

Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo

Effects of environmental attributes on the biodiversity of ants under different land uses

Gustavo Correiro do Amaral^I, André Barbosa Vargas^{II}, Fábio Souto Almeida^{III}

Resumo

O objetivo foi avaliar a influência de variáveis ambientais sobre a fauna de formigas em um fragmento de floresta nativa e em áreas cultivadas. Os dados foram coletados no município de Seropédica - RJ, nas estações chuvosa e seca, em um cultivo de bananas (*Musa paridisiaca* L.), uma agrofloresta, um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium* (Jacq.) e um fragmento de floresta (8 ha) em estágio intermediário de sucessão secundária. Para a amostragem, foram utilizadas armadilhas de queda tipo *pitfall* e extratores de Winkler. Foram coletadas 53 espécies de formigas, ocorrendo maior riqueza de espécies na agrofloresta (38 espécies), seguida do cafezal (31 espécies), floresta secundária (29 espécies) e plantação de bananeiras (28 espécies). Na estação seca houve o efeito do tipo de uso do solo e da profundidade de serapilheira sobre a riqueza e diversidade de espécies de formigas. Nas duas estações, a composição de espécies de formigas variou significativamente entre todas as áreas estudadas. Os sistemas agroflorestais funcionam como alternativa às monoculturas pela diversidade de espécies cultivadas e estratos vegetais que apresentam. Neste sentido, o aumento da heterogeneidade estrutural do ambiente e da profundidade de serapilheira, em áreas cultivadas na estação seca, proporciona maior riqueza e diversidade de espécies de formigas, além de mudanças na composição de espécies.

Palavras-chave: Conservação; Formicidae; Sistemas agroflorestais

Abstract

The objective was to evaluate the influence of environmental variables on the ant fauna, in cultivated areas and in a native forest fragment. The data were collected in the municipality of Seropédica, Rio de Janeiro state, in the rainy and dry seasons, in a banana plantation (*Musa paridisiaca* L.), an agroforest, a coffee plantation (*Coffea conephora* Pierre) shaded with *Gliricidia sepium* (Jacq.) and a forest fragment (8 ha) in the intermediate stage of secondary succession. For the sampling, soil pitfall traps and the Winkler extractor were used. A total of 53 species were collected in the present study. The highest species richness was observed in the agroforestry (38 species), followed by shaded coffee (31 species), secondary forest (29 species) and banana plantation (28 species). In the dry season there was effect of land use type and leaf litter depth on the richness and diversity of ant species. In both seasons, ant species composition varied significantly among all the studied areas. The agroforestry systems are important alternatives to monocultures due to their diversity of cultivated species and plant strata. Thus, the increase of the structural heterogeneity of the environment and the leaf litter depth, in cultivated areas in the dry season, may lead to greater species richness and diversity as well as changes in the species composition.

Keywords: Agroforestry systems; Conservation; Formicidae

^I Biólogo, MSc., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, BR 465, Km 07, CEP 23897-000, Seropédica (RJ), Brasil. gustavo_correiro@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-9307-8242)

^{II} Biólogo, Dr., Professor do Centro Universitário de Volta Redonda, Av. Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325, Três Poços, CEP 27240-560, Volta Redonda (RJ), Brasil. andrebvargas@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-8340-8217)

^{III} Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, Av. Prefeito Alberto Lavinas, 1847, Centro, CEP 25802-100, Três Rios (RJ), Brasil. fbio_almeida@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-6214-397X)



