalho;

aos amigos Diego e Wanessa, pelo auxílio sempre que precisei;

aos amigos do LABECOL, José Henrique Schoereder e Júlio Chaul, pelo auxílio e acolhimento

à Renata e Vera, pelo suporte na Pós-Graduação;

ao CNPq e à Duratex pelo suporte financeiro;

por fim, a todos os amigos e familiares, aos professores envolvidos em minha formação, à Universidade de São Paulo, e a todos que de alguma forma contribuíram nessa trajetória.

There is a pleasure in the pathless woods,
There is a rapture on the lonely shore,
There is society, where none intrudes,
By the deep Sea, and music in its roar:
I love not Man the less, but Nature more.

George Gordon Byron
(1788-1824)

RESUMO

AGUIAR, J. J. M. **Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de regeneração natural de Cerrado.** Dissertação – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2017, 59 folhas.

Os bioindicadores são organismos ou comunidades de organismos que apresentam respostas às mudanças do ecossistema, servindo como guia da condição ambiental como um todo. Dentre estas mudanças se destacam as resultantes de ações antrópicas que, no Cerrado, foram responsáveis pela redução da área nativa à metade do valor original. As formigas têm sido utilizadas como bioindicadores em programas de monitoramento de ecossistemas por compartilharem características de alto valor na bioindicação. O presente trabalho buscou o levantamento da diversidade de formigas e identificação de espécies indicadoras em duas áreas com diferentes níveis de regeneração de Cerrado: nível de regeneração inicial e avançado. Objetivou-se testar o pressuposto de que a diversidade de formigas responde ao gradiente de regeneração do Cerrado, apresentando um aumento na diversidade quanto maior for nível de regeneração da área. Adicionalmente, buscou-se avaliar a riqueza e composição de espécies de formigas através das seguintes hipóteses: (1) a riqueza de formigas aumenta sob influência do nível de regeneração mais avançada, possivelmente em decorrência do aumento da diversidade vegetal e de nichos disponíveis; que (2) há uma separação na composição taxonômica e de guildas nas áreas regeneração; e (3) que a riqueza e abundância das guildas, da mesma forma, aumentam sob influência do nível de regeneração das áreas. Para a execução deste trabalho foi realizada uma coleta no início da estação seca as áreas de reserva da fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil. Foram estabelecidas 16 parcelas em cada nível de regeneração nas quais foram distribuídos um total de 128 *pitfalls* epigéicos. No total, foram coletadas 87 espécies/morfospecies de formigas sendo 64 em regeneração inicial e 71 em regeneração avançada sendo que 55,17% das espécies foram encontradas nas duas áreas. Os gêneros mais abundantes coletados foram *Pheidole*, *Solenopsis* e *Camponotus*. As áreas de regeneração avançada apresentaram maior riqueza que a área de regeneração inicial. Foram encontradas diferentes espécies indicadoras em cada área sendo em regeneração inicial: *Solenopsis* sp. e *Dorymyrmex* sp., e em regeneração avançada: *Atta* sp., *Camponotus crassus*, *C. personatus*, *C. sp. E*, *Ectatomma permagnum*, *Pheidole* sp., *Pheidole* sp., *Pseudomyrmex termitarius* e *Pogonomyrmex naegelli*. A análise de composição taxonômica resultou na formação de dois grupos distintos sugerindo que a regeneração dirige a separação taxonômica. Por outro lado, a composição taxonômica de guildas não apresentou distinção estatística clara entre as áreas. As áreas de regeneração avançada apresentaram representantes de todas as nove guildas coletadas, enquanto as áreas de regeneração inicial obtiveram apenas oito. Além disso, houve diferença entre as proporções de guildas entre as áreas. Desta forma, excetuando-se a composição de guildas, as demais hipóteses aqui testadas foram corroboradas concordando assim com o pressuposto do trabalho. O presente trabalho reafirma a eficiência destes componentes em análises comparativas de áreas de regeneração do Cerrado, apresentando respostas visíveis e eficientes em todos os componentes de comunidades aqui analisados.

Palavras-Chave: mirmecofauna; bioindicadores, sucessão, comunidades, guildas

ABSTRACT

AGUIAR, J. J. M. **Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in natural regeneration areas of Cerrado**. Dissertation – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2017, 59 sheets.

Bioindicators are organisms or communities of organisms that respond to ecosystem changes, serving as a guide to the overall environmental condition. Among these changes are those resulting from anthropic actions that, in the Cerrado, were responsible for reducing the native area to half the original value. Ants have been used as bioindicators in ecosystem monitoring programs because they share characteristics of high value in bioindication. The present work sought to survey the diversity of ants and identification of indicator species in two areas with different regeneration level of Cerrado: initial and advanced regeneration levels. The objective was to test the assumption that the response of ant diversity to the regeneration gradient varies according to the regeneration level of each area. In addition, we aimed to evaluate the richness and composition of ant species through the following hypotheses: (1) ant richness increases under the influence of the more advanced regeneration level, possibly due to the increase of plant diversity and available niches; That (2) there is a separation in the taxonomic composition and of guilds in the regeneration areas; And (3) that the wealth and abundance of the guilds likewise increase under the influence of the level of regeneration of the areas. For the execution of this work a collection was carried out at the beginning of the dry season the reserve areas of Nova Monte Carmelo farm, Minas Gerais, Brazil. Sixteen plots were established at each regeneration level in which a total of 128 epigene pitfalls were distributed. In total, 87 species / morphs of ants were collected, 64 in initial regeneration and 71 in advanced regeneration, and 55.17% of the species were found in both areas. The most abundant genera collected were

Pheidole, *Solenopsis* and *Camponotus*. The areas of advanced regeneration presented greater wealth than the initial regeneration area. Different indicator species were found in each area and in initial regeneration: *Solenopsis* sp. And *Dorymyrmex* sp., And in advanced regeneration: *Atta* sp., *Camponotus crassus*, *C. personatus*, *C. sp. E*, *Ectatomma permagnum*, *Pheidole* sp., *Pheidole* sp., *Pseudomyrmex termitarius* and *Pogonomyrmex naegelli*. The analysis of taxonomic composition resulted in the formation of two distinct groups suggesting that regeneration drives the taxonomic separation. On the other hand, the taxonomic composition of guilds did not present a clear statistical distinction between the areas. The areas of advanced regeneration presented representatives of all nine guilds collected, while the areas of initial regeneration obtained only eight. In addition, there was a difference between the proportions of guilds between the areas. Thus, with the exception of guild composition, the other hypotheses tested here were corroborated, thus agreeing with the assumption of the work. The present work reaffirms the efficiency of these components in comparative analyzes of Cerrado regeneration areas, presenting visible and efficient responses in all components of communities analyzed here.

Key-Words: myrmecofauna; bioindicators, succession, communities, guilds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da área de estudo, Fazenda Nova Monte Carmelo, (Minas Gerais, Brasil).

Figura 2. Caracterização do nível de regeneração natural inicial (a, b) e avançada (c, d) na Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Figura 3 - Esquema representativo do método de coleta de formigas epigéicas na Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Figura 4 - Diagrama de Venn mostrando a quantidade e porcentagem de espécies de formigas coletadas em dois níveis de regeneração natural do Cerrado da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Figura 5 - Riqueza de formigas em áreas de Cerrado de regeneração inicial e avançada da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Figura 6 - Curva de acumulação de espécies nos níveis de regeneração avaliados (inicial e avançada) na área de estudo, Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Figura 7. Ranking da abundância das espécies de formigas nas áreas de (a) regeneração inicial e (b) regeneração avançada. As espécies indicadoras são indicadas pelas setas.

