

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**DINÂMICA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS FORRAGEADORAS
EPIGÉICAS EM FRAGMENTOS DE MATA SECA DO CERRADO**

ENILTON JOSÉ BERNARDES JÚNIOR

MESTRADO

**Ipameri-GO
2018**

ENILTON JOSÉ BERNARDES JÚNIOR

**DINÂMICA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS
FORRAGEADORAS EPIGÉICAS EM FRAGMENTOS DE MATA
SECA DO CERRADO**

Orientador: Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2018

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

BB522d Bernardes Júnior, Enilton José
Dinâmica de Comunidades de Formigas Forrageadoras Epigéicas
em Fragmentos de Mata Seca do Cerrado / Enilton José Bernardes
Júnior; orientador Márcio da Silva Araújo. -- Ipameri, 2018.
36 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade
Estadual de Goiás, 2018.

1. Bioindicadores. 2. Formigas Forrageadoras. 3. Fragmentação de
Matas Secas. 4. Riqueza de espécies. 5. Similaridade entre
comunidades de formigas. I. Araújo, Márcio da Silva , orient. II.
Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


**TÍTULO: “DINÂMICA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS FORRAGEADORAS
EPIGÉICAS EM FRAGMENTOS DE MATA SECA DO CERRADO”**


AUTOR(A): Enilton José Bernardes Júnior

ORIENTADOR(A): Márcio da Silva Araújo

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM
PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. MÁRCIO DA SILVA ARAÚJO
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. PAULO CÉSAR RIBEIRO DA CUNHA
Instituto Federal Goiano/Câmpus Urutai-GO


Prof. Dr. FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 20 de março de 2018

Aos meus pais, à minha irmã e avó, em especial ao meu mestre. Toda minha família e amigos, que com muito carinho e apoio, fizeram com que mais uma etapa fosse cumprida com excelência, na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, a Deus, pela possibilidade em estar vivo para que tudo isso fosse possível.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri.

Ao Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo pela orientação, paciência e companheirismo recebidos durante todo curso e, principalmente, neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ednaldo Candido Rocha, pelo suporte nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Vagner Santiago do Vale, pelo suporte no levantamento florístico.

À Prof. Dra. Agna Rita dos Santos Rodrigues, pela colaboração na triagem dos formicídeos.

A banca examinadora desta Dissertação de Mestrado, que contribuíram de forma significativa para a melhoria do trabalho final.

Aos amigos: Bruno Lima, Diego Braga, Lilian Cristina, Renata Teixeira e Zélia Diniz, por toda ajuda nos trabalhos de campo, amizade, companheirismo, orientação e boas risadas durante meus estudos e permanência na cidade de Ipameri, Goiás.

A madrinha Cleide, por todo cuidado e conforto prestados durante este processo.

Aos funcionários da UEG - Campus Ipameri, pela colaboração.

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, pelo apoio nas atividades em que foi necessário o uso do Laboratório de Entomologia.

Aos proprietários das áreas experimentais, que gentilmente autorizaram a realização desse trabalho.

Em especial, aos meus pais Enilton José Bernardes e Rosa Ramos da Silva Bernardes, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos.

À minha irmã e avó, pelo carinho e por estarem sempre me apoiando.

A todos os amigos que fiz durante esta breve jornada.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 O Cerrado e implicações de sua fragmentação	2
2.2 Os bioindicadores ambientais	3
2.3 Os formicídeos como indicadores de qualidade ambiental.....	4
3. OBJETIVOS	7
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1 Caracterização da área do estudo	8
4.2 Amostragem dos formicídeos	9
4.3 Análises estatísticas	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
6. CONCLUSÕES	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Uma das principais consequências dos distúrbios antrópicos é a fragmentação dos ambientes naturais. Grande parte da vegetação natural do Cerrado brasileiro encontra-se na forma de pequenos fragmentos, altamente perturbados, isolados e pouco estudados. Principalmente devido a agricultura em larga escala com as culturas de soja e milho, as áreas de Cerrado da região sudeste de Goiás se enquadram neste cenário. Devido as suas peculiaridades, as formigas têm sido usadas como bioindicadores de qualidade ambiental, principalmente em áreas degradadas. Objetivou-se neste trabalho, caracterizar a estrutura das comunidades de formigas forrageadoras epigéicas em distintos fragmentos remanescentes de Mata Seca (MS) e suas respectivas matrizes de entorno (áreas agrícolas: durante a safra, safrinha e entressafra), na região Sudeste de Goiás. O método de captura dos formicídeos foi o de armadilhas com iscas. Correlacionou-se os índices faunísticos das comunidades de formigas capturadas nos fragmentos e suas respectivas matrizes em três momentos distintos: fragmentos de MS circundados por cultivo agrícola durante a safra (soja), safrinha (milho) e entressafra. Foram investigados neste estudo, 10 fragmentos de MS, com áreas variando de 4,22 a 44,4 ha. Ao longo de todo o estudo foram coletados 60 morfoespécies de formiga, distribuídas em 7 subfamílias e 21 gêneros. A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae (24), seguida de Formicinae (19), Ponerinae (6), Ectatomminae (4), Dolichoderinae (4), Pseudomyrmecinae (2) e Heteroponerinae (1). Os gêneros, frequentemente, mais capturados foram: *Camponotus* e *Pheidole*, com 15 e 9 morfoespécies, respectivamente. Foi verificada diferença significativa na riqueza de formigas forrageadoras epigéicas nos ambientes MS e matriz de entorno com culturas de soja, milho e na entressafra. MS apresentou média de 21,1 morfoespécies e matriz de entorno, 10,8 morfoespécies. O tamanho do fragmento de MS não influenciou significativamente a riqueza de formicídeos. Entretanto, a similaridade das comunidades de formicídeos, medida pelo índice de Jaccard, mostrou dois distintos grupos em MS e matrizes de entornos e, também, no conjunto de formigas capturados em MS e matrizes de entorno, em safra, safrinha e entressafra. Nossos resultados sugerem que a riqueza e a composição de comunidades de formigas podem ser usadas como ferramenta de monitoramento de alterações antrópicas de habitats.

Palavras-chave: Formicidae; Fragmentação; Riqueza; Similaridade.

ABSTRACT

One of the main consequences of anthropogenic disturbances is the fragmentation of natural environments. Much of the natural vegetation of the Brazilian Cerrado is in the form of small fragments, highly disturbed, isolated and little studied. Mainly due to large-scale agriculture with soybean and corn crops, the Cerrado areas of the southeastern region of Goiás fall into this scenario. Due to their peculiarities, the ants have been used as bioindicators of environmental quality, mainly in degraded areas. The objective of this work was to characterize the structure of the epigeic foraging ant communities in distinct fragments of Dry Forest and their respective environmental matrices (agricultural areas: during the harvest, onset, and off-season) in the southeastern region of Goiás. The method of capture of the formicidés was that of traps with baits. The faunal indexes of the ants communities captured in the fragments and their respective matrices were correlated in three distinct moments: Dry Forest fragments surrounded by agricultural crops during the harvest (soybean), little crop (corn) and off-season. We investigated 10 MS fragments, with areas varying from 4.22 to 44.4 ha. Throughout the study, 60 ant morphospecies were collected, distributed in 7 subfamilies and 21 genera. The subfamily with the highest number of species was Myrmicinae (24), followed by Formicinae (19), Ponerinae (6), Ectatomminae (4), Dolichoderinae (4), Pseudomyrmecinae (2) and Heteroponerinae (1). The most frequently captured genera were: *Camponotus* and *Pheidole*, with 15 and 9 morphospecies, respectively. It was observed a significant difference in the richness of epigeic ants in Dry Forest environments and in the environment matrix with soy, maize and off-season. Dry Forest presented a mean of 21.1 morphospecies and environment matrix, 10.8 morphospecies. The size of the Dry Forest fragment did not significantly influence the richness of ants. However, the similarity of the ants communities, as measured by the Jaccard Index, showed two distinct groups in DF and matrices of environments and also in the set of ants captured in DF and matrices of environment, in crop, little crop and off-season. Our results suggest that the richness and composition of ant communities can be used as a monitoring tool for anthropogenic habitat alterations.

Keywords: Formicidae; Fragmentation; Richness; Similarity.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira e, também a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. Concentra nada menos que um terço da biodiversidade nacional, com 5 % da flora e da fauna mundial (GOEDERT et al., 2008). Até os anos de 1960, essa região, que ocupa em torno de 20% do território do país, era considerada imprópria para a produção agrícola devido às limitações impostas principalmente pela fertilidade natural de seus solos, a inadequada distribuição das chuvas e, a probabilidade de ocorrência de veranicos durante as estações chuvosas. Em tempos atuais, admite-se que a região possua 50% de terras agricultáveis, sendo dois terços adequados para agricultura e pecuária (LOPES e DAHER, 2008).

A larga ocupação do Cerrado pela agricultura e pela pecuária implica em fragmentação do habitat natural e, quando esse habitat contínuo se torna fragmentado e isolado, a comunidade natural de espécies que ali habita se altera em relação ao seu equilíbrio original, principalmente por causa de efeitos de redução de área habitável e da distância entre remanescentes da vegetação nativa. Assim, conhecer a dinâmica das comunidades remanescentes desses fragmentos remanescentes de vegetação nativa e implicações diversas da fragmentação de habitats sobre a fauna e flora é fundamental para proposição de políticas públicas para minimizar atividades antrópicas.

Insetos, particularmente as formigas, têm sido usados como bioindicadores de qualidade ambiental em diversos ecossistemas. Isso, porque as formigas apresentam alta abundância e riqueza de espécies, possuem táxons especializados, apresentam ampla distribuição geográfica e também, são sensíveis às mudanças ambientais. Além disso, são relativamente fáceis de serem separadas por morfoespécies.

Neste estudo, identificamos comunidades de formigas forrageadoras epigéicas em fragmentos remanescentes de Cerrado (fitofisionomia do tipo Mata Seca) e suas respectivas matrizes de entorno (áreas agrícolas: durante a safra, safrinha e entressafra), na região Sudeste de Goiás e, também, correlacionamos os índices faunísticos das comunidades de formigas capturadas em diferentes fragmentos de Mata Seca e suas respectivas matrizes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Cerrado e implicações de sua fragmentação

O Brasil é mundialmente reconhecido pelo valor científico de sua biodiversidade (diversidade de biomas e biodiversidade identificada em seus *hotspots*), tamanho continental de seu território e pelo tamanho de seus rios (ALHO, 2008). Dentre seus Biomas, merece destaque o Cerrado. Esse Bioma, como um todo, não é savana, uma vez que nele ocorrem florestas (por exemplo, as Matas de Galeria, as Matas Secas e o Cerradão) e campos puros, mas é caracterizado primordialmente por uma típica vegetação de savana, que ocupa 80 a 90% de sua área total, no Brasil Central (EITEN, 1986). Suas diferentes fitofisionomias apresentam fauna e flora consideradas extremamente ricas e diversificadas (GOEDERT et al., 2008). A vegetação do Cerrado é, como um todo, perenifólia, pois, para que a vegetação seja considerada semidecídua é preciso que pelo menos 20% dos indivíduos arbóreos do estrato dominante percam simultaneamente as folhas na estação desfavorável (PILON et al., 2015).

A rápida expansão das fronteiras agrícolas brasileiras verificadas nas últimas três décadas, notadamente no Estado de Goiás (MATOS e SALAZA, 2009), vem causando rupturas nas áreas florestais, ocasionando a perda de hábitat natural e ao mesmo tempo, a fragmentação, com o conseqüente isolamento desses locais nativos (SILVA, 2012; BAGLIANO, 2013). Os parques remanescentes de áreas nativas, na maioria das vezes, são propriedade particulares, registradas como reservas legais, porém, estabelecidas sem nenhum estudo e planejamento (DIAS et al. 2008; HOLANDA, et al. 2010).