Introdução

As formigas são expressivamente comuns em florestas tropicais, apresentando elevada riqueza de espécies, principalmente nos ecossistemas naturais com maior complexidade estrutural (MARTINS *et al.*, 2011; LEAL *et al.*, 2012). São organismos abundantes, dominantes e apresentam elevada diversidade de hábitos e, assim, ocupam diversos nichos ecológicos (BRÜHL; ELTZ; LINSENMAIR, 2003). Em áreas cultivadas, esses insetos apresentam importância econômica e ecológica, pois existem espécies que causam prejuízos aos agricultores ao atacar as plantas cultivadas, enquanto outras são predadoras ou atuam na polinização, ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006; ALMEIDA; QUEIROZ; MAYHE-NUNES, 2007; GOMES *et al.*, 2013). Em florestas tropicais, a riqueza e diversidade de espécies geralmente são maiores que em ambientes mais homogêneos, como monocultivos, campos e pastagens (MARTINS *et al.*, 2011). Do mesmo modo, os policultivos, especialmente os mantidos sem a utilização de pesticidas e com a manutenção da cobertura morta, podem proporcionar condições para a existência de uma considerável biodiversidade de formigas (GOMES *et al.*, 2013; ESTRADA, 2017). Entretanto, alterações na estrutura e complexidade de ecossistemas naturais, que reduzem a sua heterogeneidade, podem apresentar efeitos negativos para a fauna de formigas (LASSAU; HOCHULI, 2004). Estes efeitos podem ser notados, por exemplo, na dispersão de sementes (CHRISTIANINI; MAYHÉ-NUNES; OLIVEIRA, 2007; ALMEIDA; MAYHE-NUNES; QUEIROZ, 2013) e na ciclagem de nutrientes do solo (GOMES *et al.*, 2010).

A uniformidade nos ambientes reduz a variabilidade de nichos ecológicos para a comunidade de formigas, o que diminui a sua riqueza taxonômica local (LOPES *et al.*, 2010). Por outro lado, o aumento da complexidade da estrutura vegetacional favorece a ocorrência de maior riqueza de espécies de formigas (VARGAS *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2012). Neste sentido, os sistemas agroflorestais podem proporcionar o incremento do número de nichos ecológicos e consequente propensão à existência de maior diversidade biológica (MARTINS *et al.*, 2011). Cabe ainda ressaltar que a cobertura morta em áreas cultivadas e a serapilheira de ecossistemas naturais, geralmente abundantes em sistemas agroflorestais, são fontes de recursos alimentares e de abrigo para inúmeras espécies (GOMES *et al.*, 2013; ESTRADA, 2017).

Além da estrutura da vegetação influenciando a comunidade de formigas, as variações de temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade ao nível do solo também podem influenciar essas comunidades nos agroecossistemas (ALMEIDA; QUEIROZ; MAYHE-NUNES, 2007; AZEVEDO *et al.*, 2011). Além disso, a aplicação de pesticidas elimina boa parte das espécies existentes nas áreas cultivadas, inclusive espécies benéficas para a produção agrícola (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Desse modo, áreas cultivadas nas quais não se aplicam pesticidas sintéticos e que contenham espécies agrícolas e florestais consorciadas, formando diversos estratos vegetais verticais, podem possuir expressiva riqueza de espécies de formigas (GOMES *et al.*, 2013).

Para avaliar a influência das características de *habitat* sobre a biodiversidade podem ser utilizados bioindicadores (MARTINS *et al.*, 2011). Nesse sentido, a fauna de formigas vem sendo amplamente utilizada como ferramenta para subsidiar medidas mais eficazes na conservação e preservação da biodiversidade, por serem sensíveis aos impactos antrópicos (RIBAS *et al.*, 2012). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de atributos ambientais sobre a fauna de formigas em diferentes usos do solo.

Material e método

A coleta de dados foi realizada no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA (22°45'16.32"S; 43°40'26.28"O), também chamado de Fazendinha Agroecológica do Km 47, que está situado no município de Seropédica, pertencente à Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, sendo uma área de 59 ha delimitada no ano de 1993 (NEVES *et al.*, 2005). Trata-se de uma área utilizada para a realização de atividades de ensino e pesquisa no campo

da agroecologia, com diversas glebas cultivadas com espécies agrícolas de ciclo curto e de ciclo longo, como monoculturas ou em sistemas diversificados (NEVES *et al.*, 2005; ALMEIDA; QUEIROZ; MAYHE-NUNES, 2007).

O clima local é quente e úmido, classificado como tipo Cwa segundo a classificação de Köppen, com temperatura média de 23,4°C, com mínima de 20,7°C e máxima de 26,7°C e uma precipitação anual média de 1225 mm, sendo menor em junho (31 mm) e maior em janeiro (195 mm) (EMBRAPA, 2016). O relevo é ondulado e o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo e, predominantemente, Planossolo (NEVES *et al.*, 2005).