Figura 8 - (A) NMDS taxonômico e (B) NMDS funcional em áreas de Cerrado de regeneração inicial e avançada.

Figura. 9 - Média do número de guildas em áreas de Cerrado em regeneração inicial e avançada em Minas Gerais.

Figura. 10 – Distribuição dos tipos de guildas em relação ao número de espécies (A) e proporção de espécies por guilda (B) em áreas de regeneração inicial e avançada de Cerrado: cephalotíneas (C), coletoras de exudados de artrópodes (CEA), espécies crípticas de serapilheira (CS), cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica em decomposição (CFPMPD), desfolheadoras (D), dolichoderíneas agressivas (DA), especialistas mínimas (EM), mirmicíneas generalistas (MG), patrulheiras (P), predadoras grandes (PG).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos gêneros de formigas por guilda amostradas em áreas de regeneração natural de Cerrado da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil). Adaptados seguindo a classificação segundo Silvestre (2003).

Tabela 2 - Espécies indicadoras de áreas com nível de regeneração inicial e avançado em área de Cerrado.

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

APA	American Psychological Association
C	Cephalotíneas
CE	Complexidade estrutural
CEA	Coletoras de exudados de artrópodes
CFPMDP	Cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica em decomposição
CG	Composição de guildas
CS	Crípticas de serapilheira
CT	Composição taxonômica
D	Desfolheadoras
DA	Dolichoderíneas agressivas
EI	Espécies indicadoras
EM	Especialistas mínimas
GR	Gradiente de regeneração
INDVAL	Valor indicador
LABECOL	Laboratório de Ecologia
LEEBIO	Laboratório de Ecologia Evolução e Biodiversidade
NMDS	Non-Metric Multidimensional Scaling
MG	Mirmicíneas generalistas
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
P	Patrulheiras
PG	Predadoras grandes
RA	Regeneração avançada
RI	Regeneração inicial
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 Área de estudo	21
2.2 Seleção da área de coleta das formigas	22
2.3 Métodos de coleta, identificação das formigas e guildas	24
2.4 Análises estatísticas	28
3. RESULTADOS	30
3.1 Riqueza.....	31
3.2 Espécies indicadoras	33
4. DISCUSSÃO.....	42
4.1 Riqueza.....	42
4.2 Espécies indicadoras	43
4.3 Composição taxonômica e funcional (guildas)	46
4.4 Comparações entre guildas	47
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

O termo Cerrado, segundo Ribeiro et al. (1981) é utilizado para agrupar o conjunto de fitofisionomias que ocorrem no Brasil Central, dentre estas podemos destacar as savanas, matas, campos matas de galeria, dentre outras. Localizado basicamente no planalto central e ocupando aproximadamente 23% do território nacional, o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, superado apenas pela Floresta Amazônica (Ribeiro & Walter, 1998). Este bioma abrange parte dos estados da Bahia, Goiás (Distrito Federal), Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins (Sano et al., 2008).

No que diz respeito à biodiversidade, no Cerrado são encontrados um terço da total biodiversidade brasileira (Aguar et al., 2004), sendo considerado um dos 25 *hotspots*¹ mundiais de biodiversidade (Myers et al., 2000; Silva & Bates, 2002). A diversidade de plantas vasculares no Cerrado é superior à encontrada na maioria das regiões do mundo, somando mais de 7.000 espécies (Mendonça et al., 1998), das quais 44% são endêmicas (Klink & Machado, 2005). Adicionalmente, no Cerrado estão presentes 837 espécies de aves, 161 de mamíferos, 120 de répteis, 150 de anfíbios (Myers et al., 2000) e cerca de 67.000 espécies de invertebrados (Aguar et al., 2004).

Historicamente subjugado, este bioma vem, ao longo dos anos, tendo sua área natural convertida em áreas de atividade agropecuária. Cerca da metade de sua área original de 2 milhões/km² foi transformada em pastagens e outras culturas (Klink & Machado, 2005). Estima-se que cerca de 540 mil/km² já estejam ocupados pela pecuária e que 215 mil/Km² pela agricultura (Sano et al., 2010). Segundo Machado et al. (2004), as imagens do satélite *Moderate Resolution*

Imaging Spectroradiometer (MODIS) mostram que 55% da área original já foram vítimas de ação antrópica. Klink & Machado (2005) pontuam que, dentre as consequências da ocupação desordenada deste bioma destacam-se: a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão de solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistema, dentre outros.

Os distúrbios antrópicos que geram a fragmentação florestal causam mudanças na dinâmica das populações de espécies (Hoffman & Moreira, 2002), bem como, na estrutura das comunidades (Lantschner & Rush, 2007). Estas alterações podem gerar uma redução na biodiversidade e comprometer as funções ecológicas. Segundo Lugo (1988), para estimar a redução da biodiversidade nos trópicos é necessário considerar os diferentes usos da terra e o papel das florestas secundárias como refúgio de espécies. Em perspectiva regional, também é importante considerar a importância das espécies exóticas na manutenção da biodiversidade, em especial para ecossistemas sujeitos à ação antrópica (Lugo, 1988). Dentre os distúrbios antrópicos que geram a fragmentação florestal e consequente redução na biodiversidade, destacam-se a pecuária e a silvicultura. Neste sentido, torna-se necessária a utilização de bioindicadores buscando analisar as respostas bióticas às perturbações ambientais.

Os bioindicadores são organismos ou comunidades de organismos que apresentam respostas às mudanças do ecossistema, servindo como guia da condição ambiental do ecossistema como um todo (Gerhardt, 2002). Tradicionalmente os bioindicadores têm sido utilizados para avaliar a resposta do ecossistema às perturbações ambientais, frequentemente de origem antrópica (Bongers & Ferris, 1999; Ferdous & Muktadir, 2009; Costa et al., 2010). Segundo McGeoch

¹ Termo cunhado por Norman Myers (1988) para definir áreas florestais com grande concentração de espécies e

(2007), os insetos, em especial, têm sido utilizados como bioindicadores promissores devido à sua riqueza global, biomassa e função ecológica. Segundo Brown (1997), as principais ordens de insetos utilizados em programas de monitoramento ambiental são: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera. O destaque dado a estes grupos ocorre em decorrência de seu papel desempenhado no ecossistema (e.g., ciclagem de nutrientes, polinização, predação, dispersão de sementes e regulação da população de outros organismos) (Price, 1984). Dentre os Hymenoptera de interesse na bioindicação tem destaque a família Formicidae, representada pelas formigas.

As formigas têm sido utilizadas como bioindicadores em programas de monitoramento da conservação por compartilharem características de alto valor na bioindicação, tais como: (1) ampla distribuição geográfica, (2) abundância local elevada e alta riqueza de espécies, (3) apresentarem respostas rápidas ao estresse do meio, (4) serem facilmente amostradas e (5) por serem um grupo taxonomicamente bem resolvido (Philpott et al., 2010; Ribas et al., 2012a). Consequentemente, este grupo tem sido frequentemente relacionado a diversos fatores ambientais e antrópicos, como a diversidade de recursos (Armbrecht et al., 2004), a heterogeneidade do ambiente (Corrêa et al., 2006), o desmatamento (Watt et al., 2002), o efeito do fogo (Vasconcelos et al., 2008), os gradientes de regeneração (GR) de habitats (Silva et al., 2007; Costa et al., 2010; Neves et al., 2010; Souto et al., 2016), dentre outros (e.g., Andersen et al., 2004; Graham et al., 2009; Nakamura et al., 2003; Ottonetti et al., 2006; Ribas et al., 2011, 2012b).