A fragmentação de habitats é definida por decorrentes intervenções humanas em que uma extensão de área nativa contínua é transformada em uma série de pequenas porções, com sua área total, reduzidas e isoladas entre si por matrizes diferentes do hábitat natural, composto por agricultura e pastagens (CERQUEIRA et al., 2003; GENELETTI, 2003; SOUZA et al., 2011; RICKLEFS, 2016). Os fragmentos são oriundos de ecossistemas nativos originais e separados uns dos outros por uma matriz antrópica, geralmente, paisagens moldadas pela agricultura, criação de animais, minas, estradas, linhas de transmissão e lagos com função de reservatórios (ARAÚJO, 2007; SOUZA et al., 2014).

A redução da diversidade ecológica tem ligação direta com a fragmentação de ecossistemas, devido à perda de habitat, sendo mais bem compreendido os seus efeitos pelo modelo da Teoria de Biogeografia de Ilhas, onde diz que, áreas maiores, próximas e contínuas, possuem maior riqueza de espécies do que áreas fragmentadas (BARROSO, 2002; MORAES et al., 2012).

A distância entre os remanescentes de habitat, com relação às características do ambiente é a primeira variável a ser relacionada ao isolamento. Obviamente que quanto mais distante, maior o isolamento e, portanto, menor o fluxo de indivíduos. No entanto, esse não é o único fator que separa ou conecta as populações divididas espacialmente (SANCHES et al., 2013). A forma como as áreas florestadas estão dispostas no ambiente também tem importância fundamental para a presença ou não de certas populações, especialmente, quando em proporções baixas do habitat original (ANDRÉN, 1994; FAHRIG, 2003; SANCHES et al., 2013).

As paisagens da região Centro-Oeste no Brasil, apresentam-se, em sua maioria, como mosaicos de agroecossistemas e áreas de vegetação nativa em vários estágios de conservação, formatos e tamanhos. A conservação da biodiversidade em uma área é dependente das interações que ocorrem entre as áreas de mata nativa fragmentada e a matriz circundante a estas, a qual irá permitir ou não a persistência das espécies a longo prazo nestes ambientes (COUTO et al., 2010).

Outro aspecto importante para auxiliar na avaliação da paisagem é analisar a composição da matriz. É de fundamental importância, identificar as modificações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos das bordas na área de contato da matriz circundante com o fragmento (LIMA-RIBEIRO, 2008). Modelos mais antigos, por exemplo, de metapopulação e biogeografia de ilhas, assumiam a matriz como algo homogêneo e inóspito (RICKETTS, 2001). As paisagens predispostas como vegetação não nativa, possuem elementos que apresentam diferentes graus de resistência à passagem dos organismos, podendo funcionar como barreiras.

Compreender os efeitos da matriz sobre a conectividade da paisagem, em relação à dinâmica das populações, exige compreensão dos movimentos dos animais e de dispersores de sementes e agentes que transportam pólen, no caso de plantas (CHAMBERS e MACMAHON, 1994; MURPHY e LOVETT-DOUST, 2004). Essa constatação pode ser incorporada à análise de integridade de ambientes, e ser interessante para avaliação da interferência da agricultura, pastagem e edificações (SANCHES et al., 2013).

2.2 Os bioindicadores ambientais

O tempo excessivo e o alto custo para inventariar todo o ambiente, tornam-se grandes empecilhos para a avaliação ambiental. Grupos pertencentes a classe Insecta têm sido utilizados para se verificar o grau de perturbação em áreas nativas e/ou locais em que se deseja determinar o grau de qualidade ambiental (CARETO, 2011).

Os efeitos dos distúrbios ambientais causados por atividades antrópicas e a verificação da restauração de áreas ecológicas podem ser realizados por meio de indicadores ambientais (ANDERSEN, 1991; HOLFMANN e ANDERSEN, 2003; PAOLUCCI et al., 2009; QUEIROZ, 2013; OLIVEIRA et al., 2014). Esses indicadores auxiliam no diagnóstico de forma rápida e na maioria das vezes, precisa, sobre as condições do ambiente.

Espécies que tenham uma estreita relação com o meio onde se encontram são determinadas como bioindicadores e, quando presentes, podem apresentar uma condição ambiental particular ou estabelecida aos fatores ecológicos (JUNQUEIRA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014). Diversos grupos de invertebrados são utilizados como indicadores por serem sensíveis e responderem precisamente às condições ambientais (DIEHL et al., 2006; BARBOSA, 2011).

Os insetos compõem 75% de toda a fauna do planeta, sendo, portanto, os mais eficientes para estudos de conservação, pois possuem uma ampla distribuição geográfica, ciclo de vida curto, baixa resiliência às mudanças ambientais e possuem papéis ecológicos de estreita relação com o habitat onde estão presentes (BROWN JR., 1997; JUNQUEIRA et al., 2012).

2.3 Os formicídeos como indicadores de qualidade ambiental

Vários estudos têm demonstrado que dentro da classe Insecta, as formigas podem potencialmente ser utilizadas como bioindicadores de qualidade ambiental (MAJER, 1984; ANDERSEN, 1992; CARVALHO e VASCONCELOS, 1999; ANDERSEN e HOFFMANN, 2002; MARINHO et al. 2002; SOBRINHO et al. 2003; ARAÚJO *et al.* 2004; PEREIRA et al., 2007; COUTO et al., 2010; BARBOSA, 2011; OLIVEIRA et al. 2014; SILVA, 2014). Isso, porque as formigas apresentam alta abundância e riqueza de espécies [p.e., Alves (2011) e Miranda et al. (2013) mencionam que cerca de 10% de toda fauna de insetos encontrados em florestas tropicais, refere-se à porção das formigas], possuem táxons especializados, apresentam ampla distribuição geográfica, são facilmente amostradas e, com relativa facilidade, são separadas em nível de morfoespécies e, também, por serem sensíveis às mudanças das condições ambientais (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990; ANDERSEN e SPARLING, 1997; DELABIE, 2000).

Quantificar e descrever a relação entre os atributos morfofisiológicos e o papel funcional das formigas nos diferentes ecossistemas pode ser fundamental para a conservação da biodiversidade (SILVA et al., 2015). Esses autores sugerem aprimorar a classificação de comunidades em guildas (grupos tróficos, síndrome comportamental, distribuição espacial no habitat e formas de recrutamento) nos estudos de ecologia evolutiva e geografia, para que a

abordagem funcional de ecossistemas não seja feita de maneira superficial. O termo guilda, conforme Terborg e Robinson (1996), refere-se a um grupo de espécies que utilizam as mesmas classes de recursos e que utilizam as mesmas estratégias na ocupação de seus nichos.

Silvestre et al. (2003), Stephens e Wagner (2006) relataram que, com a descrição da composição das guildas reconhecidas, é possível fazer comparações funcionais entre distintas composições de comunidades de formicídeos, não somente levando em consideração uma lista de espécies por localidades, mas também, confrontando os modelos estruturais das guildas de cada comunidade. Esses autores, em matas secundárias (de Cerrado, Cerradão e Matas de Galeria), no Estado de São Paulo, descreveram 14 guildas de formigas: espécies Nômades, Dolichoderíneas pequenas de recrutamento massivo, oportunistas pequenas, mirmicíneas generalistas pequenas, patrulheiras, cortadeiras de folhas, Crípticas, predadoras grandes, Mirmicíneas agressivas, Mirmicíneas dominantes de serapilheira, Dolichoderíneas grandes, especialistas mínimas de vegetação, Cephalotíneas e cultivadoras de fungo.

No Brasil, trabalhos que tem sido referência para descrição de grupos funcionais de formigas, utilizados em nosso estudo, são os de Andersen (1995) e Delabie et al. (2000), que em grande parte, se assemelha aos apresentados por Silvestre et al. (2003). Merece destaque, diferentes dos demais, a classificação de Andersen (1995) que ainda destaca dois grupos: especialistas de clima (zonas áridas, frias e tropica) e espécies Crípticas (presentes em locais sob estresse, como por exemplo, baixa disponibilidade de alimentos e solos inundados). Alguns trabalhos que investigam o uso de grupos funcionais de formigas em diversas situações podem ser consultados em Delabie et al. (2000), Araújo et al. (2004), Leal et al. (2012), Brandão et al. (2012), Neves et al. (2013), Silva et al. (2015) e Paolucci et al. (2017).

As formigas desempenham papéis indispensáveis para a qualidade do hábitat, como por exemplo, ciclagem de nutrientes e revolvimento do solo, conforme observado em formigas cultivadoras de fungo (CORRÊA e OLIVEIRA, 2006; SOUSA-SOUTO et al., 2008) e dispersão de sementes (PETERNELLI et al., 2004). Também, são animais detritívoros, se alimentam de produtos vegetais, podendo ser predadoras, por exemplo, de outros artrópodes (CARETO, 2008; BRANDÃO et al., 2012; SANTOS, et al., 2012; MIRANDA, et al., 2013).

Estudos tem mostrado decréscimo em riqueza de espécies de formigas promovido por fragmentação de habitats (CARVALHO e VASCONCELOS, 1999). O principal foco de estudo sobre fragmentação florestal são as mudanças que ocorrem em riqueza de espécies (SOBRINHO et al. (2003). Mudanças promovidas em riqueza de espécies com a fragmentação de habitats podem ser menos importantes que a alteração na composição das espécies da comunidade. Entretanto, ainda não é possível afirmar de maneira totalmente confiável a especialidade de grupos funcionais em locais como matriz, borda e interior de fragmento, uma

vez que existem carência de estudos históricos de comunidades de formigas em região tropical em grandes áreas contínuas de Cerrado e, até mesmo, em áreas fragmentadas do mesmo (SILVA, 2014; ARAÚJO, M.S., comunicação pessoal).

Um dos prováveis efeitos da fragmentação de habitats é o isolamento de áreas e consequente extinção de espécies, possivelmente pelo fato do tamanho do fragmento não suportar subpopulações de determinadas espécies (SUAREZ et al., 1998). O “efeito cascata” que essas subpopulações perdidas poderiam provocar na dinâmica das comunidades remanescentes do fragmento é muito importante. Outro evento possível a ser considerado é a invasão de espécies não nativas no fragmento com consequências adversas (SUAREZ et al., 1998). De maneira geral, invasores podem ter efeitos diversos sobre os competidores nativos sem produzir destacados efeitos negativos (PETREN e CASE, 1996).

Como regra, o aumento de determinadas espécies de forma desordenada pode causar destruição significativa no habitat agrícola, entretanto no habitat nativo isso não ocorre devido a esses locais geralmente serem mais heterogêneos, o que promove o equilíbrio entre as espécies ali presentes, por meio de parasitas, competidores, predadores e outros (COUTO et al., 2010; MACIEL et al., 2011).

De maneira geral, estudos sobre efeitos de fragmentação florestal no Brasil ainda se concentram em áreas de florestas densas e, parcialmente investigados em ambiente de Cerrado (LIMA-RIBEIRO, 2008).

3. OBJETIVOS

Caracterizar a estrutura das comunidades de formigas forrageadoras epigéicas em distintos fragmentos remanescentes de Mata Seca (MS) e suas respectivas matrizes de entorno (área agrícolas: durante a safra, safrinha e entressafra), na região Sudeste de Goiás.

Correlacionar os índices faunísticos das comunidades de formigas capturadas em diferentes fragmentos de MS e suas respectivas matrizes.

Verificar alterações na estrutura da comunidade de formigas quando os fragmentos são circundados por matrizes compostas por culturas anuais: soja (safra), milho (safrinha) e, também na entressafra.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área do estudo

Para este estudo foram selecionados 10 fragmentos de Cerrado de distintos tamanhos, que visualmente apresentavam composição florestal similar e, também, distantes o suficiente para garantir independência das amostras. Apesar dos diferentes graus de antropização verificados principalmente nas bordas dos fragmentos, a fitofisionomia referente aos fragmentos como um todo é classificada como uma formação do tipo Mata Seca (MS) (comunicação pessoal, Dr. Vagner Santiago do Vale, Ecologista Florestal, professor da Universidade Estadual de Goiás). A localização e tamanho dos fragmentos investigados são apresentados na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e áreas dos fragmentos de Cerrado - Mata Seca - investigados no estudo (Região Sudeste do Estado de Goiás, 2017).