Avaliou-se uma plantação de bananeiras (*Musa paradiisiaca* L.) com 0,2 ha, dividida a cada 5 x 10 m por vinhas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims), uma agrofloresta multiestratificada com 0,17 ha, apresentando na sua composição abacaxizeiros (*Ananas comosus* L. Merrill), caramboleiras (*Averrhoa carambola* L.), urucuzeiro (*Bixa orellana* L.), plantas cítricas (*Citrus*), mamoeiros – mamão-papaia (*Carica papaya* L.), coqueiros – coco-da-bahia (*Cocos nucifera* Linn), gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp), bananeiras (*Musa paradiisiaca*), guapuruvu ou fischeira (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake) e cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.), possuindo expressiva quantidade de serapilheira sobre o solo, um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium*, com 0,42 ha e apresentando em seus corredores serapilheira originada de plantas invasoras e da queda das folhas e frutos do café e da arborização de *Gliricidia sepium*, bem como um fragmento de Floresta Ombrófila Densa (8 ha) que está em estágio intermediário de sucessão secundária (GOMES *et al.*, 2013), com uma diversidade de árvores e um bambuzal em seu interior, além de considerável cobertura do solo por serapilheira.

A amostragem de formigas foi realizada no ano de 2017, nos meses de janeiro (estação chuvosa) e julho (estação seca) nas quatro áreas no SIPA, em cinco unidades amostrais em cada área avaliada, distanciadas 10 m entre si, sendo que em cada unidade amostral foram alocadas três armadilhas de solo tipo *pitfall*, com distância de 1 m entre si (ALMEIDA; QUEIROZ; MAYHE-NUNES, 2007). Em cada estação de coleta, as armadilhas foram instaladas em todas as áreas em um mesmo dia. Foi avaliada ainda, em cada unidade amostral, uma parcela de 1 m² da qual foi extraída a serapilheira/cobertura morta, que foi peneirada e alocada no extrator de Winkler (VARGAS; MAYHE-NUNES; QUEIROZ, 2013). As armadilhas tipo *pitfall* e o extrator de Winkler permaneceram ativos por 48 horas. Para os *pitfalls* foram utilizados copos plásticos de 300 mL, contendo 100 mL de álcool 70% como líquido conservante (ALMEIDA; QUEIROZ; MAYHE-NUNES, 2007). As amostras foram cuidadosamente triadas e as formigas obtidas foram fixadas em via seca para posterior identificação e depósito na Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima – CECL.

Para a identificação das formigas em nível de gênero foram utilizadas chaves dicotômicas propostas em Baccaro *et al.* (2015). A identificação em nível de espécie, quando possível, foi realizada pela utilização de chaves de identificação específicas para cada gênero e pela comparação com espécimes previamente identificados, assim como em Pereira *et al.* (2016).

Como atributos ambientais foram obtidos, em cada ambiente estudado, a profundidade de cobertura morta/serapilheira e a temperatura do ar ao nível do solo. A profundidade de cobertura morta/serapilheira foi obtida com o auxílio de uma régua graduada em quatro pontos ao lado de cada unidade amostral. A temperatura do ar foi coletada com um Termo-Higroanemômetro-Luxímetro digital THAL-300, que foi alocado ao nível do solo e ao lado de cada unidade amostral.

Para verificar o efeito do uso do solo (áreas cultivadas e floresta secundária - fatores) e das variáveis ambientais (temperatura do ar e profundidade de cobertura morta/serapilheira - covariáveis) sobre a riqueza e diversidade de espécies de formigas foi utilizada a Análise de Covariância (ANCOVA). Foi utilizado o Índice de Diversidade de Shannon. A similaridade das comunidades de formigas foi avaliada, utilizando a ordenação multidimensional não métrica (NMDS), calculada com a dissimilaridade de Bray-Curtis, incluindo as variáveis ambientais na análise para obter sua relação com a composição de espécies (HAMMER; HARPER; RYAN, 2003). Também foram testadas as diferenças na composição de espécies de formigas entre amostras

coletadas nas estações seca e chuvosa, com uma análise de semelhanças (ANOSIM) (CLARKE, 1993), sendo utilizado o programa Past 3.20. Todas essas análises foram realizadas sobre a frequência de ocorrência das espécies nas armadilhas e não baseado no número de formigas operárias, para reduzir os erros de estimativa da abundância das espécies de formigas em cada área estudada (GOTELLI *et al.*, 2011).

Resultados e discussão

Foram amostradas 53 espécies, distribuídas nas subfamílias Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Pseudomyrmicinae, sendo Myrmicinae a mais representativa (Tabela 1). Os gêneros *Pheidole*, *Pseudomyrmex* e *Strumigenys* apresentaram a maior riqueza de espécies.