Em florestas tropicais, a sucessão de plantas pós-distúrbio é comumente caracterizada por um aumento da complexidade estrutural e do aumento na quantidade e diversidade de recursos

(Ruiz et al., 2005). A riqueza de formigas tem sido positivamente relacionada à CE do ambiente (Corrêa et al., 2006), isto pode ser explicado pelo aumento do número de habitats disponíveis para a nidificação e pelo aumento de recursos a serem explorados (Hölldobler & Wilson, 1990; Leal, 2003b). Desta forma, as formigas apresentam características ecológicas que as colocam em um patamar de alta aplicação como bioindicadores em sucessão ambiental.

Dentre os estudos acerca da resposta das comunidades de formigas aos gradientes de regeneração, têm destaque Silva et al. (2006); Schmidt et al. (2013) e Souto et al. (2016), que demonstram que as comunidades de formigas respondem bem aos diferentes gradientes de regeneração na Mata Atlântica (Silva et al., 2006), em Floresta Sazonal Semi-decídua (Schmidt et al., 2013) e na Caatinga (Souto et al., 2016). Na Mata Atlântica, Silva et al. (2006) testaram a resposta das comunidades de formigas ao longo de gradientes de regeneração comparando a mirmecofauna nestas áreas com a de florestas maduras. Os resultados mostraram um maior número de espécies de formigas em floresta madura em comparação com as áreas em regeneração. Desta forma, eles sugerem que a mirmecofauna é uma importante ferramenta para caracterizar os habitats, apresentando um importante papel de bioindicadores. Schmidt et al. (2013) verificaram a resposta das assembleias de formigas de diferentes micro-habitat (arbóreo, epigéico e hipogéico) à regeneração natural de floresta sazonal semi-decídua. Também foi verificado se mudanças nas medidas de diversidade (e.g., riqueza, composição e regularidade) poderiam ser previsíveis e explicadas pelos padrões de recursos disponíveis e da complexidade estrutural ao longo dos gradientes de regeneração. Por fim, foi avaliado o potencial das espécies de formigas como indicadores da recuperação da floresta. Os resultados encontrados não indicaram respostas da riqueza e regularidade das espécies, contudo, a composição de espécies mudou ao longo do GR. Por exemplo, a variação na composição das espécies entre os habitats (pasto e floresta) pôde ser

explicada pelas diferentes respostas apresentadas pelas formigas ao acréscimo da CE ao longo do GR. Mais recentemente, Souto et al. (2016) avaliaram a riqueza e composição de espécies de formigas arbóreas em áreas com gradientes de sucessão secundária, avaliando os efeitos ecológicos da sucessão secundária na riqueza e composição de espécies. Neste estudo foi demonstrado que a riqueza de espécies difere dentre os estágios de sucessão e em diferentes períodos sazonais, com o número de espécies aumentando quanto maior o nível de sucessão e durante o período chuvoso. Tendo também a riqueza variando em decorrência do aumento da complexidade do habitat.

Embora haja diversos trabalhos que investiguem as respostas das comunidades de formigas à regeneração florestal após perturbações antrópicas e naturais (Ottonetti et al., 2006; Silva et al., 2007; Anjos et al., 2015; Andersen et al., 2014; Marinho et al., 2002; Costa et al., 2010), até o momento, nenhum trabalho investigou essas respostas em áreas exclusivas de Cerrado. Por se tratar de um bioma que vem, há décadas, tendo sua área nativa reduzida, os estudos que busquem elucidar o processo de sucessão no Cerrado, bem como avaliar seu estado de preservação, apresentam grande valor acadêmico e aplicado nas práticas preservacionistas.

Neste sentido, o presente estudo buscou o levantamento da diversidade de formigas e análise de espécies indicadoras em duas áreas com diferentes níveis de regeneração de Cerrado (1) nível de regeneração inicial (RI) e (2) avançado (RA). Objetivou-se testar o pressuposto que a resposta da diversidade de formigas ao GR varia de acordo com o nível de regeneração de cada área. Adicionalmente, buscou-se avaliar a riqueza e composição de espécies de formigas através das seguintes hipóteses: (1) a riqueza de formigas aumenta sob influência do nível de regeneração mais elevada, possivelmente em decorrência do aumento da diversidade vegetal e de nichos disponíveis; que (2) que a riqueza e abundância das guildas, da mesma forma, aumentam sob

influência do nível de regeneração das áreas; (3) há uma separação na composição taxonômica e de guildas nas áreas de regeneração.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Fazenda Nova Monte Carmelo (18°55'S, 47°40'O) (Figura 1), pertencente à empresa Duratex S.A. Esta fazenda abrange cinco municípios do estado de Minas Gerais (Araguari, Estrela do Sul, Indianópolis, Nova Ponte e Romaria). A fazenda é destinada ao plantio de *Eucalyptus* sp. para a produção de painéis de madeiras, sendo que a vegetação natural é constituída por formações do domínio Cerrado. A fazenda possui uma área total de 52.000 ha, dos quais 12.000 ha são áreas de Reserva Legal e áreas de preservação permanente. Sendo a Reserva Legal formada por áreas de pasto que em meados dos anos 90 deixaram de ser manejadas e foram deixadas em processo de regeneração natural, dessa forma, estas áreas estão divididas em fragmentos em diversos estágios de regeneração foram averbadas à reserva legal há cerca de 20 anos (Comunicado Duratex, 11 de Janeiro de 2017). O clima desta região é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen, é megatérmico, com verão quente e úmido e inverno frio e seco com precipitação média anual de 1450 mm e média anual de temperatura entre 20°C e 22°C (Alvares et al., 2013). No que diz respeito ao solo, no Cerrado predominam os latossolos, tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, ocorrendo também solos concrecionários em grandes extensões (Ab'Saber, 1983; Lopes, 1984). Especificamente, nas áreas amostradas, são presentes os latossolos vermelhos distroféricos, cambissolos háplico Tb eutrófico e os Gleissolos melânicos Tb distrófico (Universidade Federal de Viçosa, 2010)

Figura 1 - Mapa da área de estudo, Fazenda Nova Monte Carmelo, (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

2.2 Seleção da área de coleta das formigas

Para amostragem, foram selecionadas áreas de Cerrado classificadas em dois níveis de regeneração natural. Esta separação foi realizada por meio de observação direta das áreas, com base exclusivamente da caracterização da complexidade estrutural da vegetação (CE). A caracterização das áreas pode ser descrita da seguinte forma: a) área de regeneração inicial (RI): caracterizada essencialmente por campo aberto, com vegetação limitada à presença de uma alta densidade de indivíduos herbáceos e alguns arbustivos, com rara presença de arbóreos. Também são presentes nesta área uma grande quantidade de pinheiros, objetos frutos da dispersão dos

antigos cultivos presentes em áreas adjacentes (Figura 2a, b); e b) área de regeneração avançada (RA): nesta área, a densidade de indivíduos herbáceos é reduzida e em alguns lugares ainda há a presença de pinheiros. Contudo, é marcada pela presença indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do solo (DAS) ≤ 4 cm e altura ≤ 4 m (Figura 2c,d).

Figura 2. Caracterização do nível de regeneração natural inicial (a, b) e avançada (c, d) na Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

2.3 Métodos de coleta, identificação das formigas e guildas

Em cada nível de regeneração natural, foram estabelecidas 16 parcelas de 50m x 50m, distribuídas aleatoriamente na área de Reserva Legal distantes entre si por no mínimo 500m e alocadas com distância de no mínimo 50m da borda dos fragmentos (Figura 3). No vértice de cada parcela foi posicionada uma armadilha de queda (*Pitfall* epigéico), dessa forma, totalizou-se um esforço amostral de 128 *pitfalls* epigéicos presentes em 32 parcelas distribuídas nas áreas amostradas.