Fragmento	Local	Latitude	Longitude	Área (ha)
1	Ipameri	17°43'10,2"S	48°08'11,2"O	16,4
2	Caldas Novas	17°43'46,0"S	48°12'35,4"O	20,9
3	Urutaí	17°37'16,3"S	48°10'19,9"O	38,8
4	Catalão	17°49'18,1"S	48°08'15,2"O	8,58
5	Campo Alegre	17°45'42,1"S	48°02'39,9"O	4,22
6	Campo Alegre	17°43'20,4"S	48°07'00,8"O	44,4
7	Campo Alegre	17°45'06,4"S	48°00'07,1"O	13,3
8	Urutaí	17°36'00,3"S	48°12'00,3"O	33,4
9	Catalão	17°52'06,7"S	48°04'33,7"O	10,3
10	Caldas Novas	17°42'36,2"S	48°18'27,7"O	47,4



Figura 1. Imagem aérea da área experimental com fragmentos de Mata Seca e matrizes de entorno. Região sudeste de Goiás, 2018. Fonte: Google Earth (2018).

As condições edafoclimáticas onde se encontra a região do nosso estudo, caracteriza-se pela pluviosidade mal distribuída, já que a maior parte das chuvas se concentram no verão, fazendo com que os invernos sejam muito secos (JESUS, 2013). O clima tropical semiúmido predomina na maior parte do território. As temperaturas no geral variam bastante, nas épocas mais quentes passa dos 30°C, já nas estações frias, gira entorno de 15°C e 20°C.

Objetivando facilitar as comparações entre distintas localidades, foram selecionados fragmentos onde matrizes de entorno eram cultivadas com a mesma cultura: em safra (soja) e na safrinha (milho), respeitando o planejamento agrícola e a sucessão das culturas. A implantação das culturas foi sob sistema de plantio direto. A semeadura da soja em todas as matrizes, ocorreu no mês de novembro de 2016 e, tais áreas foram colhidas durante o mês de março de 2017. A semeadura do milho foi realizada imediatamente após colheita da soja (março/2017). As coletas de formicídeos foram realizadas quando as culturas de soja e milho estavam no estágio de pleno florescimento. Em todas as matrizes de entorno, durante a entressafra, as áreas não foram cultivadas e, todas as coletas de formigas nesse período, foram realizadas durante os meses de setembro e outubro, quando ainda não haviam atividades agrícolas.

No interior do fragmento de MS, em todas as épocas de captura, em 10 pontos escolhidos aleatoriamente, próximo ao local de instalação das armadilhas e, após a coleta dos formicídeos, foram coletadas amostras de 1,0 m² de serapilheira, acondicionadas em sacos plásticos e quantificada em laboratório (peso seco).

4.2 Amostragem dos formicídeos

A coleta de formigas foi feita no fragmento de Mata Seca e sua matriz de entorno. Foi estabelecido um transecto, onde foram distribuídas armadilhas de solo (copos plásticos de 200 mL, conforme Figura 2). Orientadas pelo transecto, a partir da borda do fragmento da MS, separados por uma distância de 15 metros, foram distribuídas 30 armadilhas (15 na matriz e 15 no fragmento de MS).

Como atrativo para as formigas, utilizou-se sardinha, biscoitos e mel, distribuídos no interior do copo, conforme metodologia adaptada de Oliveira et al. (1995). Essas armadilhas operaram durante 4 horas consecutivas, conforme Couto et al. (2010). Após esse tempo, a armadilha com as respectivas formigas capturadas, era rapidamente recolhida do campo e colocada dentro de sacos plásticos, fechados e levados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Goiás.

Os formicídeos foram identificados em morfoespécies e, quando possível, em espécie, com uso de chaves taxonômicas propostas por Hölldobler e Wilson (1990) e Fernández (2003) e, por comparação com espécimes de coleção do Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Goiás. A classificação das formigas (Gênero) em grupos funcionais (guildas) foi semelhante à adotada por Andersen (1995), Delabie et al. (2000) e Silvestre et al. (2003).

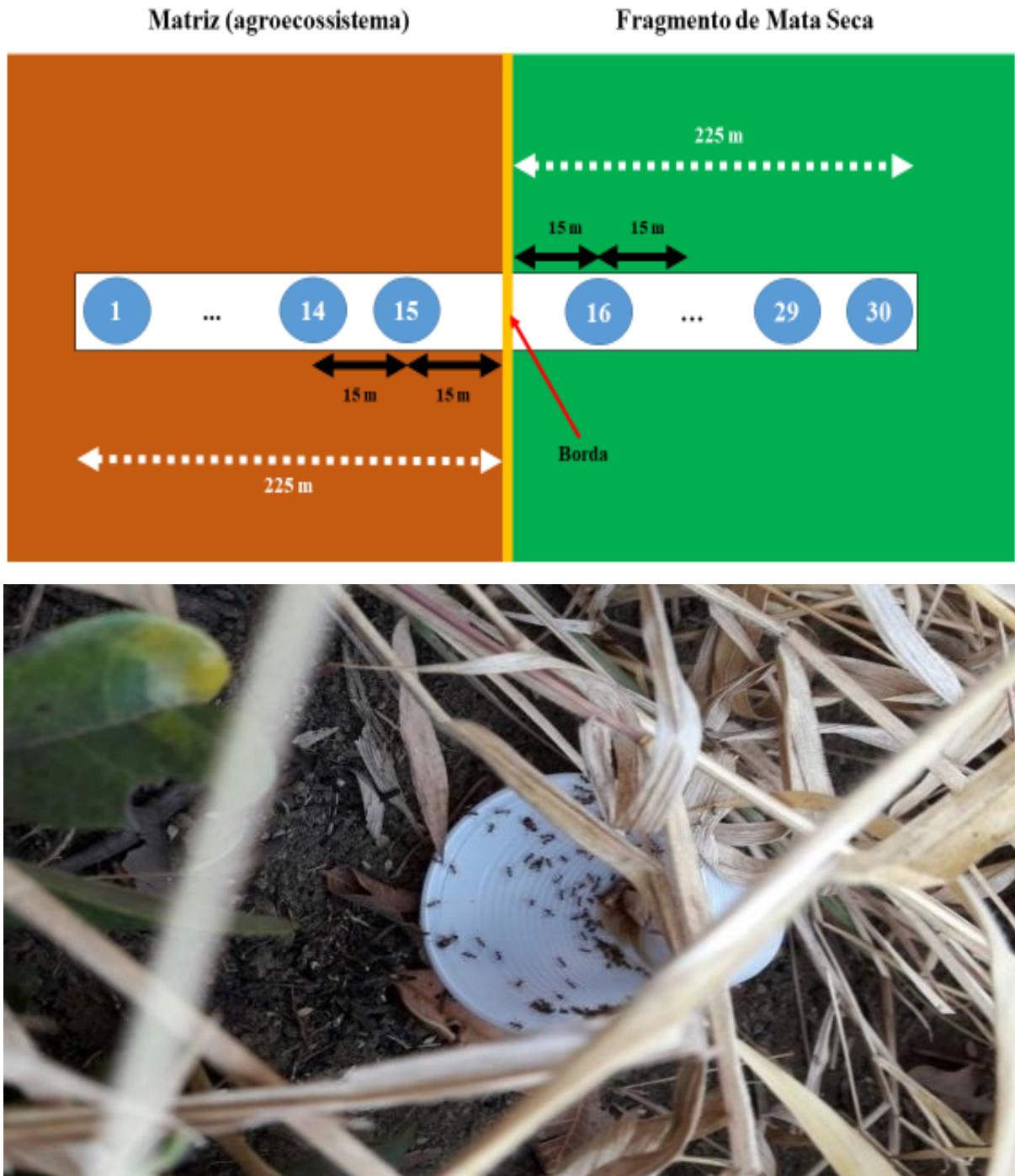


Figura 2. Orientação da distribuição das armadilhas em transecto e, em detalhe, uma das armadilhas (copo de plástico) em operação, com formigas epigéicas visitantes que eram capturadas. Região sudeste de Goiás, 2017.

4.3 Análises estatísticas

A verificação de diferenças na riqueza de espécies de formicídeos nos distintos fragmentos e matriz de entorno (em safra, safrinha e na entressafra) foi realizada com uso do estimador Jackknife1. Foi correlacionado o índice: riqueza de espécies com as variáveis tamanho do fragmento florestal, posição da armadilha e, quantidade de serapilheira, em MS.

A comparação da composição da comunidade de formigas foi feita por meio de Índice de Similaridade de Jaccard, que expressa a semelhança entre ambientes, baseando-se no número de espécies comuns.

A matriz de similaridade de formicídeos resultante foi utilizada para a análise de agrupamento, pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) e Análise de Componente Principal (PCA). Os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio dos softwares R e EstimateS, versão 3.2 (R. Development Core Team, 2015). Em nosso estudo consideramos somente a frequência de captura da morfoespécie (ou espécie) na armadilha.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 60 morfoespécies de formigas, distribuídas em 7 subfamílias e 21 gêneros. A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae, com 24 espécies, seguida de Formicinae (19), Ponerinae (6), Ectatomminae (4), Dolichoderinae (4), Pseudomyrmecinae (2) e Heteroponerinae (1) (Tabela 2).

Tabela 2. Formicídeos coletados em 10 fragmentos de Mata Seca (MS) e suas matrizes de entorno, localizados nos municípios de Caldas Novas, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Ipameri e Urutaí, Goiás, região Sudeste de Goiás, 2017.

Subfamília	Guilda*	Nidificação*	Frequência de captura (%)*	
			MS	Matriz
DOLICHODERINAE				
<i>Dolichoderus</i> sp.1	DS	Solo	0,44	2,0
<i>Dolichoderus</i> sp.2	DS	Solo	0,22	0
<i>Dorimyrmex</i> sp.1	DS	Solo	1,11	0,67
<i>Dorimyrmex</i> sp.2	DS	Solo	3,11	22,0
ECTATOMMINAE				
<i>Ectatomma brunneum</i> (F. Smith, 1858)	DS / PG	Solo	5,11	1,33
<i>Ectatomma</i> sp.1	DS / PG	Solo	5,56	2,22
<i>Ectatomma</i> sp.2	DS / PG	Solo	1,11	0
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	PG	Planta e serapilheira	0,67	0
FORMICINAE				
<i>Brachymyrmex heeri</i> (Mayr, 1868)	DS / O	Planta e serapilheira	4,44	3,78
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	DS / O	Planta e serapilheira	2,44	9,33
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	DS / O	Planta e serapilheira	2,44	2,67
<i>Camponotus</i> sp.1	AD / O	Planta e serapilheira	2,22	2,44
<i>Camponotus</i> sp.2	AD / O	Planta e serapilheira	1,33	0,44
<i>Camponotus</i> sp.3	AD / O	Planta e serapilheira	2,44	1,11
<i>Camponotus</i> sp.4	AD / O	Planta e serapilheira	1,11	0
<i>Camponotus</i> sp.5	AD / O	Planta e serapilheira	0,22	4,0
<i>Camponotus</i> sp.6	AD / O	Planta e serapilheira	0,22	0
<i>Camponotus</i> sp.7	AD / O	Planta e serapilheira	3,56	0,22
<i>Camponotus</i> sp.8	AD / O	Planta e serapilheira	0	0,44
<i>Camponotus</i> sp.9	AD / O	Planta e serapilheira	0,22	1,33
<i>Camponotus</i> sp.10	AD / O	Planta e serapilheira	0,89	0,22

*Guilda ou especialização, modificado de Andersen et al. (1995), Delabie et al. (2000) e Silvestre et al. (2003). DS: Dominantes de Solo; PG: Predadoras Generalistas; AD: Arborícolas Dominantes; O: Onívoras; CF; Cultivadoras de fungo, de maneira geral. Para valores de Frequência de captura (FC%) considerou-se $FC(\%) = (A \times 100) / N$, onde: A = número de armadilhas em que determinada morfoespécie foi capturada e, N = número total de armadilhas (450). "...continua..."