Considerando-se o total das duas estações, a maior riqueza de espécies foi observada na agrofloresta (38 espécies), seguida do cafezal (31 espécies), floresta secundária (29 espécies) e plantação de bananeiras (28 espécies). Na estação chuvosa, a maior riqueza de espécies ocorreu na agrofloresta e a menor na plantação de bananeiras. Na estação seca, a maior riqueza de espécies foi registrada no cafezal e a menor na agrofloresta e na plantação de bananeiras.

Na estação chuvosa não se observou diferença significativa na riqueza de formigas entre os diferentes usos do solo (ANCOVA, $F_{2,20} = 1,261$; $P = 0,31$; Figura 1), e essa também não foi influenciada pela profundidade da serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,795$; $P = 0,39$) e pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,654$; $P = 0,43$). Por outro lado, na estação seca registrou-se efeito do uso do solo (ANCOVA, $F_{2,20} = 5,316$; $P = 0,01$; Figura 2) e da profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 9,471$; $P = 0,01$) sobre a riqueza de espécies de formigas, contudo, a temperatura do ar não influenciou significativamente a riqueza de espécies (ANCOVA, $F_{1,20} < 0,01$; $P > 0,05$) nessa estação.

Tabela 1 – Espécies de formigas e sua frequência nas unidades amostrais nas estações chuvosa e seca no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Km 47, Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, no ano de 2017.

Table 1 – Ant species and the frequency in the sample units in rainy and dry seasons in the 'Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA', Fazendinha Agroecológica, Km 47, Seropédica, Rio de Janeiro state, in 2017.

Espécies \ frequência	Estação chuvosa				Estação seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta
<i>Acropyga</i> sp.1 Roger, 1862			1					
<i>Anochetus mayri</i> Emery, 1884							1	
<i>Brachymyrmex</i> sp.1 Mayr, 1968	2		5	2	2		3	2
<i>Brachymyrmex</i> sp.2 Mayr, 1968	5	3	1				1	
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1962	2	3			1			

Continua...

Tabela 1 – Continuação...

Table 1 – Continuation...

Espécies \ frequência	Estação chuvosa				Estação seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	1	1			1		1	
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	3	1			1			1
<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907	1	2	4		1		2	
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1 Mayr, 1862	1		1	1	1		3	
<i>Cyphomyrmex</i> sp.2 Mayr, 1862				4				1
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	1	5	5	1	1	2	4	1
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863			1		2			
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908							3	
<i>Gnamptogenys moelleri</i> (Forel, 1912)	1	1		3		2		1
<i>Hypoponera distinguenda</i> (Emery, 1890)				1		2		
<i>Hypoponera</i> sp.1 Santschi, 1938						1		3
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	1	3						
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)		2						
<i>Labidus</i> sp.1 Jurine, 1807				1				
<i>Leptogenys</i> sp.1 Roger, 1861				1				
<i>Leptothorax</i> sp.1 Mayr, 1855			1					
<i>Linepithema humile</i> Mayr (1868)		5	2			5	4	
<i>Linepithema</i> sp.1 Mayr, 1866	1	3	1	4	1		1	5

Continua...

Tabela 1 – Continuação...

Table 1 – Continuation...

Espécies \ frequência	Estação chuvosa				Estação seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		3	3	1		4	3	1
<i>Neoponera vilosa</i> (Fabricius, 1804)			1					
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892	2	4	4	1		4	5	2
<i>Odontomachus</i> sp.1 Latreille, 1804	1	1		3		1	1	4
<i>Oxyepoecus</i> sp.1 Santschi, 1926		1		3				2
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius 1904)		2		1		3		2
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1908				3				3
<i>Paratrechina</i> <i>longicornis</i> (Latreille, 1802)	4		1		5			
<i>Pheidole</i> sp.1 Westwood, 1839	4	4	3	4	1	3		5
<i>Pheidole</i> sp.2	4	1			4			
<i>Pheidole</i> sp.3		3		1	2			
<i>Pheidole</i> sp.4	3	2	3	1	3		3	2
<i>Pheidole</i> sp.5			3	3			5	1
<i>Pheidole</i> sp.6	2		1			1	2	
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1 Lund, 1831		1		1				
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2						1		
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3		1						
<i>Pseudomyrmex</i> <i>venustus</i> (Smith, 1858)		1						
<i>Sericomyrmex</i> sp.1 Mayr, 1865	1	4				3	1	
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1872	5	5	3	5	4	1	3	2
<i>Solenopsis</i> sp.1 Westwood, 1840	3	4	5	5	1	4	5	2
<i>Solenopsis</i> sp.2		3	1	5	1			2

Continua...