Figura 3 - Esquema representativo do método de coleta de formigas epigéicas na Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

As armadilhas utilizadas consistiram de copos plásticos descartáveis transparentes de 200 ml para os *pitfalls* protegidos contra a chuva por uma cobertura branca feita de pratos descartáveis. Estes recipientes foram preenchidos em dois terços por solução salina de 5% com detergente – utilizado para quebrar a tensão superficial da água. As coletas foram realizadas no período de 23 à 26 de maio 2016, embora as coletas tenham sido realizadas durante o início da estação seca houve uma baixa precipitação na véspera e durante os dias de coleta. As armadilhas ficaram em campo por um período de 72 horas.

Após a coleta, as formigas foram levadas para laboratório para a realização do processo de triagem e montagem. As formigas coletadas foram identificadas, sempre que possível a nível de espécie, utilizando a chave de identificação de Baccaro et al. (2015), com comparações com listas regionais e em consultas ao acervo do Antweb (Fisher, 2002). Os espécimes identificados foram

posteriormente enviados ao especialista do Laboratório de Ecologia (LABECOL) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para confirmação de espécies e depósito em coleção. Adicionalmente, foram depositadas réplicas na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), iniciando a coleção do Laboratório de Ecologia Evolução e Biodiversidade (LEEBIO).

De acordo Longino e Colwell (1997), a possibilidade de se enquadrar invertebrados em grupos funcionais faz com que este grupo tenha um papel importante na avaliação do estado e condição do ambiente. O termo guilda, em Ecologia, é utilizado referindo-se a grupos de espécies que obtém a sobrevivência através da exploração do mesmo tipo de recursos pelas mesmas estratégias de ocupação de nichos (Terborgh & Robinson, 1986). Desta forma, após a montagem e identificação taxonômica das formigas, elas foram agrupadas em guildas, segundo a classificação de guildas de formigas do Cerrado (sensu Silvestre, 2003) em predadoras grandes (PG), patrulheiras (P), espécies crípticas de serapilheira (CS), desfolheadoras (D), cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica em decomposição (CFPMPD), mirmicíneas generalistas (MG), dolichoderíneas agressivas (DA), especialistas mínimas (EM), coletoras de exudados de artrópodes (CEA), cephalotíneas (C) (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos gêneros de formigas por guilda amostradas em áreas de regeneração natural de Cerrado da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil). Adaptados seguindo a classificação segundo Silvestre (2003).

Guildas	Gêneros Incluídos
Cephalotíneas	<i>Cephalotes</i>
Coletoras de Exudados de Artrópodes	<i>Nesomyrmex</i> , <i>Tapinoma</i>
Crípticas de Serapilheira	<i>Anochetus</i> , <i>Centromyrmex</i> , <i>Hypoponera</i> , <i>Pogonomyrmex</i> , <i>Solenopsis</i>
Cultivadoras de Fungo a Partir de Matéria em Decomposição	<i>Cyphomyrmex</i> , <i>Mycetarotes</i> , <i>Mycocepurus</i>
Desfolheadoras	<i>Atta</i> , <i>Acromyrmex</i> , <i>Trachymyrmex</i> ,
Dolichoderíneas Agressivas	<i>Dorymyrmex</i> , <i>Linepithema</i>
Especialistas Mínimas	<i>Brachymyrmex</i> , <i>Forelius</i> , <i>Tranopelta</i>
Mirmicíneas Generalistas	<i>Crematogaster</i> , <i>Pheidole</i> , <i>Ochetomyrmex</i>
Patrulheiras	<i>Camponotus</i> , <i>Pseudomyrmex</i>
Predadoras Grandes	<i>Dinoponera</i> , <i>Ectatomma</i> , <i>Gnamptogenys</i> , <i>Neoponera</i> , <i>Odontomachus</i> , <i>Pachycondyla</i>

*Guilda presente apenas em áreas de regeneração avançada. Fonte: produção própria

2.4 Análises estatísticas

A diferença na riqueza de formigas entre os dois níveis de regeneração foi analisada por dois métodos. Primeiro, pela diferença média da riqueza de espécies por meio do teste-*t* de *Student*, utilizando o software Minitab[®] 17.1.0. Segundo, pela riqueza de espécies acumuladas em escala espacial analisada por meio da construção de curvas de acúmulo de espécies. Estas curvas nos permitem comparar a diversidade das assembleias de formigas em níveis comparáveis de esforço amostral. Segundo Colwell et al. (2004), o intervalo de confiança de 95% permite uma comparação estatística da riqueza de espécies em dois conjuntos de dados. Os procedimentos analíticos das curvas de acúmulo de espécies foram computados no software EstimateS 9 (Colwell, 2006), utilizando-se 500 aleatorizações e amostragem sem reposição.

Para verificar se padrão de abundância relativa das formigas é alterado entre os dois tipos de regeneração natural, foram plotadas as abundâncias relativas pelo ranking das espécies nos dois tipos de regeneração. Em seguida, foi realizada a análise de espécies indicadoras para identificar as espécies de formigas características em cada um dos tipos de regeneração natural. Foi utilizado o método de valores indicadores (sensu Dufrêne & Legendre, 1997). A utilização deste método analisa a combinação dos dados de especificidade (exclusividade a determinado ambiente) e de fidelidade (frequência em cada ambiente) para cada espécie de forma independente. Desta forma, um valor indicador (IndVal), que é apresentado em porcentagem, é atribuído a cada espécie, de forma que um alto valor individual significa que a espécie apresenta alta fidelidade e especificidade a determinada área. A significância dos valores de IndVal foi testada usando o teste de Monte Carlo ($p = 0,05$).

Para testar se existem similaridades taxonômica e de guildas das comunidades de formigas nos dois tipos de regeneração natural, foi realizada a técnica de ordenação escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS; Kruskal, 1964), baseada na distância de Sorensen utilizando o software PC-ORD (McCuneand & Mefford, 1999). Para verificar a existência de diferenças entre as guildas de cada área foram realizados testes Qui-quadrado e teste-*t* de Student.

3. RESULTADOS

No total, foram coletadas 87 espécies/morfospecies de formigas (Anexo A). A área de regeneração inicial apresentou 64 espécies/morfospecies de formigas, já nas áreas de regeneração avançada foram coletadas 71. De todas as espécies, 48 espécies (55,17%) foram encontradas nas duas áreas, as áreas de regeneração inicial apresentaram 16 espécies (18,40%) exclusivas e as áreas de regeneração avançada apresentaram 23 espécies (26,43%) exclusivas (Figura 4). Dentre as espécies coletadas, os gêneros mais abundantes nos dois tipos de regeneração foram *Pheidole* Westwood, 1839; *Camponotus* Mayr, 1861 e *Solenopsis* Westwood, 1840 representando juntos 59% do total de formigas coletadas. Os gêneros que apresentaram maior diversidade coletada também foram *Pheidole* (17 morfospecies), *Camponotus* (16 morfospecies) e *Solenopsis* (6 morfospecies).

Figura 4 - Diagrama de Venn mostrando a quantidade e porcentagem de espécies de formigascoletadas em dois níveis de regeneração natural do Cerrado da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

3.1 Riqueza

Em termos de riqueza média de espécies, as áreas de regeneração avançada apresentaram maior riqueza que a área de regeneração inicial ($t = 2,89$; $gl = 23$; $p = 0,008$) (Figura 5). O esforço amostral não foi suficiente para que houvesse a separação e/ou estabilização das curvas de acúmulo de espécies, sendo assim, as curvas ficaram próximas uma da outra sem atingir o platô (Figura 6).