“Tabela 2, Cont. ”

<i>Camponotus</i> sp.11	AD / O	Planta e serapilheira	0,44	1,11
<i>Camponotus</i> sp.12	AD / O	Planta e serapilheira	1,33	0,44
<i>Camponotus</i> sp.13	AD / O	Planta e serapilheira	0,22	0
<i>Camponotus</i> sp.14	AD / O	Planta e serapilheira	0,44	0
<i>Camponotus</i> sp.15	AD / O	Planta e serapilheira	0,22	0,22
<i>Paratrechina longicornis</i> (Motsch, 1893)	DS	Solo	1,11	0,22
HETEROPONERINAE				
<i>Heteroponera</i> sp.1	PG	Planta	0,67	0
MIRMICINAE				
<i>Acromyrmex balzani</i> (Mayr, 1865)	CF	Solo	0	0,22
<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (Fabricius, 1804)	CF	Solo	1,56	1,56
<i>Atta laevigata</i> (Fabricius, 1804)	CF	Solo	0,22	0
<i>Cephalotes</i> sp.1	AD	Planta	0,89	0
<i>Crematogaster</i> sp.1	AD	Planta	3,78	0,89
<i>Crematogaster</i> sp.2	AD	Planta	0,22	0
<i>Crematogaster</i> sp.3	AD	Planta	0,67	0
<i>Monomorium</i> sp.1	AD	Solo e serapilheira	27,5	27,11
<i>Monomorium</i> sp.2	AD	Solo e serapilheira	5,33	2,22
<i>Monomorium</i> sp.3	AD	Solo e serapilheira	2,67	2,44
<i>Monomorium</i> sp.4	AD	Solo e serapilheira	0,67	0,22
<i>Monomorium</i> sp.5	AD	Solo e serapilheira	0	0,22
<i>Mycocepurus gueldii</i> (Forel, 1893)	CF	Solo	1,11	0,22
<i>Pheidole</i> sp.1	DS / O	Solo e serapilheira	2,89	1,11
<i>Pheidole</i> sp.2	DS / O	Solo e serapilheira	14,6	6,44
<i>Pheidole</i> sp.3	DS / O	Solo e serapilheira	4,0	1,78
<i>Pheidole</i> sp.4	DS / O	Solo e serapilheira	16,6	6,89
<i>Pheidole</i> sp.5	DS / O	Solo e serapilheira	1,56	0,44
<i>Pheidole</i> sp.6	DS / O	Solo e serapilheira	0,89	0,22
<i>Pheidole</i> sp.7	DS / O	Solo e serapilheira	0,22	1,11
<i>Pheidole</i> sp.8	DS / O	Solo e serapilheira	0,89	0,22
<i>Pheidole</i> sp.9	DS / O	Solo e serapilheira	0,89	2,0
<i>Solenopsis saevissima</i> (Westwood, 1840)	DS / O	Solo	1,78	2,0
<i>Trachymyrmex fuscus</i> (Forel, 1893)	CF	Solo	0,44	0
PONERINAE				
<i>Hypoponera</i> sp.1	PG	Solo	0	0,22
<i>Odontomachus</i> sp.1	DS / O	Solo e planta	0,89	0
<i>Odontomachus</i> sp.2	DS / O	Solo e planta	0,67	0
<i>Odontomachus</i> sp.3	DS / O	Solo e planta	0,67	0
<i>Pachycondyla villosa</i> (F. Smith, 1858)	DS / O	Solo e planta	1,56	0,22
<i>Pachycondyla</i> sp.1 (F. Smith, 1858)	PG	Solo e planta	0,67	0,22
PSEUDOMYRMECINAE				
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	AD	Planta	0,89	0
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	AD	Planta	0	0,44

A predominância da subfamília Myrmicinae, com riqueza de 21 morfoespécies, pode ser explicada pelo fato dos representantes desse grupo serem extremamente adaptáveis aos mais diversos nichos ecológicos na região Neotropical, conforme destacado por FOWLER et al., (1991). Em ordem de maior riqueza, precede a subfamília Ponerinae, representada em nosso estudo por 19 morfoespécies. De maneira geral, a maior frequência de captura nas armadilhas com isca foi verificada para os gêneros *Camponotus* (15) e *Pheidole* (9).

A maior diversidade desses gêneros foi mencionada por Wilson (2003), que destaca o fenômeno da hiperdiversidade (riqueza na fauna) desses gêneros. Rodrigues et al. (2008), na mesma região de localização de um dos fragmentos (Ipameri, número 1) e com mesmo método de captura (iscas), já observou a predominância de *Camponotus* e *Pheidole*, capturadas diretamente no tronco das árvores. O fragmento de MS (F4), expressa essa diversidade em gêneros em relação aos demais, 11 morfoespécies de *Camponotus* e seis de *Pheidole*. Os demais gêneros, em geral, representados por uma ou duas morfoespécies (ver Tabela 2).

Nos fragmentos de MS em estudo foram registradas 60 espécies de formigas, e estima-se que 63,98 espécies podem ser potencialmente encontradas nesses ambientes. Já nas áreas de entorno (Matrizes), foram observadas 43 espécies de formigas, e estima-se que 55,97 espécies podem ser encontradas nesses referidos locais (Figura 3A e B). Também, riqueza por fragmento de Mata Seca MS (Figura 3C) e pontos de coleta em relação à borda (*core*) (Figura 3D).

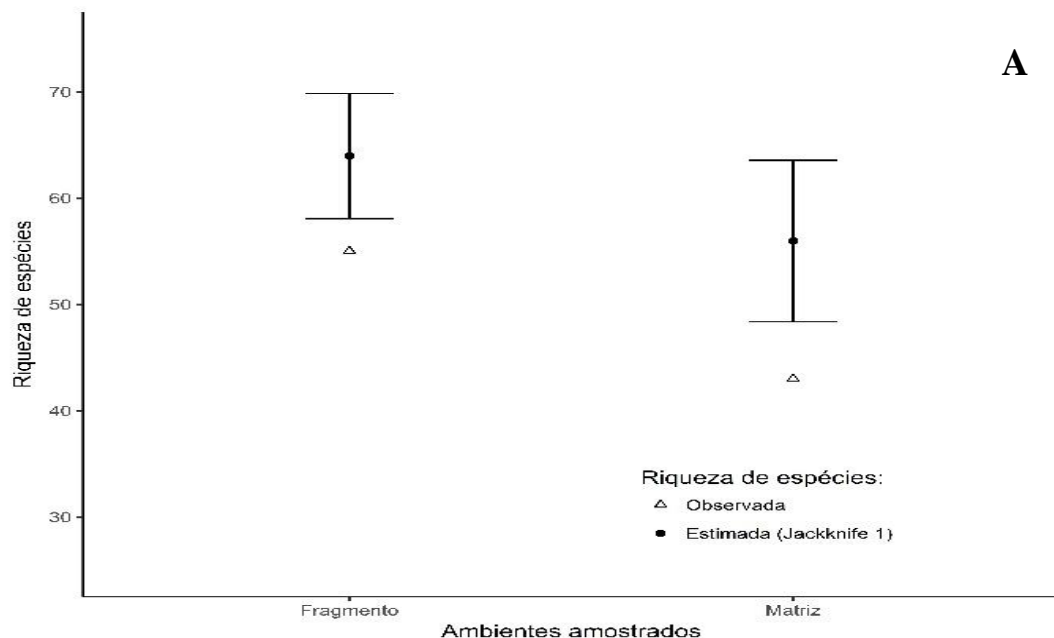
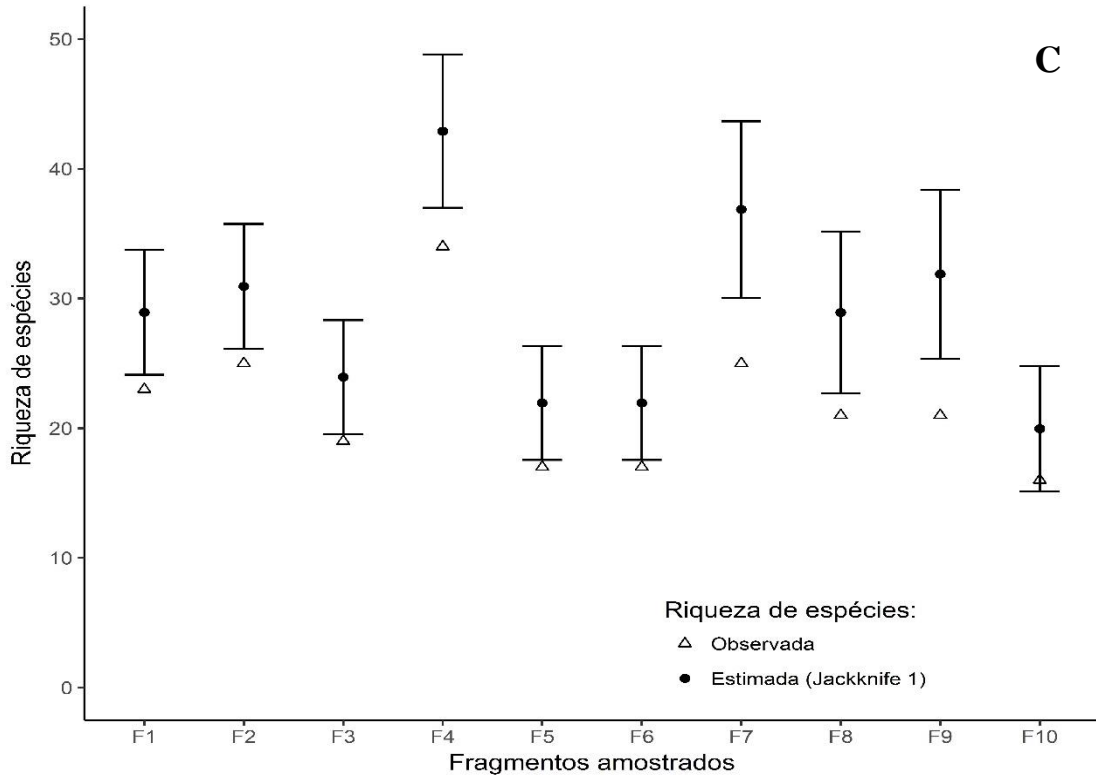
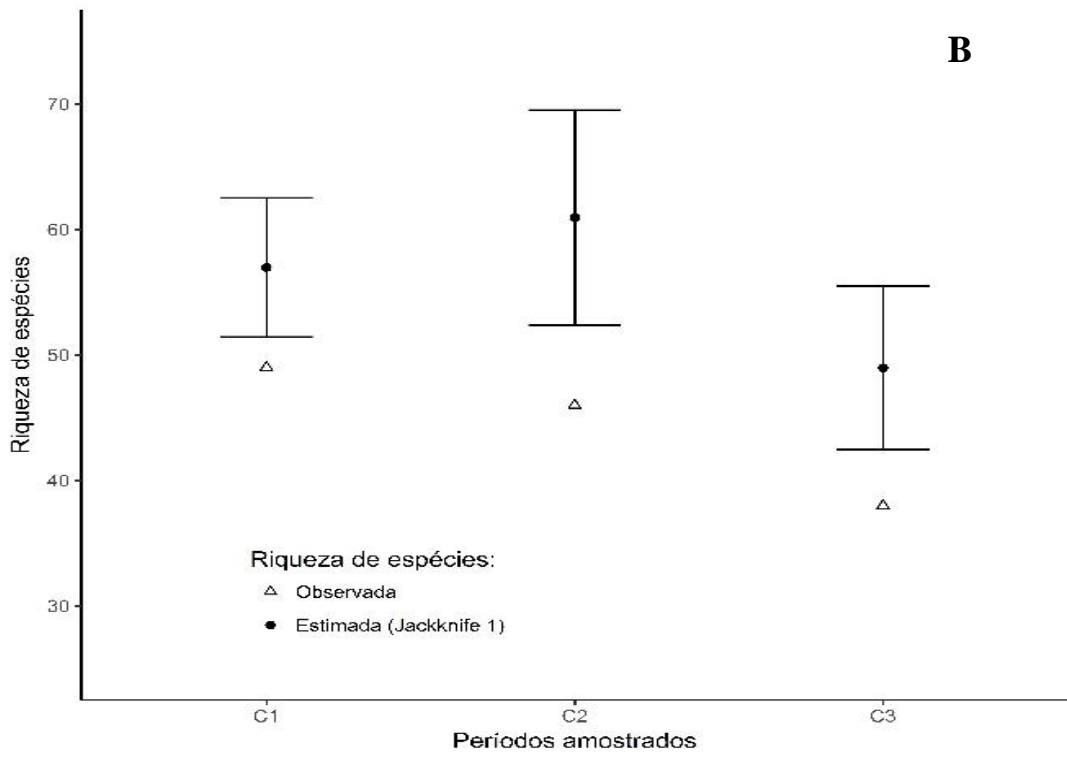
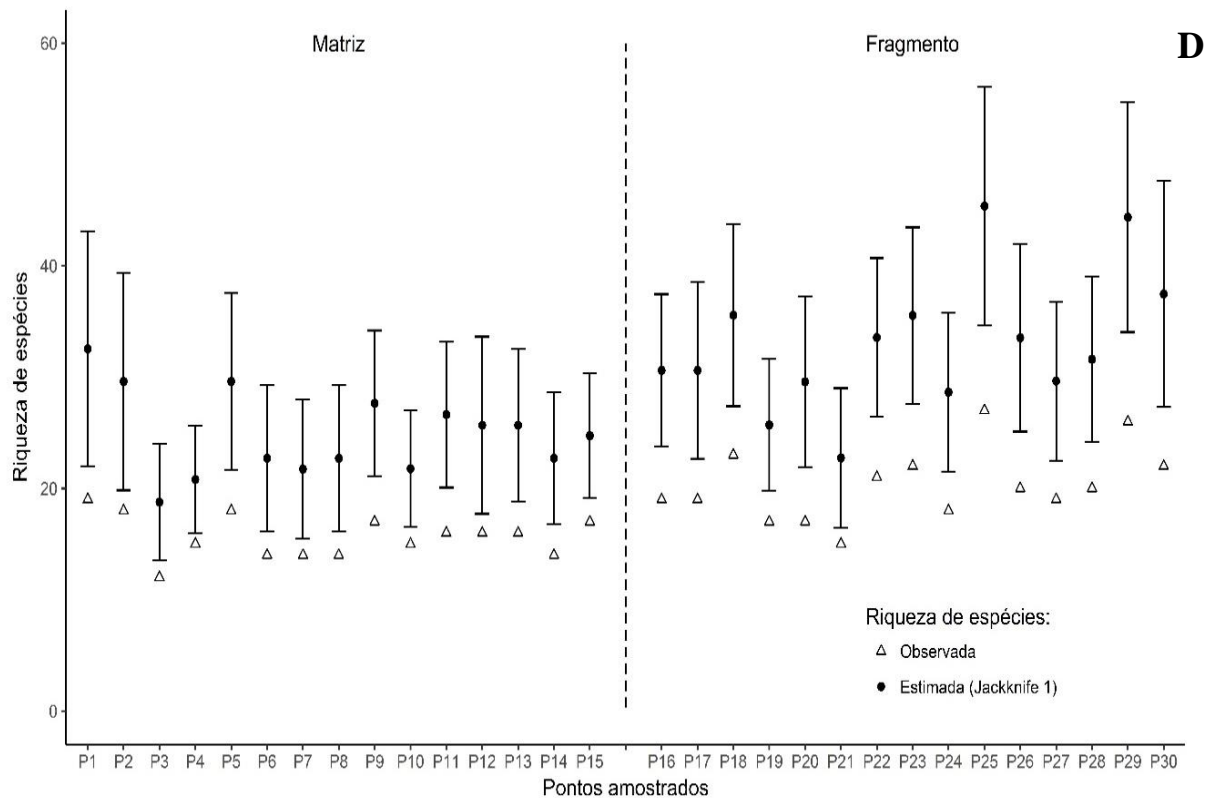