Tabela 1 – Conclusion...

Table 1 – Conclusão...

Espécies \ frequência	Estação chuvosa				Estação seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	3		4	4		4	4	2
<i>Strumigenys</i> sp.1 Emery, 1860						1		
<i>Strumigenys</i> sp.2		1	1					
<i>Strumigenys</i> sp.3		1	1		1			
<i>Thaumatomyrmex</i> <i>mutilatus</i> Mayr, 1887			2			1		
<i>Trachymyrmex</i> sp1 Forel, 1893				2				
<i>Wasmannia</i> <i>auropunctata</i> (Roger, 1863)	3	1	3		2	2	4	1
<i>Wasmannia</i> sp.1 Forel, 1893	1	2		2				2
Total de Espécies	24	31	26	26	19	19	21	22

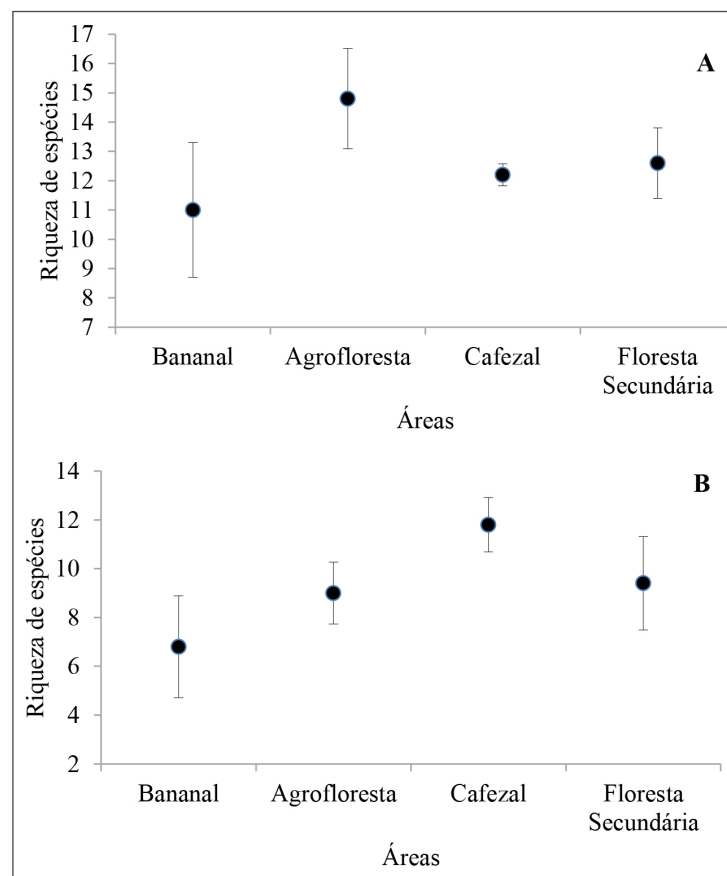
Fonte: Autores (2018)

O bananal apresentava-se como a área com menor complexidade estrutural e com reduzida cobertura do solo por serapilheira, sendo então um local menos propício para a ocorrência de uma elevada riqueza de espécies. Já a área de floresta secundária deste estudo, por ser um fragmento florestal pequeno e, em estágio intermediário de sucessão, não suporta um número elevado de espécies de formigas (GOMES et al., 2013). Cabe ressaltar que o plantio de espécies arbóreas juntamente com as espécies agrícolas proporciona maior diversidade de estratos verticais, o que também pode ter acarretado nos resultados observados, ou seja, elevada riqueza de espécies de formigas no cafezal e, principalmente, na agrofloresta. Também pode-se inferir que a manutenção da serapilheira/cobertura morta em plantios agrícolas pode ser relevante, pois favorece a presença de maior riqueza de espécies de formigas.