Figura 5 - Riqueza de formigas em áreas de Cerrado de regeneração inicial e avançada da Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

Figura 6 - Curva de acumulação de espécies nos níveis de regeneração avaliados (inicial e avançada) na área de estudo, Fazenda Nova Monte Carmelo (Minas Gerais, Brasil).

Fonte: produção própria

3.2 Espécies indicadoras

Através da análise da abundância relativa, foi possível evidenciar a ocorrência de diferentes espécies indicadoras nas áreas de regeneração inicial e avançada. Nas áreas de regeneração inicial foram encontradas duas espécies/morfospecies indicadoras: *Solenopsis* sp. e *Dorymyrmex* sp. B, enquanto que nas áreas de regeneração avançada foram encontradas nove (Figura 7): *Atta* sp. A Fabricius, 1804; *Camponotus crassus* Mayr, 1862; *C. personatus* Emery, 1925; *C.* sp. E;

Ectatomma permagnum Forel, 1908; *Pheidole* sp. D; *Pheidole* sp. L; *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855); *Pogonomyrmex naegelli* Emery, 1878 (Figura. 7; Tabela 2). As duas espécies/morfospecies indicadoras do nível de RI estão presentes em 86% (*Dorymyrmex* sp. B) e 70,5% (*Solenopsis* sp. E) das áreas amostradas. Já nas áreas de RA as nove principais espécies indicadoras estão presentes em 81,8% (*Camponotus crassus*), 59,5% (*Pheidole* sp. I), 56,2% (*Atta* sp. A), 49,2% (*Pogonomyrmex naegelli*), 46,1% (*Camponotus personatus*), 45,5% (*Camponotus* sp. E); 38,3% (*Pheidole* sp. D), 37,5% (*Ectatomma permagnum*), e 35,2% (*Pseudomyrmex termitarius*) (Tabela 2).

Figura 7 - Ranking da abundância das espécies de formigas nas áreas de (a) regeneração inicial e (b) regeneração avançada. As espécies indicadoras são indicadas pelas setas.

Fonte: Produção própria

Tabela 2 - Espécies indicadoras de áreas com nível de regeneração inicial e avançado em área de Cerrado.

Espécies indicadoras	Habitat	Valor indicador (VI)*	<i>p</i> values*
<i>Atta</i> sp.A	Avançada	56,2	0,0008
<i>Camponotus crassus</i>	Avançada	81,8	0,0002
<i>Camponotus personatus</i>	Avançada	46,1	0,0478
<i>Camponotus</i> sp.E	Avançada	45,5	0,0138
<i>Dorymyrmex</i> sp.B	Inicial	86	0,0002
<i>Ectatomma permagnum</i>	Avançada	37,5	0,0180
<i>Pheidole</i> sp.D	Avançada	38,3	0,0388
<i>Pheidole</i> sp.I	Avançada	59,5	0,0228
<i>Pogonomyrmex naegelli</i>	Avançada	49,2	0,0130
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	Avançada	35,2	0,0294
<i>Solenopsis</i> sp.E	Inicial	70,5	0,0004

*Valores significativos das análises de espécies indicadoras segundo Dufrêne & Legendre (1997).

Fonte: produção própria

3.3 Composição taxonômica e funcional (guildas)

A avaliação da composição taxonômica e funcional foi realizada por meio de análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Através desta análise foi possível obter dois resultados: (1) foi identificada uma diferenciação taxonômica das formigas entre a regeneração inicial e avançada (estresse = 17) (Figura 8 A); e (2) não foi observada a formação de grupos baseados na similaridade de guildas (estresse = 15) (Figura 8 B). A proximidade dos pontos no NMDS taxonômico representa uma correlação com o eixo 1, sugerindo que o nível de regeneração guia a separação taxonômica.

Figura 8 - (A) NMDS taxonômico e (B) NMDS funcional em áreas de Cerrado de regeneração inicial e avançada.

Fonte: produção própria

As espécies de formigas coletadas foram agrupadas em nove guildas (Tabela 1), havendo maior diversidade de guildas nas áreas de RA (Figura 9) ($t = 3,16$; $gl = 30$; $p = 0,0036$). As áreas de RA apresentaram representantes de todas as nove guildas coletadas neste estudo, enquanto as áreas de RI obtiveram oito guildas – estando ausente a guilda das cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica em decomposição.

Figura. 9 - Média do número de guildas em áreas de Cerrado em regeneração inicial e avançada em Minas Gerais.

Fonte: produção própria

No que diz respeito à proporção de guildas, houve diferença nas as proporções entre guildas de áreas de RI e RA ($X^2 = 19,49$; $gl = 9$; $p = 0,021$) (Figura 10). Sendo que, na área de RI

tiveram destaque as guildas CS e DA. Este padrão provavelmente ocorreu devido à alta abundância das DA dos gêneros *Dorymyrmex* e *Linepithema* e das CS do gênero *Solenopsis*, estes gêneros, segundo Baccaro *et al* (2015) são bem adaptados a ambientes perturbados. Já na área de RA, as guildas mais abundantes foram as P e as MG. Este padrão, provavelmente tem relação direta com os gêneros de formigas P *Camponotus* e com as MG do gênero *Pheidole*. Dos quatro gêneros supracitados, três correspondem aos quatro gêneros mais coletados neste trabalho: *Dorymyrmex*, *Solenopsis*, *Camponotus* e *Pheidole*. Sendo assim, podemos dizer que a proporção de espécies por guildas presentes em cada área de regeneração tem relação direta com a diversidade dos gêneros mais abundantes (Fig. 10).

Figura. 10 – Distribuição dos tipos de guildas em relação ao número de espécies (A) e proporção de espécies por guilda (B) em áreas de regeneração inicial e avançada de Cerrado: cephalotíneas (C), coletoras de exudados de artrópodes (CEA), espécies crípticas de serapilheira (CS), cultivadoras de fungos a partir de matéria orgânica em decomposição (CFPMPD), desfolheadoras (D), dolichoderíneas agressivas (DA), especialistas mínimas (EM), mirmicíneas generalistas (MG), patrulheiras (P), predadoras grandes (PG).

Fonte: produção própria

4. DISCUSSÃO

O presente trabalho apresentou as diferenças na riqueza de espécies entre duas áreas de Cerrado com diferentes níveis de regeneração, uma em estágio de RI e outra em estágio de RA. Além disso, foram identificadas as principais espécies indicadoras de cada área, na área relativa ao Cerrado em RI foram encontradas duas espécies indicadoras, enquanto a área de RA apresentou nove espécies indicadoras. No que diz respeito à composição de espécies, foi possível observar, através da análise de NMDS taxonômico, a formação de dois grupos bem segregados, um formado pelas espécies encontradas nas áreas de RI e outro formado pelas encontradas nas áreas de RA. Por outro lado, os resultados apresentados pela análise de NMDS de guildas não apresentaram a formação de grupos. Por fim, a comparação entre os grupos funcionais apresentou diferenças significativas em relação à composição das guildas em cada área.