Figura 3. Riqueza média observada e estimada de formicídeos epigêicos (Jackknife1); **(A)**: em Mata Seca e Matrizes de Entorno; **(B)** formicídeos gerais coletados em épocas distintas ao longo do tempo - C1 (safra), C2 (safrinha) e C3 (entressafra); **(C)**: em relação aos fragmentos (1 a 10) de distintas localidades; **(D)**: em distintos pontos de coleta em relação a borda do fragmento (Ecótono). Região sudeste de Goiás, Brasil. "...continua..."

“Figura 3, Cont.”





Foi verificada maior riqueza de espécies em MS (média de 21,1 morfoespécies) com relação a Matrizes de entorno (10,8 morfoespécies), onde, $\chi^2 = 143,064$; G.L.=9; $p < 0,00001$. A maior riqueza associada a heterogeneidade de habitats foi destacada por Tews et al. (2004). Além da heterogeneidade, Segundo Battirola et al. (2005), a coexistência de diferentes espécies em um mesmo habitat, depende da amplitude ecológica de cada uma dentro da comunidade.

Não houve diferença significativa na riqueza de espécies de formigas nas matrizes em C1, C2 e C3 ($F=3,3451$; G.L.=2; $p < 0,05$). As médias de riqueza de espécies foram: 9,8 (safra - C1), 7,2 (safrinha - C2) e 9,6 (entressafra - C3). Isso sugere plasticidade ecológica para forragearem e adaptarem-se a esses ambientes em distintas culturas e na entressafra ao longo do tempo.

Esses resultados referentes a riqueza de espécies se assemelham aos observados por Rodrigues (2014) que investigou comunidades de formicídeos numa região relativamente próxima a esses fragmentos (Município de Ipameri, Goiás). Essa autora identificou 51 espécies forrageadoras epigéicas e estimou que a área possua em torno de 58 espécies. Próximo a esse número, Neves et al. (2013) identificou 58 espécies de formigas epigéicas em áreas de Cerrado em Minas Gerais, região de transição de Cerrado e Caatinga. Importante detalhar que o método de captura que esses autores utilizaram foi a armadilha de solo tipo *pitfall*.

Por exemplo, Nascimento (2011), com uso armadilhas tipo *pitfall* e extrator de *Winkler* encontrou mais que o dobro de espécies verificadas em nosso trabalho, em ambiente de Cerrado em Minas Gerais e Goiás, o que sugere tais variações. Além disso, conforme Soares e Shoereder (2001), o arranjo espacial de recursos importantes, manchas microclimáticas e de solo, podem afetar a diversidade de espécies. Araújo et al. (2004) também relatam os efeitos significativos das condições climáticas, não analisadas em nosso estudo, que certamente influenciam o padrão de formigas forrageadoras.

Grande parte dos formicídeos amostrados nidificam em serapilheira (conforme registrado na Tabela 2). Em nosso estudo, quantificamos a serapilheira produzida no fragmento de MS e, o aumento da quantidade dessa serapilheira, implicou em maior riqueza de espécies de formicídeos (Figura 4). O volume de serapilheira, indiretamente, indica o grau de conservação da biodiversidade local (MARINHO et al., 2002; NASCIMENTO, 2011).

Os hábitos de nidificação das formigas apresentados em nosso estudo, foram definidos com base em trabalhos de Delabie et al. (2000) e observações de campo durante a nossa movimentação nas áreas experimentais, para a atividade de captura dos formicídeos.

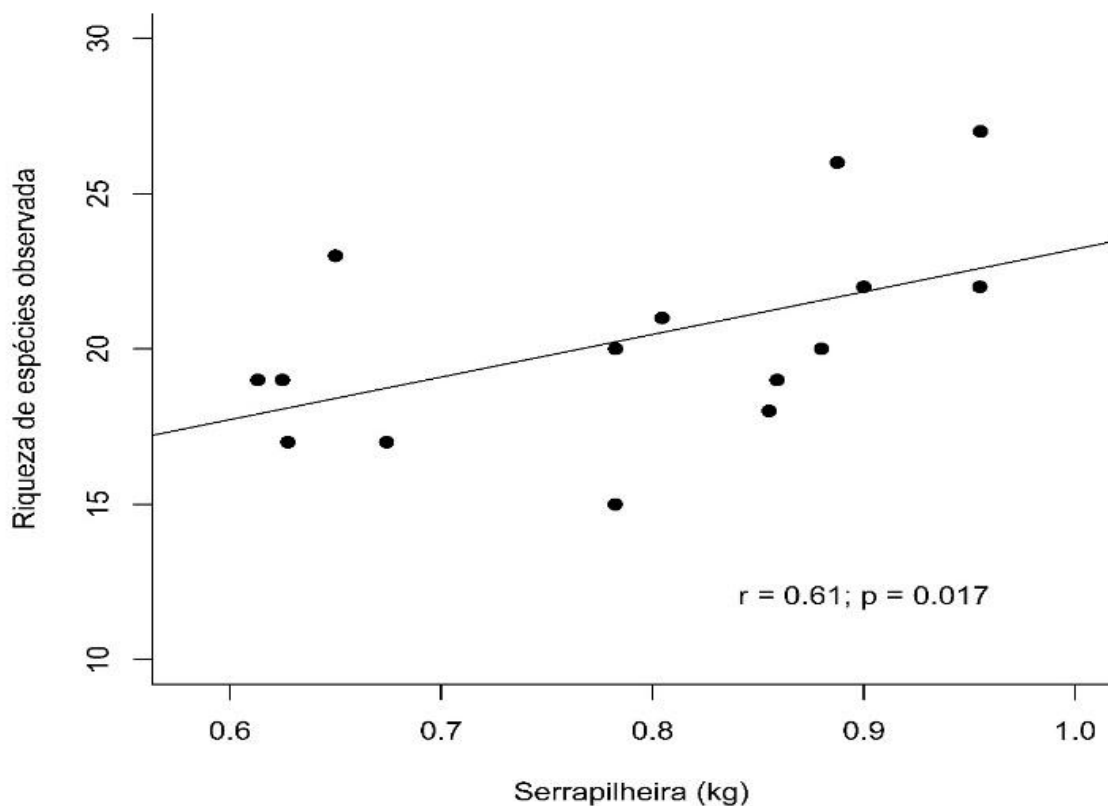


Figura 4. Correlação da riqueza média observada de formicídeos e quantidade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de serapilheira presente nos fragmentos de Mata Seca. Região Sudeste de Goiás, 2017.

O tamanho do fragmento de MS não influenciou significativamente a riqueza observada e estimada de espécies de formigas dentro dos respectivos fragmentos (Jackknife1), o que contraria a hipótese de que fragmentos maiores abrigaria maior riqueza de espécies, no qual, sempre foi sugerida. Por exemplo, Magno e Cáceres (2012) confirmam essa hipótese em fragmentos de floresta Atlântica e meridional do Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Minas Gerais, com pequenos roedores. Entretanto, para formicídeos, essa relação positiva e significativa entre tamanho de fragmento e riqueza de espécies de formigas foi confirmada por Sobrinho et al. (2003), em Mata Atlântica de Minas Gerais. Nosso estudo indica que a coexistência de maior número de espécies não está vinculada somente a dimensão territorial, o que indica a necessidade de estudos complementares em trabalhos futuros.

Em nosso estudo não foi verificada influência de borda sobre a riqueza de espécies (observada e estimada) na matriz e no fragmento de MS. Entre os pontos de coleta P1 a P15: Matriz (Estimada: $F=0,5236$; G.L.=13; $p=0,4821$) (Observada: $F=0,2067$; G.L.=13; $p=0,6568$). Entre os pontos P16 a P30: Fragmento de MS (Estimada: $F=3,569$; G.L.=13; $p=0,0814$) (Observada: $F=2,749$; G.L.=13, $p=0,1212$). Entretanto, o Índice de Similaridade de Jaccard, que se baseia em número de espécies comuns nos distintos ambientes, sugere redução significativa de espécies de formigas a medida que se caminha para o interior da matriz (pontos P1 a P15) (Figura 5). Usando-se o mesmo índice de similaridade, não foi verificada diferença significativa na composição da comunidade de formicídeos à medida que se caminha para interior do fragmento (pontos 16 a 30) ($F_{(1,12)} = 5,821$; $p=0,033$).