Na análise do índice de diversidade, na estação chuvosa não houve diferença entre as médias obtidas nas áreas com diferente uso do solo (ANCOVA, $F_{2,20} = 0,848$; $P = 0,45$; Figura 2) e a diversidade também não foi influenciada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,415$; $P = 0,53$) ou pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,240$; $P = 0,63$). Na estação seca houve efeito do uso do solo sobre a diversidade de espécies (ANCOVA, $F_{2,20} = 4,732$; $P = 0,02$; Figura 2), sendo também influenciada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 6,310$; $P = 0,02$), mas não pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} < 0,01$; $P > 0,05$). A plantação de bananeiras apresentou os menores índices de diversidade de espécies, nas duas estações, apresentando diferença significativa entre os demais usos do solo na estação seca, provavelmente em função da menor complexidade estrutural do ambiente comparado às outras áreas estudadas, pois apresentam maior diversidade vegetal, incluindo espécies arbóreas (ROPERO; ARMBRECHT, 2005). Assim, como observado neste estudo para as áreas cultivadas e na literatura, quando a composição e a estrutura da vegetação são mais complexas, a diversidade associada é maior (GASTON, 2000).

Figura 1 – Riqueza média (\pm erro padrão) de espécies de formigas em diferentes usos do solo na estação chuvosa (A) e seca (B) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica, Km 47 - Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, no ano de 2017. ANCOVA: estação chuvosa ($F_{2,20} = 1,261$; $P = 0,31$); estação seca ($F_{2,20} = 5,316$; $P = 0,01$).

Figure 1 – Ant species richness average (\pm standard error) in different land use in the rainy (A) and dry (B) season in the ‘Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA’, Fazendinha Agroecológica, Km-47, Seropédica, Rio de Janeiro state, in the year 2017. ANCOVA: rainy season ($F_{2,20} = 1.261$; $P = 0.31$); dry season ($F_{2,20} = 5.316$; $P = 0.01$).



Fonte: Autores (2018)

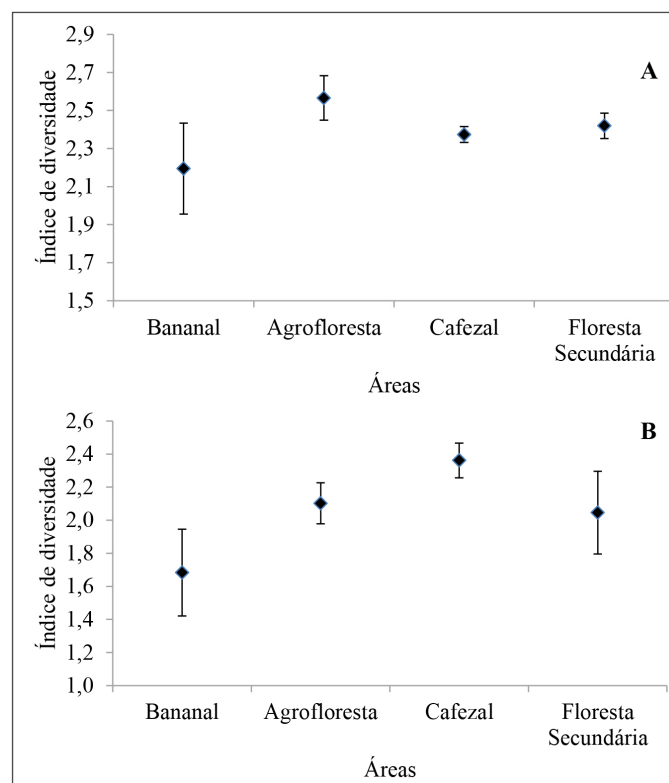
Ecossistemas de florestas são essenciais para a conservação da biodiversidade de formigas (LAURANCE et al., 2002), por serem espacialmente mais heterogêneas, ofertando maior variedade de recursos e condições ambientais específicas para as espécies. A simplificação mais extrema do ambiente, observada em pastagens cultivadas, é prejudicial para a conservação da biodiversidade de formigas (GOMES et al., 2013). Assim, os cultivos agrícolas agroecológicos podem prejudicar menos a diversidade da fauna, desde que sejam mais diversificados, como é o caso dos sistemas agroflorestais. Os sistemas agroflorestais, pela diversidade de espécies e estratos vegetais que apresentam, podem ser importantes alternativas às monoculturas, no que se refere à proteção da biodiversidade.