4.1 Riqueza

Os resultados das análises de riqueza explicitaram um maior número de espécies exclusivas nas áreas de RA (26,43%), em contraste com as áreas de RI (18,40%). Este resultado corrobora com a hipótese apresentada, de que as áreas de RA apresentariam maior riqueza espécies. De forma geral, a resposta da riqueza de formigas aos gradientes de sucessão ambiental tem sido pouco evidenciada nos trabalhos acadêmicos (veja Schmidt et al., 2007; Silva et al., 2007; Ottonetti et al., 2006). Schmidt et al. (2007) argumentam que a riqueza de espécies pode não representar um bom parâmetro para visualizar resposta das comunidades de formigas a gradientes de sucessão e sugerem a utilização de outros métodos da ecologia de comunidades para a visualização destas respostas (e.g., composição de espécies, guildas, grupos funcionais, etc.). Os resultados aqui apresentados também demonstram uma diferença significativa na riqueza de

espécies entre as áreas de regeneração, diferente dos resultados apresentados por Ottonetti et al. (2006), Silva et al. (2006) e Schmidt et al. (2007). Esta variação, possivelmente pode ter ocorrido devido à grande diferença na complexidade estrutural entre as áreas de regeneração estudadas neste trabalho, enquanto nos trabalhos supracitados a diferença entre os gradientes é mais discreta, o que torna as diferenças entre as riquezas não significativas. Sendo assim, podemos concluir que, a utilização de dados de riqueza de formigas, exceto em casos onde há grande diferença entre os níveis de regeneração, não são uma boa ferramenta para visualização da resposta de comunidades a gradientes de sucessão. Desta forma, este trabalho sugere que, em casos onde haja diferenças ostensivas entre os gradientes amostrados, os dados de riqueza de espécies de formiga podem, de maneira eficiente, responder à sucessão.

4.2 Espécies indicadoras

Os resultados aqui apresentados mostraram um maior número de espécies indicadoras nas áreas de RA (9), em comparação com as áreas de RI (2). As espécies indicadoras de cada área são distintas. Em termos de história natural, os gêneros *Solenopsis*, *Dorymyrmex* (em RI) e *Pseudomyrmex* (em RA), nos permitiram inferir *conditio sine quibus non*¹ do ambiente em que foram coletadas. Os demais gêneros coletados em RA (*Camponotus*, *Pheidole*, *Atta*, *Pogonomyrmex* e *Ectatomma*), por terem história natural muito abrangente não permitiram a realização de inferências. As duas espécies indicadoras de RI pertencem a duas guildas diferentes – crípticas de serapilheira e dolichoderíneas agressivas – enquanto as espécies indicadoras de RA pertencem a cinco guildas diferentes – crípticas de serapilheira, desfolheadoras, mirmicíneas generalistas, patrulheiras e predadoras grandes, a maior diversidade de guildas em áreas de RA sugerem uma maior complexidade estrutural deste ambiente. As informações de guildas em

associação com as espécies indicadoras possibilitaram a realização de importantes inferências acerca da complexidade estrutural dos ambientes amostrados.

Em termos de história natural, os dois gêneros a que pertencem às espécies indicadoras de RI (*Solenopsis* e *Dorymyrmex*) apresentam ampla distribuição e são bem adaptadas a ambientes perturbados.

Segundo Baccaro et al. (2015):

Solenopsis Westwood, 1840 (...)

História natural: são amplamente distribuídas e encontradas nos mais diversos habitats, como ambientes florestais, campos e savanas. Algumas espécies são bem adaptadas a ambientes perturbados, incluindo o meio urbano, onde podem ser encontradas em residências e hospitais. (BACCARO et al., 2015, p. 300).

Dorymyrmex Mayr, 1866 (...)

História natural: constroem ninhos no solo, preferencialmente em lugares abertos, regiões arenosas e com pouca cobertura vegetal. São mais frequentes em regiões áridas ou semiáridas. São encontradas com frequência em ambientes antropizados, embora algumas espécies possam apresentar alto grau de endemismo (BACCARO et al., 2015, p. 134).

Desta forma, é possível perceber uma relação direta entre a história natural das espécies indicadoras de RI com a caracterização descritiva da área de RI. Ou seja, ao analisarmos a história

¹ Expressão derivada do Latim que pode ser traduzida como “condições sem as quais não é possível”

natural das espécies presentes em RI, é possível inferir que esta área apresenta um alto nível de perturbação antrópica. Adicionalmente, estes gêneros são, segundo a classificação de Silvestre (2003), inclusos nas guildas crípticas de serapilheira e dolichoderíneas agressivas, respectivamente. A baixa diversidade de guildas entre as espécies indicadoras nas áreas de RI pode estar relacionada com a limitação de recursos e nichos do habitat. Outrossim, as dolichoderíneas agressivas têm sido frequentemente associadas a distúrbios ambientais, caracterizando campos abertos (Ottonetti et al., 2006). Sendo assim, a análise de espécies indicadoras, em associação com as informações de guildas nos permite inferir sobre a caracterização da área de RI.

No que diz respeito às espécies indicadoras de RA, os gêneros *Pheidole* e *Camponotus* albergam cinco das nove espécies indicadoras desta área. Estes gêneros, por representarem dois dos gêneros megadiversos de formigas do mundo (Bolton, 2016), tornam difíceis as inferências que liguem sua história natural às áreas de regeneração em que foram coletadas. O gênero *Pseudomyrmex*, por outro lado, apresenta história natural mais bem definida e nos permite realizar inferências acerca de seu habitat. Nos permitindo inferir que o ambiente o qual este gênero é indicador apresenta maior complexidade estrutural, apresentando alta densidade de espécies arbóreas.

Segundo Baccaro et al. (2015):

Pseudomyrmex Lund, 1831 (...)

História natural: a maioria das espécies desse gênero possui hábito arborícola e forrageia predominantemente na vegetação. *Pseudomyrmex* pode ser encontrado em uma variedade de habitats, como manguezais, florestas úmidas ou secas e no cerrado. É particularmente

comum em áreas perturbadas, como beiras de estradas e matas secundárias. (BACCARO et al., 2015, p. 354).

As três morfospécies indicadoras restantes, são inclusas nos gêneros *Atta*, *Pogonomyrmex* e *Ectatomma*. Embora a história natural destes gêneros não permita a realização de inferências sobre seu habitat, o fato das espécies indicadoras das áreas de RA, serem distribuídas em cinco guildas diferentes, nos permite inferir que nas áreas de RA há uma exploração mais abrangente de recursos no ambiente que, conseqüentemente, tem uma maior complexidade estrutural.

4.3 Composição taxonômica e funcional (guildas)

O resultado referente à CT apresentou a formação de grupos de espécies bem divididos alinhados ao eixo 1, já no resultado da CG não houve a separação dos grupos. Estas mudanças na CT, caracterizada pela agregação dos pontos das áreas de RI e RA, são reflexos dos diferentes estágios sucessionais destas áreas. Portanto, as diferentes CT nas áreas indicam que as espécies e guildas presentes em determinadas áreas são intimamente guiadas pelo seu grau de regeneração.

Segundo Armbricht et al. (2004), uma presunção amplamente aceita é que a diversidade de um componente em um sistema tende a promover a diversidade de outros componentes. Esta ideia é, segundo Armbricht et al. (2004), derivada do princípio da exclusão competitiva de Gause. Se os consumidores são especialistas em diferentes tipos de recursos eles não se excluem. Este prognóstico harmoniza-se com os resultados aqui apresentados, diferenciando em termos taxonômicos as comunidades de formigas coletadas nas áreas de RI e RA. Esta diferença consiste no alto contraste da complexidade estrutural entre as áreas, onde em RI tem-se um habitat extremamente simplificado, com alta densidade de gramíneas, e pouca diversidade e

densidade de vegetação típica do Cerrado e em RA têm-se um habitat mais complexo, apresentando menor densidade de gramíneas e uma ampla diversidade e densidade de arbóreas e arbustivas típicas do Cerrado. Estas diferenças na CE fazem com que nas áreas de RI haja uma limitação de recursos e nichos que conseqüentemente limitam expansão da diversidade taxonômica e de guildas. Em contraste, a alta complexidade estrutural das áreas de RA permite que haja uma maior disponibilidade de recursos e nichos ocupados por uma maior diversidade de táxons e guildas.