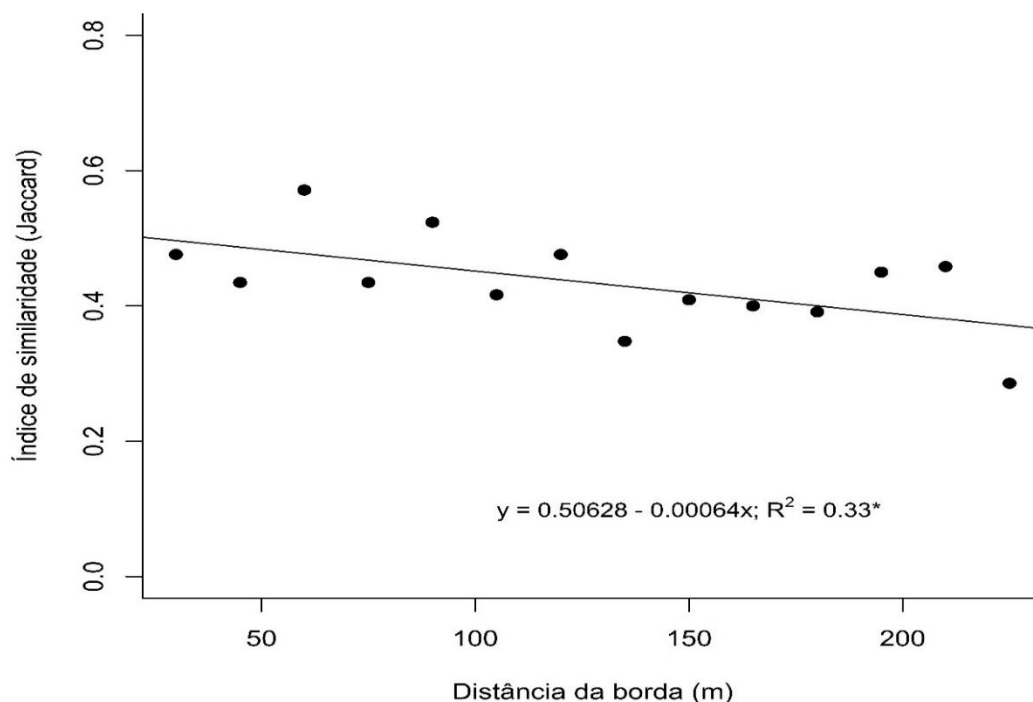


Figura 5. Similaridade da comunidade de formicídeos coletadas com iscas atrativas nas matrizes de entorno dos fragmentos. Na análise, considerou-se o somatório dos formicídeos

forrageadores epigéicos capturados em cultivo de soja, milho e na entressafra. As distâncias se referem a pontos de coleta (armadilhas) de borda dos fragmentos de Mata Seca (MS) em direção ao centro de matrizes. Região Sudeste de Goiás, 2017.

De maneira geral, as comunidades de formicídeos são distintas, conforme verificado em ordenação nos dois ambientes (Mata Seca e matrizes de entorno). Pela análise exploratória (escalonamento multidimensional não métrico - MNDS) e pelo Índice de Jaccard, verificou-se a formação distinta de dois grupos: fragmento de MS e Matriz (Figura 6A e B).

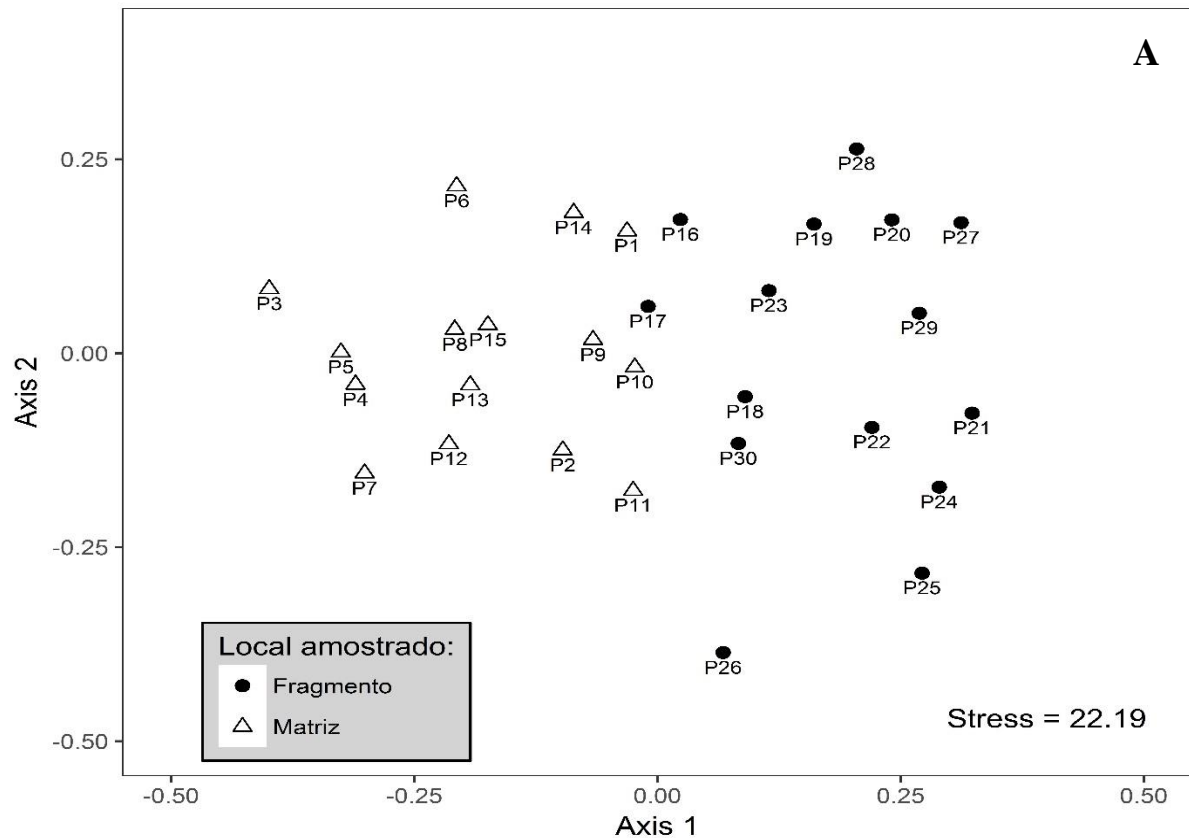
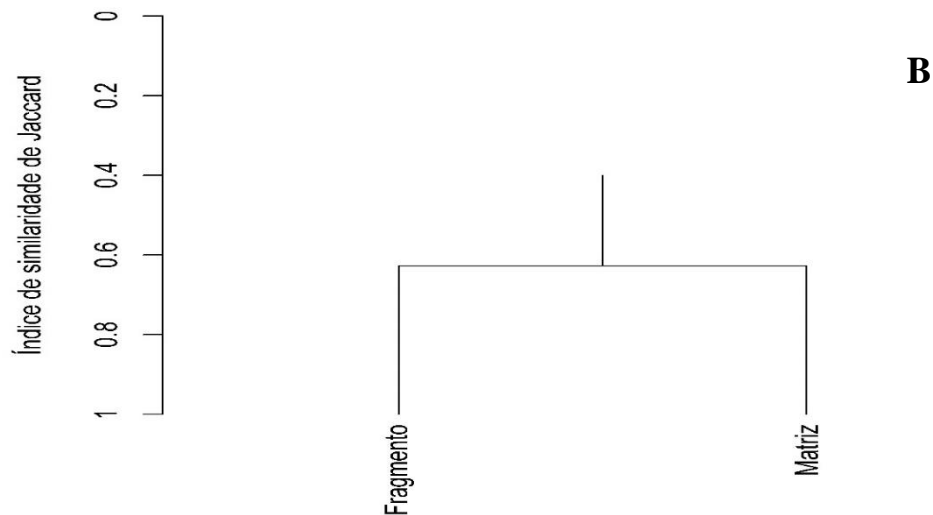


Figura 6. A: Ordenamento multidimensional não métrico - MNDS; **B:** Análise de agrupamento (UPGMA) da comunidade de formicídeos epigéicos capturadas com armadilhas iscadas, em fragmentos de Mata Seca e matrizes de seus entornos. Região Sudeste de Goiás, 2017. Símbolos apresentados em MNDS referem-se às distâncias das bordas dos fragmentos para os centros das matrizes e centros dos fragmentos de MS, conforme Figura 2.



Da mesma forma, os grupos de formicídeos coletados em Fragmentos de MS e matrizes de entorno no período da safra (soja), destacam-se, quando comparados os dados coletados em safrinha (milho) e entressafra (Figura 7A e B). O arranjo das espécies dentro das comunidades é influenciado pela distribuição de recursos a serem explorados e pelas estratégias adotadas pelas mesmas para a sua obtenção (FOWLER et al., 1991). Em nosso estudo, a distribuição de recurso é espacialmente e temporalmente diferente, notadamente nas matrizes de entorno dos fragmentos.