A floresta nativa apresenta geralmente maior diversidade de espécies que monoculturas e práticas culturais modificam a composição e a abundância de indivíduos da comunidade de formigas epigeicas (SANTOS et al., 2012). Segundo Carrascosa (2014), o aumento da quantidade de recursos alimentares e estruturais proporcionam melhores condições para que uma maior ri-

queza de espécies de formigas consiga coexistir. Além disso, a quantidade de recursos pode exercer um papel mais determinante para a explicação da riqueza do que a heterogeneidade dos recursos (CARRASCOSA, 2014). A inexistência de diferença significativa entre as áreas estudadas na estação chuvosa provavelmente ocorreu por ser uma estação com maior precipitação pluviométrica e radiação solar, que acarretam em maior produção primária e, conseqüentemente, maior quantidade de recursos disponíveis para a fauna de formigas. Isso possibilita o aumento das populações de formigas, especialmente nas áreas mais simplificadas e pobres em recursos. O aumento das populações das diferentes espécies de formigas proporciona maior facilidade de coleta das mesmas, pela existência de maior número de formigas operárias. As maiores temperaturas observadas na estação chuvosa, também podem facilitar a coleta das espécies de formigas por induzirem maior tempo de forrageamento nessa época. Além disso, o aumento da disponibilidade de recursos também facilita a colonização das áreas, o que pode ser especialmente importante nos locais com complexidade estrutural menor, a exemplo da plantação de bananeiras. Essa hipótese pode demonstrar que condições ambientais favoráveis e o aumento de produção primária podem elevar a riqueza e a diversidade de espécies em *habitat* simplificado, fazendo que se assemelhem aos valores observados em áreas com maior complexidade estrutural.

Figura 2 – Índice de diversidade de Shannon médio (\pm erro padrão) de espécies de formigas nas áreas com diferentes usos do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica, Km 47 na estação chuvosa (A) e seca (B) – Seropédica - RJ, no ano de 2017. ANCOVA: estação chuvosa ($F_{2,20} = 0,848$; $P = 0,45$); estação seca ($F_{2,20} = 4,732$; $P = 0,02$).

Figure 2 – Shannon diversity index average (\pm standard error) of ant species in the ‘Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA’, Fazendinha Agroecológica, Km-47 in the rainy (A) and dry (B) season - Seropédica, Rio de Janeiro state, in the year 2017. ANCOVA: rainy season ($F_{2,20} = 0.848$; $P = 0.45$); dry season ($F_{2,20} = 4.732$; $P = 0.02$).

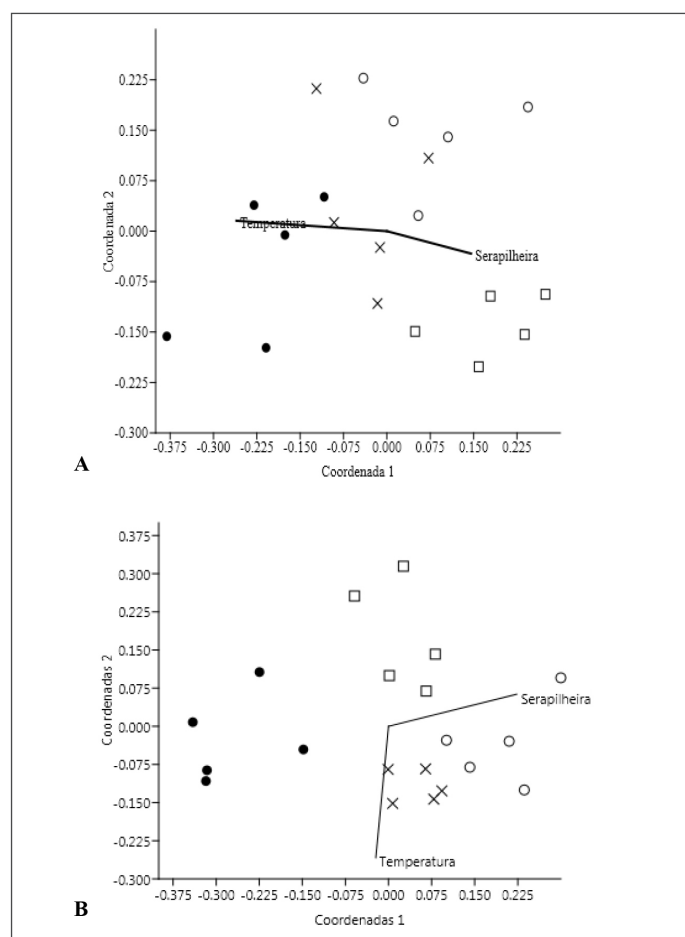


Fonte: Autores (2018)