Desta forma, os resultados aqui apresentados corroboram parcialmente com a hipótese que a utilização de dados de CT e CG representam um conjunto de componentes das comunidades de formigas com alta funcionalidade. Sendo que apenas a CT apresentou respostas visíveis ao processo de regeneração florestal. Outros trabalhos que testaram hipóteses similares em áreas de reabilitação de minas (Ottonetti et al., 2006), em áreas de bosques na Colômbia (Estrada & Fernandez, 1999), em eucaliptais de diferentes idades (Mentone et al., 2011) apresentaram resultados similares, em que as CT CG apresentaram resultados bastante significativos.

4.4 Comparações entre guildas

O número de guildas em cada habitat, seguiu a mesma tendência da riqueza de espécies, apresentando maior diversidade nas áreas de RA ($n = 10$) que nas áreas de RI ($n = 9$). Os dados de guildas, analisados de forma isolada, não possibilitaram a realização de inferências ecológicas acerca do estudo. Contudo, estes dados, em associação com os dados de espécies indicadoras permitiu a realização de inferências acerca das diferenças na complexidade estrutural de cada ambiente (veja a seção 4.2). Desta forma, os dados sobre guildas devem ser utilizados em

associação com outros componentes das comunidades de formigas, representam uma importante ferramenta na caracterização indireta dos ecossistemas.

5. CONCLUSÃO

Com o avanço das pesquisas científicas, as formigas têm se destacado como eficientes bioindicadores em diversos trabalhos acadêmicos, respondendo bem a diferentes distúrbios ambientais, sejam eles de origem antrópica ou natural (e.g., efeito do fogo, reabilitação de minas, fragmentação florestal). Diversos componentes das comunidades mirmecológicas apresentam respostas visíveis às alterações ambientais, dentre eles se destacam a riqueza e composição de espécies, as espécies indicadoras e a composição de guildas. O presente trabalho reafirma a eficiência destes componentes em análises comparativas em áreas de regeneração do Cerrado, apresentando respostas visíveis e eficientes em todos os componentes de comunidades aqui analisados. Ademais é o primeiro trabalho a investigar a resposta das comunidades de formigas à regeneração florestal pós-perturbação antrópica em áreas exclusivas de Cerrado e sua importância se faz condigna de seu cunho conservacionista.

6. REFERÊNCIAS²

- Ab'Saber, A. N. (1983). *O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento*. Revista do Servidor Público, 111, 41-55.
- Aguiar, L. D. S., Machado, R. B., & Marinho-Filho, J. (2004). A diversidade biológica do Cerrado. In Ailton T. Vale, *Cerrado: Ecologia e Caracterização* (pp.19-42). Embrapa.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Andersen, A. N., Fisher, A., Hoffmann, B. D., Read, J. L., & Richards, R. (2004). Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. *Austral Ecology*, 29(1), 87-92.
- Andersen, A. N., Ribbons, R. R., Pettit, M., & Parr, C. L. (2014). Burning for biodiversity: highly resilient ant communities respond only to strongly contrasting fire regimes in Australia's seasonal tropics. *Journal of Applied Ecology*, 51(5), 1406-1413.
- Anjos, D. V., Campos, R. B. F., & Ribeiro, S. P. (2015). Temporal Turnover of Species Maintains Ant Diversity but Transforms Species Assemblage Recovering from Fire Disturbance. *Sociobiology*, 62(3), 389-395.
- Armbrrecht, I., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2004). Enigmatic biodiversity correlations: ant diversity responds to diverse resources. *Science*, 304(5668), 284-286.

² De acordo com o estilo APA (American Psychological Association).

- Baccaro, F. B., Feitosa, R. M., Fernández, F., Fernandes, I. O., Izzo, T. J., Souza, J. L. P., & Solar, R. R. C. (2015). Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Ed. INPA, Manaus, Brazil.
- Bolton, B. (2016). An online catalog of the ants of the world. Recuperado de: <http://antcat.org>. (acesso em [10/02/2017])
- Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(6), 224-228.
- Brown, K. S. (1997). Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, 1(1), 25-42.
- Colwell, R. K., Mao, C. X., & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85(10), 2717-2727.
- Colwell, R. K. (2006). EstimateS. Robert K. Colwell.
- Corrêa, M. M., Fernandes, W. D., & Leal, I. R. (2006). Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) from capões in Brazilian Pantanal: relationship between species richness and structural complexity. *Neotropical Entomology*, 35(6), 724-730.
- Costa, C. B., Ribeiro, S. P., & Castro, P. T. (2010). Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha River Basin, Brazil. *Restoration Ecology*, 18(1), 148-157.
- Dufrene, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345-366.

- Estrada, C., & Fernandez, F. (1999). Diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) in a successional gradient of a cloud forest (Narino, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2), 189-201.
- Ferdous, Z., & Muktadir, A. K. M. (2009). A review: potentiality of zooplankton as bioindicator. *American Journal of Applied Sciences*, 6(10), 1815-1819.
- Fisher, B. L. (2002). *Antweb*. The California Academy of Sciences, San Francisco, USA
Recuperado de: [http://www. antweb. org](http://www.antweb.org) (acesso 15 de Janeiro de 2017).
- Gause, G. F. (1934). *The Struggle for Existence*. Baltimore (MD): Williams and Wilkins.. 1970.
Criticisms of invalidation of the principle of competitive exclusion. *Nature*, 227, 89.
- Gerhardt, A. (2002). Bioindicator species and their use in biomonitoring. *Environmental Monitoring*, 1, 77-123.
- Graham, J. H., Krzysik, A. J., Kovacic, D. A., Duda, J. J., Freeman, D. C., Emlen, J. M., ... & Nutter, J. P. (2009). Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. *Ecological Indicators*, 9(5), 866-877.
- Hoffmann, W. A., & Moreira, A. G. (2002). The role of fire in population dynamics of woody plants. In Paulo S. Oliveira, *The Cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (pp. 424) Columbia University Press.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990) *The ants*. (pp. 732) Cambridge: Harvard University Press.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation Biology*, 19(3), 707-713.

- Kruskal, J. B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29(1), 1-27.
- Lantschner, M. V., & Rusch, V. (2007). Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antarctica* en el NO Patagónico. *Ecología austral*, 17(1), 99-112.
- Leal, I. R. 2003. Diversidade de formigas em diferentes unidades da paisagem da Caatinga, p.435-460. In Inara .R. Leal, M. Tabarelli & J. M. Silva (eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga* (pp. 802). Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife,
- Longino, J. T., & Colwell, R. K. (1997). Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological applications*, 7(4), 1263-1277.
- Lopes, A. S. (1984). Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo (pp. 162). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo.
- Lugo, A. E. (1988) Estimating reductions in the diversity of tropical forest species. In Edward O. Wilson, *BioDiversity* (pp. 58-70). Washington, DC: National Academy Press.
- Machado, R. B., Ramos Neto, M. B., Pereira, P. G. P., Caldas, E. F., Gonçalves, D. A., Santos, N. S., ... & Steininger, M. (2004). Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, INPA.
- Marinho, C. G., Zanetti, R., Delabie, J. H., Schlindwein, M. N., & Ramos, L. D. S. (2002). Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, 31(2), 187-195.