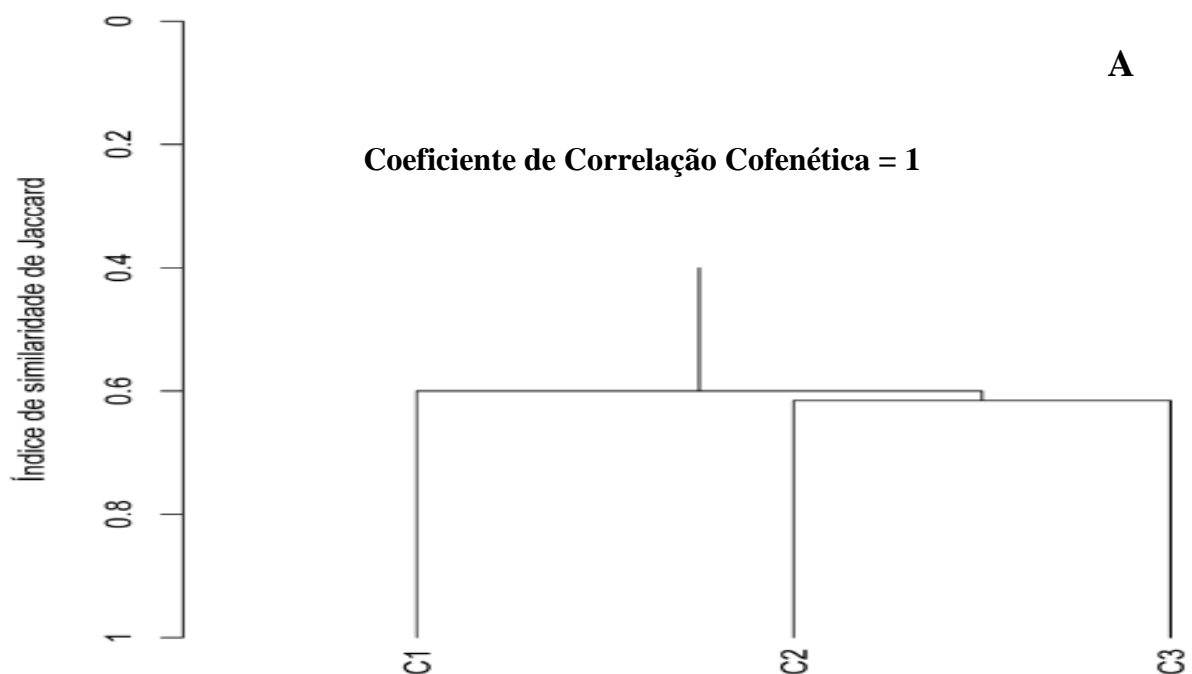
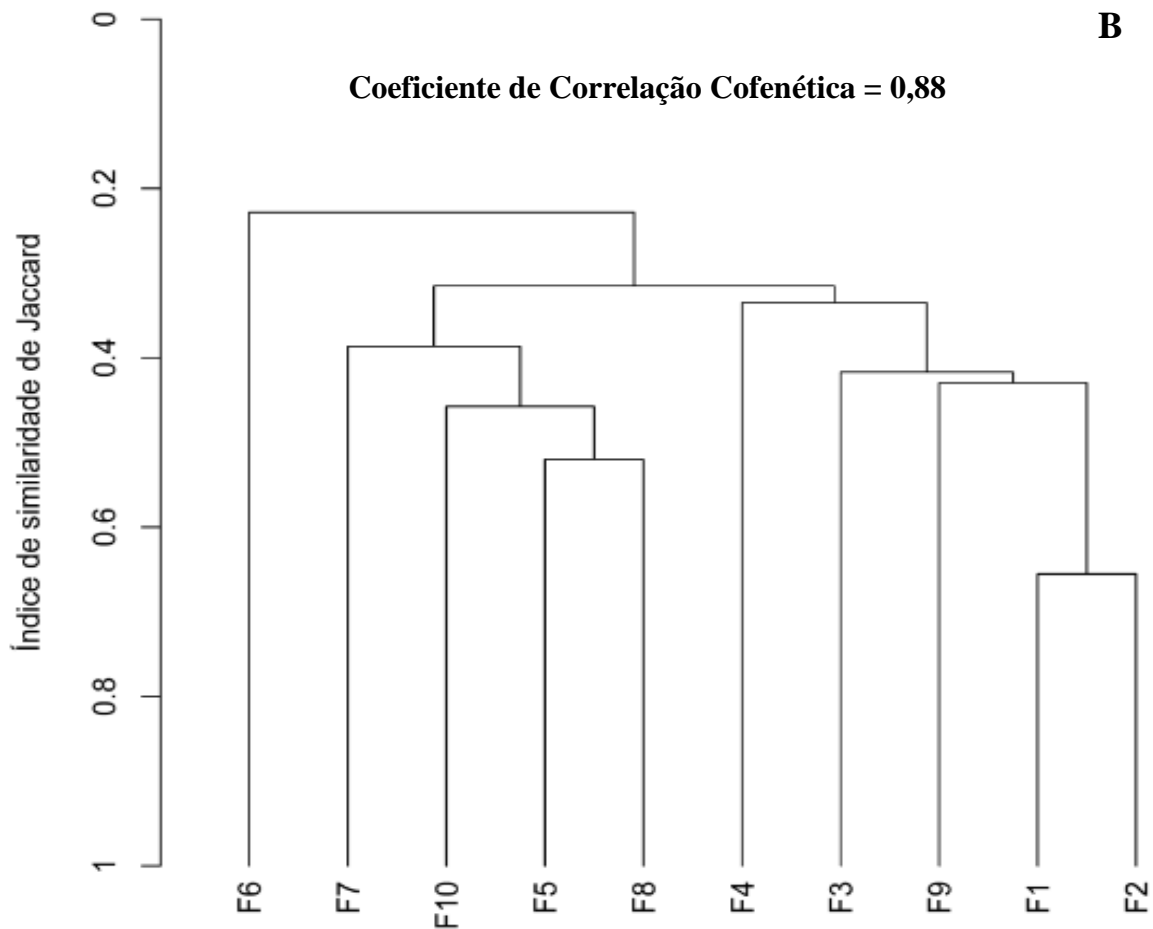


Figura 7. A: Análise de agrupamento (UPGMA) de toda a comunidade de formicídeos epigéicos capturadas com armadilhas iscadas em três distintos momentos. C1: matriz com soja (safra), C2: matriz com milho (safrinha) e C3: matrizes de entorno na entressafra. **B:** F1 a F10 representa os diferentes fragmentos de Mata Seca. Região Sudeste de Goiás, 2017. “...continua...”

“Figura 7, Cont.”



A matriz de similaridade indicada pelo Índice de Similaridade de Jaccard, também mostrou que o fragmento de MS (F6), localizado em Campo Alegre de Goiás, se destacou dos demais (Figura 7B). Curiosamente, esse fragmento destacado é o segundo maior em termos de área (44,4 ha) e, com menor número de gêneros (oito) de formigas forrageadoras epigéicas na área. Esse valor é relativamente reduzido, quando se compara com fragmento de MS com áreas muito menores, como verificado em fragmento F4 (em Catalão, Goiás), que apresentou 14 gêneros distribuídos em 33 morfoespécies. Ainda no fragmento (F4), foram encontradas 11 morfoespécies de *Camponotus* e seis de *Pheidole*, reforçando mais uma vez que esses dados indicam que a composição de espécies não é indicada apenas pelo tamanho do fragmento.

Alguns grupos de formicídeos, como por exemplo os Ponerinae, Ectatomminae e Heteroponerinae ocorrem quase que exclusivamente dentro dos fragmentos de MS (ver frequência de captura, em Tabela 2). Extrapolando-se essa situação para universo de outros organismos (plantas, invertebrados e vertebrados), reforça-se a necessidade de preservação da biodiversidade desses remanescentes para a manutenção, principalmente, de grupos específicos.

A análise PCA (Figura 8), destaca dois grupos de similaridade distintas de formigas quando se compara riqueza de espécies, quantidade de serapilheira no solo e a distância da armadilha de captura da borda (*core*). Os pontos mais próximos das matrizes (15 a 21) se correlacionam negativamente com as variáveis analisadas. Essas informações sugerem que a comunidade de formicídeos que ocupam habitats mais distantes da borda, são os significativamente mais afetados pelas variáveis avaliadas.

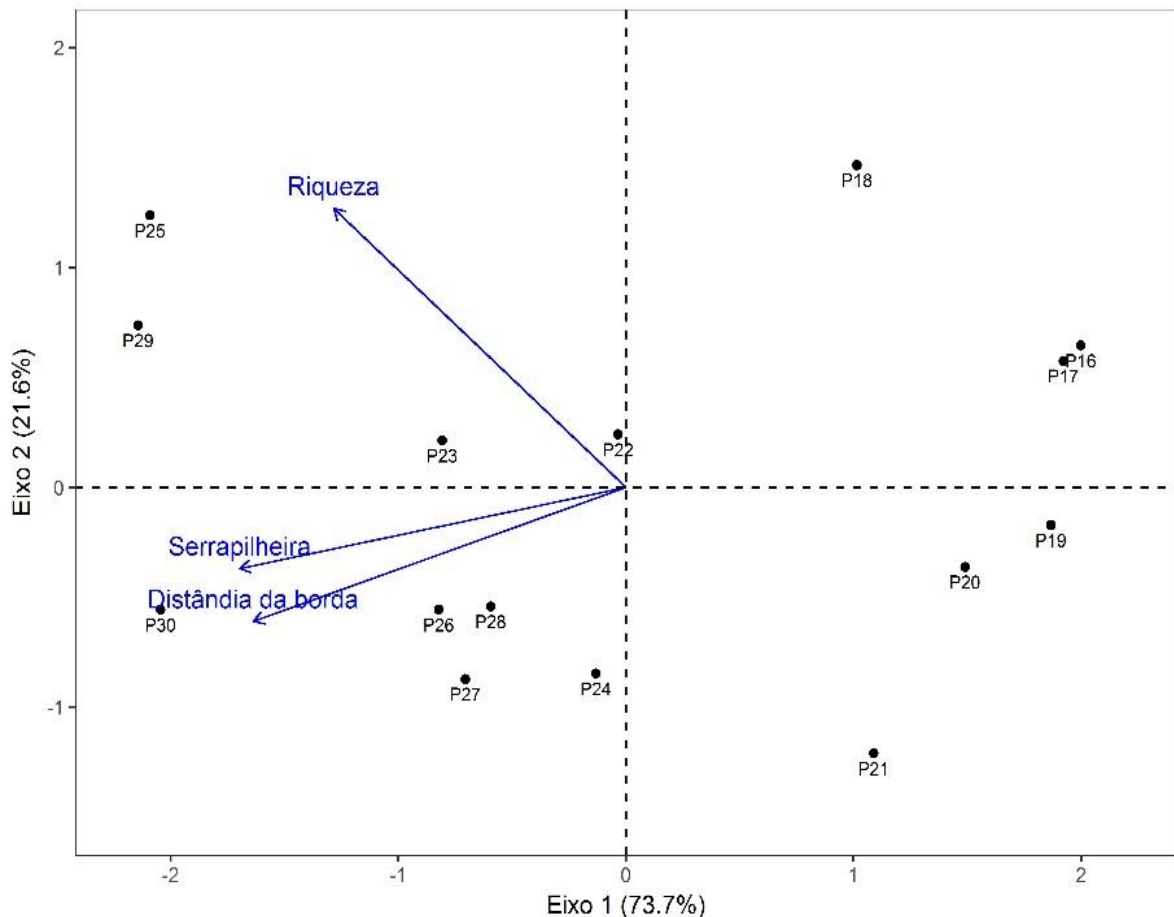


Figura 8. A ordenação (PCA) dos pontos de coleta de formicídeos no transecto: P16 (ponto mais próximo à borda) e, em ordem crescente, os demais pontos em direção ao interior do fragmento de MS; apresentam a correlação da composição de espécies de formicídeos e das variáveis: riqueza de espécies, quantidade de serapilheira e distância da armadilha em relação a borda do fragmento. A direção da seta indica se a variável é positiva ou negativa; embora seu comprimento, indica a magnitude da relação. Região Sudeste de Goiás, 2017.

6. CONCLUSÕES

A comunidade de formicídeos em nosso estudo foi assim constituída: 60 morfoespécies distribuídas em 7 subfamílias e 21 gêneros. A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae (24), seguida de Formicinae (19), Ponerinae (6), Ectatomminae (4), Dolichoderinae (4), Pseudomyrmecinae (2) e Heteroponerinae (1). Os gêneros com maior frequência de captura foram *Camponotus* e *Pheidole*, com 15 e 9 morfoespécies identificadas, respectivamente.

A riqueza de espécies, mesmo durante épocas de cultivo, quando o uso por inseticidas é algo comum, não apresentou menor abundância, comparados ao período de entressafra, quando não houve nenhum procedimento agrícola nas áreas de entorno (Matrizes).

É importante ressaltar que, algumas das morfoespécies capturadas se encaixam na guilda das Predadoras Generalistas, o que confere uma indicativa de controle biológico nessas áreas. Atribuído à isto, relatos por alguns produtores, onde, as linhas de plantio do stand mais próximas aos fragmentos de Mata Seca, revelam maiores produtividades, ou seja, a possibilidade em ação por esses formicídeos predadores é relativamente considerada.

Houve diferença na riqueza de formigas em Fragmentos de Mata Seca (MS) e matrizes de seus entornos, sejam em épocas em que os agroecossistemas estavam ocupados com a cultura da soja, milho e/ou durante entressafra.

Fragmentos de MS apresentaram média de 21,1 morfoespécies e, matriz de entorno, 10,8 morfoespécies.

O tamanho do fragmento de MS não influencia a riqueza de formicídeos. Entretanto, a similaridade das comunidades de formicídeos mostrou dois distintos grupos em MS e matrizes de entornos; também, no conjunto de formigas capturadas em MS e matrizes de entorno, em safra, safrinha e na entressafra.