- McGeoch, M. A. (2007). Insects and bioindication: theory and progress. In Alan J. A. Stewart, T. R. New, O. T. Lewis *Insect conservation biology* (pp. 144-174). CABI Publishing, London.
- Mendonça, R. D., Felfili, J. M., Walter, B. M. T., Silva Júnior, M. D., Rezende, A. V., Filgueiras, T. S., ... & Almeida, S. D. (1998). Cerrado: ambiente e flora. In Embrapa. *Flora vascular do cerrado* (pp. 556).
- Mentone, T. D. O., Diniz, E. A., Munhae, C. D. B., Bueno, O. C., & Morini, M. S. D. C. (2011). Composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em florestas semidecídua e de *Eucalyptus* spp., na região sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2) 237-246.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Nakamura, A., Proctor, H., & Catterall, C. P. (2003). Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. *Ecological Management & Restoration*, 4(1), S20-S28.
- Neves, F. S., Braga, R. F., do Espírito-Santo, M. M., Delabie, J. H., Fernandes, G. W., & Sanchez-Azofeifa, G. A. (2010). Diversity of arboreal ants in a Brazilian tropical dry forest: effects of seasonality and successional stage. *Sociobiology*, 56(1), 177-194.
- Ottonetti, L., Tucci, L., & Santini, G. (2006). Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in central Italy: potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes. *Restoration Ecology*, 14(1), 60-66.

- Philpott, S. M., Perfecto, I., Armbrrecht, I., & Parr, C. L. (2010). Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. In Lori Lach, Catherine L. Parr, Kirsti L. Abbotti, Ant Ecology (pp. 137-157). Oxford University Press, New York
- Price P. W. (1984) Insect Ecology. 2ed (pp. 607) . New York, John Wiley & Sons.
- Ribas, C. R., Campos, R. B., Schmidt, F. A., & Solar, R. R. (2011). Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012.
- Ribas, C. R., Schmidt, F. A., Solar, R. R., Campos, R. B., Valentim, C. L., & Schoereder, J. H. (2012a). Ants as indicators of the success of rehabilitation efforts in deposits of gold mining tailings. *Restoration Ecology*, 20(6), 712-720.
- Ribas, C. R., Solar, R. R., Campos, R. B., Schmidt, F. A., Valentim, C. L., & Schoereder, J. H. (2012b). Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? *Journal of Insect Conservation*, 16(3), 413-421.
- Ribeiro, J. F., Walter, B. M. T., Sano, S. M., & Almeida, S. D. (1998). Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Embrapa. Cerrado: ambiente e flora. (pp. 556).
- Ruiz, J., Fandino, M. C., & Chazdon, R. L. (2005). Vegetation structure, composition, and species richness across a 56-year chronosequence of dry tropical forest on providencia island, Colombia. *Biotropica*, 37(4), 520-530.
- Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G. (2008). Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Notas científicas. Pesq. Agropec. Bras.* 43(1), 153-156.

- Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L., & Ferreira, L. G. (2010). Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166(1-4), 113-124.
- Schmidt, F. A., Solar, R. R. C., Ribas, C. R., & Schoereder, J. H. (2007). A resposta da riqueza de espécies de formigas a um gradiente de sucessão [Resumo Expandido]. *Biológico*, São Paulo, 69(suplemento 2), 271-274.
- Schmidt, F. A., Ribas, C. R., & Schoereder, 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, J. M. C., & Bates, J. M. (2002). Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot The Cerrado, which includes both forest and savanna habitats, is the second largest South American biome, and among the most threatened on the continent. *BioScience*, 52(3), 225-234.
- Silva, R. R., Feitosa, R. S. M., & Eberhardt, F. (2007). Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 240(1), 61-69.
- Silvestre, R. (2000) Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado (Tese de Doutorado, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo). Recuperado de www.teses.usp.br.
- Souto, S. L., Figueiredo, P., Ambroggi, B., Oliveira, A., Ribeiro, G. T., & Neves, F. (2016). Composition and Richness of Arboreal ants in Fragments of Brazilian Caatinga: Effects of Secondary Succession. *Sociobiology*, 63(2), 762-769.

- Terborgh, J., & Robinson, S. (1986). Guilds and their utility in ecology. In J. Kikkawa & D. J. Anderson, *Community Ecology: Patterns and processes* (pp. 65-90). Blackwell, New York.
- Underwood, E. C., & Fisher, B. L. (2006). The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biological conservation*, 132(2), 166-182.
- Universidade Federal De Viçosa; Fundação Centro Tecnológico De Minas Gerais; Universidade Federal De Lavras (2010) 23°0'0"S Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.
- Vasconcelos, H. L., Leite, M. F., Vilhena, J., Lima, A. P., & Magnusson, W. E. (2008). Ant diversity in an Amazonian savanna: relationship with vegetation structure, disturbance by fire, and dominant ants. *Austral Ecology*, 33(2), 221-231.
- Watt, A. D., Stork, N. E., & Bolton, B. (2002). The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon. *Journal of Applied Ecology*, 39(1), 18-30.

ANEXO A – Lista de espécies/morfospecies amostradas nas áreas em regeneração de cerrado da

Fazenda Nova Monte Carmelo, MG, Brasil.

Acromyrmex balzani (Emery, 1890)
Anochetus sp.A
Atta sp.A
Brachymyrmex sp.C
Camponotus ager (Smith, 1858)
Camponotus atriceps (Smith, 1858)
Camponotus blandus (Smith, 1858)
Camponotus cameranoi Emery, 1894
Camponotus crassus Mayr, 1862
Camponotus melanoticus Emery, 1894
Camponotus personatus Emery, 1894
Camponotus renggeri Emery, 1894
Camponotus rufipes Fabricius, 1775
Camponotus sp.A
Camponotus sp.B
Camponotus sp.C
Camponotus sp.D
Camponotus sp.E
Camponotus sp.F
Camponotus textor Forel, 1899
Cardiocondyla sp.A
Centromyrmex brachycola (Roger, 1861)
Cephalotes pusillus (Klug, 1824)
Crematogaster sp.A
Crematogaster sp.B
Crematogaster sp.C
Crematogaster sp.E
Cyphomyrmex sp.A
Cyphomyrmex sp.B
Cyphomyrmex sp.C
Cyphomyrmex sp.D
Dinoponera australis Emery, 1901
Dorymyrmex sp.A
Dorymyrmex sp.B
Ectatomma brunneum Smith, 1858
Ectatomma edentatum Roger, 1863
Ectatomma opaciventre (Roger, 1861)
Ectatomma permagnum Forel, 1908
Forelius sp.A

Gnamptogenys sp.A
Hypoponera sp.A
Hypoponera sp.B
Hypoponera sp.C
Linepithema aztecoides Wild, 2007
Linepithema sp.A
Linepithema sp.B
Linepithema sp.C
Mycetarotes sp.A
Mycocepurus goeldii (Forel, 1893)
Neoponera marginata (Roger, 1861)
Neoponera verenae Forel, 1922
Nesomyrmex sp.A
Ochetomyrmex sp.A
Odontomachus chelifer (Latreille, 1802)
Odontomachus meinerti Forel, 1905
Pachycondyla harpax (Fabricius, 1804)
Pachycondyla striata Smith, 1858
Pheidole sp.A
Pheidole sp.B
Pheidole sp.C
Pheidole sp.D
Pheidole sp.E
Pheidole sp.F
Pheidole sp.G
Pheidole sp.H
Pheidole sp.I
Pheidole sp.J
Pheidole sp.L
Pheidole sp.M
Pheidole sp.N
Pheidole sp.O
Pheidole sp.Q
Pheidole sp.R
Pogonomyrmex naegelli Emery, 1878
Pseudomyrmex sp.C
Pseudomyrmex termitarius (Smith, 1855)
Solenopsis sp.A
Solenopsis sp.C
Solenopsis sp.D
Solenopsis sp.E
Solenopsis sp.F
Tapinoma melanocephalum (Fabricius, 1793)

Trachymyrmex sp.A

Trachymyrmex sp.B

Trachymyrmex sp.C

Trachymyrmex sp.D

Tranopelta sp.A