Nossos resultados sugerem que riqueza e composição das comunidades de formigas podem ser usadas como ferramentas no monitoramento das alterações antrópicas dos habitats.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, C.J.R. The value of biodiversity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68. p. 1115-1118, 2008.
- ALVES, T. G. **Respostas de assembleias de formigas à perturbação antrópica na Mata Atlântica do sudeste do Brasil**. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. Campinas, 2011.
- ANDERSEN A. N. et al. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, p. 8-17, 2002.
- ANDERSEN, A. N. A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life forms in relation to stress and disturbance. **Journal Biogeography**, v. 22, p. 15–29, 1995.
- ANDERSEN, A. N. Functional groups and pattern of organization in North American ant communities: a comparison with Austral. **Journal Biogeography**, v. 24, p. 433-460, 1997.
- ANDERSEN, A. N. Regulation of “momentary” diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian seasonal tropics. **American Naturalist**, v. 140, n. 3, p. 401-420, 1992.
- ANDERSEN, A. N. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. **Biotropica**, v. 23, p. 575-585, 1991.
- ANDERSEN, A. N.; SPARLING, G. P. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian tropics. **Restoration Ecology**, v. 5, p. 109-114, 1997.
- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. **Oikos**, Canadá, v. 105, p. 355–366, 1994.
- ARAÚJO, M. A. R. **Unidades de conservação no Brasil: da república à gestão de classe mundial**. SEGRAC – Editora e gráfica, Belo Horizonte, p. 3-14, 2007.
- ARAÚJO, M. S. et al. Efeito da queima da palhada de cana-de-açúcar sobre comunidade de formicídeos. **Ecologia Austral**, v. 14, p. 191-200, 2004.
- ARAÚJO, M. S.; LUCIA, T. M. D.; PIKANÇO, M. C. Impacto da queima da palhada da cana-de-açúcar no ritmo diário de forrageamento de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 33-38, 2004.
- BAGLIANO, R. V.; LUIZ, F. Fragmentação florestal retratado como perda da biodiversidade sobre os princípios científicos dos códigos florestais brasileiro. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, p. 67-79, 2013.
- BARBOSA, E. F. **Diversidade e composição da mirmecofauna como indicadora de regeneração de áreas ciliares em empreendimentos hidrelétricos**. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Juiz de Fora, v.1, 2011.

BARROSO, G. F. **Teoria de biogeografia de ilhas**, v.1, 2002. Disponível em: <http://www.euquerobiologia.com.br/2011/12/biogeografia-de-ilhas.html>. Acesso em: 10 de junho 2017.

BATTIROLA, L. D. et al. Composição da comunidade de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) em copas de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae), no Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 107-117, 2005.

BRANDÃO C. R. F.; SILVA R. R.; DELABIE J. H. C. Neotropical ants (Hymenoptera) functional groups: nutritional and applied implications. In: Panizzi AR, Parra JRP (eds) Insect bioecology and nutrition for integrated pest management. **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**, p. 213–236, 2012.

BROWN Jr., K.S. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, v. 1, p. 25-42, 1997.

CARETO, C. E. **Aspectos ecológicos da mirmecofauna em comunidades de restingas na ilha de Santa Catarina, sul do Brasil**: composição, densidade de espécies e influência de fatores ambientais. Biblioteca da Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, p. 19-141, 2011.

CARETO, C. E. **Formigas em restinga na região da lagoa Pequena, Florianópolis, SC**: levantamento taxonômico e aspectos ecológicos. Biblioteca da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 1-95, 2008.

CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H. L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation**, v. 91, p. 151-157, 1999.

CERQUEIRA, R. et al. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M. & OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.). **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 23-40, 2003.

CHAMBERS, J. C.; MACMAHON, J A. A day in the life of a seed: Movements and Fates of Seeds and Their Implications for Natural and Managed Systems. **Annual Ecological Synthesis**, v. 25, p. 263-292, 1994.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da Fauna do Solo para a Ciclagem de Nutrientes. **Revista Miolo Biota**, p. 77-100, 2006.

COUTO, M. S. D. S. et al. Identificação de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e paisagens no estado de Goiás: métodos e cenários no contexto da bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, p. 125-135, 2010.

DELABIE, J. H. C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds.) **Sampling ground-dwelling ants**: case studies from the world's rain forests. Curtin University School of Environmental Biology, Perth, p. 1-17, 2000.

DIAS, N. S.; et al. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Ilheringia**, v. 98, p. 136-142, 2008.

DIEHL, E.; GÖTTERT, C. L.; FLORES, D. G. Comunidades de formigas em três espécies utilizadas na arborização urbana em São Leopoldo. **Bioikos**, v. 20, p. 25-32, 2006.

EITEN, G. The use of the term “savanna”. **Tropical Ecology**, v. 27, n. 1, p. 10-23, 1986.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, p. 398-401, 2003.

FOWLER, H. G. et al. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.) **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Caderno de Saúde Pública / CNPQ, p. 131-209, 1991.

GENELETTI, D. Biodiversity impact assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 23, p. 343-365, 2003.

GOEDERT, W.J.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A.O. Savanas Tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F.G.; NETO, A.L.F. (eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 49-80, 2008.

HOLANDA, A. C. de et al. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 34, p. 103-114, 2010.

HOLFMANN, B. D.; ANDERSENN, A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**, v. 28, p. 444-446, 2003.

JESUS, F.S. **Região Centro-Oeste: características gerais, clima, relevo, vegetação e hidrografia**. Geografia do Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.geografiaopinativa.com.br/2013/07/regiao-centro-oeste-caracteristicas.html>. Acesso em: 06/02/2018.

JUNQUEIRA, M. T.; POSSO, J. R.; BARRILLI, G. H. C. **Entomofauna edáfica do parque ecológico Baguaçu de Araçatuba – SP**. In: ANAP - VIII Fórum Ambiental da alta Paulista, São Paulo, v. 8, p. 395-406, 2012.

LEAL, I. R. et al. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, p. 1687-1701, 2012.

LIMA-RIBEIRO, M.S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de cerrado no sudoeste goiano, Brasil. **Acta Botânica Brasílica Journal**, v. 22, p. 535-545, 2008.

LOPES, A. S.; DAHER, E. Agronegócio e Recursos Naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F. G.; NETO, A. L. F. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. EMBRAPA, p. 173-213, 2008.

MACIEL, L. et al. Inventário da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de sucessão ecológica florística no município de União da Vitória, Paraná. **Biodiversidade Pampeana**, v. 9, p. 38-43, 2011.

MAGNUS, L. Z; CÁCERES, N. C. Efeito do tamanho de área sobre a riqueza e composição de pequenos mamíferos da Floresta Atlântica. **Mastozoologia Neotropical**, v. 19, p. 243-258, 2012.

MAJER, J. D. et al. Recolonization by ants in bauxite mines rehabilitated by a number of different methods. **Journal of Applied Ecology**, v. 21, p. 355-375, 1984.

MARINHO, C. G. S. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 3, p. 187-195, 2002.

MATOS, P.F.; V.L. SALAZA. **Territorialização da agricultura moderna na região da estrada de ferro (Goiás) e as modificações no espaço agrário**. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRARIA, São Paulo, p. 1-18, 2009.

MIRANDA, P. N. et al. A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em Floresta Tropical no Estado do Acre. **Revista Árvore**, v. 37, p. 163-173, 2013.

MORAES, M. E. B. et al. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do rio Almada (BA) com base na fragmentação da vegetação. **Caminhos de Geografia**, v. 13, p. 159-169, 2012.

MURPHY, H. T.; LOVETT-DOUST, J. Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: does the matrix matter? **Oikos**, v. 105, p. 3-14, 2004.

NASCIMENTO, R. P. **Estrutura de comunidades de formigas no Cerrado: diversidade, composição e atividade predatória em monoculturas e ecossistemas naturais**. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13267>. Acesso em: 10/10/2017.

NEVES, F.S. et al. Ants of three adjacent habitats of a transition region between the Cerrado and Caatinga biomes: The effects of heterogeneity and variation in canopy cover. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 258-268, 2013.

OLIVEIRA, M. A. et al. A fauna de formigas em povoamentos de eucalipto e mata nativa no Estado do Amapá. **Acta Amazônica**, v. 25, p. 117-126, 1995.

OLIVEIRA, M. A. et al. Bioindicadores ambientais: insetos como instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.

PAOLUCCI, L. N. et al. Fire-induced forest transition to derived savannas: Cascading effects on ant communities. **Biological Conservation**, v. 214, p. 295-302, 2017.

PAOLUCCI, L. N.; SOLAR, R. R. C.; SCHOEREDER, J. H. **Resposta da comunidade de formigas de serapilheira a perturbação**. In: III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço, v.1., 2009.

PEREIRA, M. P. dos S. et al. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 197-204, 2007.

PETERNELLI, E. F. O.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MARTINS, S. V. W. Espécies de formigas que interagem com sementes de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae). **Revista Árvore**, v. 28, p. 733-738, 2004.

PETREN, K.; CASE, T. J. Uma Demonstração Experimental de Competição de Exploração em uma Invasão em Curso. **Ecology**, v. 77, p. 118-132, 1996.

PILON, N. A. L. et al. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**, v. 42, p. 425-443, 2015.

QUEIROZ, A. C. M. **Formigas como indicadores de impacto e reabilitação em áreas de mineração**. Biblioteca da Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 21-132, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R version 3.2**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, s.l., 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 05/12/2017.

RICKETTS, T. H. **The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes**. Department of Biological Sciences, California, v. 158, p. 87-89, 2001.

RICKLEFS, R. E. Livro: **A economia da natureza**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, v. 7, p. 546, 2016.

RODRIGUES, C. A. et al. Comunidade de Formigas Arborícolas Associadas ao Pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) em Fragmento de Cerrado Goiano. **Brazilian Journal of Forestry Research**, n. 57, p. 39-44, 2008.

RODRIGUES, C. A. Riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em duas fitofisionomias de Cerrado no município de Ipameri, GO, Brasil. *Tese...* UNESP, Jaboticabal, 2014.

SANCHES, M. S. P. et al. Conectividade entre fragmentos de matas ciliares no sudoeste da APA do Rio Curiaú, Amapá/AP. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** INPE, Foz do Iguaçu, 1v, 2013.

SANTOS, S. R. Q. et al. A riqueza de formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2008. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 307-314, 2012.

SILVA, A. M. **Diversidade de formigas epigéicas em fragmentos de floresta estacional semidecidual e agroecossistemas adjacentes de milho e soja, no município de Ipameri-GO**. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (UEG), Ipameri, 33p, 2014.

SILVA, M. **Diversidade de Neuroptera (Insecta) na Mata do Baú, Barroso, MG**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1v, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/339>. Acesso em: 12/10/2017.

SILVA, R. R. et al. Grupos tróficos e guildas em formigas poneromorfas. In: DELABIE, J. H. C. et al. (eds.). **As formigas poneromorfas do Brasil**. Editus – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, p. 163-179, 2015.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. **Grupos funcionales de hormigas: el caso de los grêmios del Cerrado**. Introducion a las hormigas de la region Neotropical. Instituto de investigacion de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Colômbia, p. 113-148, 2003.

SOARES, S. M.; SCHOEREDER, J. H. Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in southeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 48, p. 280-286, 2001.

SOBRINHO, T. G. et al. Does Fragmentation Alter Species Composition in Ant Communities (Hymenoptera: Formicidae)? **Sociobiology**, v. 42, p. 1-14, 2003.

SOUSA-SOUTO, L. et al. Ant nests and soil nutriente availability: the negative impact of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, p. 639-646, 2008.

SOUZA, C. G. et al. Analise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 631-644, 2014.

SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Editora UFV, Viçosa, p. 13-26, 2011.

STEPHENS, S. S.; WAGNER, M. R. Using ground foraging ant (Hymenoptera: Formicidae) functional groups as bioindicators of forest health in Northern Arizona Ponderosa Pine Forests. **Community and Ecosystem Ecology**, v. 35, p. 937-949, 2006.

SUAREZ, A. V.; BOLGER, D. T.; CASE, T. J. Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in Coastal Southern California. **Ecology**, v. 79, p. 2041-2056, 1998.

TERBORG, J.; ROBINSON, S. Guilds and their utility in ecology. In: KIKKAWA, J. & DEREK, J. A. (eds.) **Community ecology**. Blackwell Science Publications, London, p. 65-90, 1996.

TEWS, J. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 79-92, 2004.

WILSON E. O. La hiperdiversidad como fenómeno real: el caso de *Pheidole*. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá, p. 363-370, 2003.