Na estação chuvosa houve efeito significativo do tipo de uso do solo sobre a composição de espécies de formigas (ANOSIM, $R = 0,786$, $P < 0,01$; Figura 3), Na comparação par a par, todas as diferenças foram significativas: a plantação de bananeiras e a agrofloresta ($R = 0,674$, $p < 0,01$), o cafezal ($R = 0,716$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,94$, $p < 0,01$), a agrofloresta e o cafezal ($R = 0,792$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,834$, $p < 0,01$) e entre o cafezal e a floresta secundária ($R = 0,816$, $p < 0,01$). Na estação seca, o efeito do tipo de uso do solo sobre a composição de espécies de formigas também foi significativo (ANOSIM, $R = 0,676$, $P < 0,01$). Além disso, nessa estação, todas as diferenças também foram significativas, entre a plantação de bananeiras e a agrofloresta ($R = 0,712$, $p < 0,01$), o cafezal ($R = 0,796$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,482$, $p < 0,01$). Houve diferença entre a agrofloresta e o cafezal ($R = 0,594$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,642$, $p < 0,01$) e ainda entre o cafezal e a floresta secundária ($R = 0,848$, $p < 0,01$).

Figura 3 - Ordenação Multidimensional Não Métrica (NMDS) para a composição de espécies de formigas nas áreas de estudo na estação chuvosa (A) e na estação seca (B) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica, Km-47, Seropédica, Rio de Janeiro. Nota: • - Bananal; ○ - Agrofloresta; X - Cafezal; □ - Mata Secundária.

Figure 3 - Non-metric multidimensional scaling (NMDS) for the composition of ant species in the study areas in the rainy season (A) and in the dry season (B) in the Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica, Km-47, Seropédica, Rio de Janeiro state. Note: • - Banana plantation; ○ - Agroforestry; X - Shaded coffee; □ - Secondary forest.



Fonte: Autores (2018)

Não foi verificada variação expressiva na diversidade e na riqueza de espécies nas estações do presente estudo no cafezal. No decorrer da estação seca, o cafezal apresentou floração, aumentando a disponibilidade de recursos para a fauna de formigas, podendo ser a causa da pequena variação na riqueza e diversidade de espécies de formigas entre as estações do ano. Perfecto e Snelling (1995) mencionam a influência da disponibilidade de recursos sobre a diversidade, riqueza e composição de formigas em áreas de cultivo. A floração e a frutificação em épocas com climas desfavoráveis para a fauna de formigas podem manter a riqueza e a composição de espécies em áreas cultivadas (PERFECTO *et al.*, 1996), corroborando os presentes resultados.

Na estação chuvosa, a serapilheira esteve ligada principalmente à composição de espécies de formigas na floresta secundária e a temperatura do ar relacionou-se à composição de espécies na plantação de bananeiras. Na estação oposta, a serapilheira e a temperatura estiveram correlacionadas à composição de espécies de formigas nas áreas da agrofloresta e do cafezal, respectivamente.

Desse modo, os resultados obtidos suportam a hipótese de que as diferenças nas condições ambientais, observadas nas áreas com diferente uso do solo, afetaram significativamente a riqueza e a diversidade espécies de formigas. Por outro lado, espécies de formigas com hábitos mais especialistas são mais exigentes à diversidade de recursos disponíveis nos ecossistemas do que as espécies de hábitos mais generalistas.

Conclusão

Variações que ocorrem nos atributos ambientais em função do uso do solo acarretam em alterações nas comunidades de formigas. O aumento da heterogeneidade estrutural do ambiente, na estação seca, proporciona maior riqueza e diversidade de espécies de formigas, além de mudanças na composição de espécies. Nessa estação, a profundidade de serapilheira influencia a riqueza de espécies de formigas, estando relacionada à disponibilidade de recursos alimentares e de nidificação. Além disso, ressalta-se que a fauna de formigas é um grupo de organismos adequado para estudos que visem avaliar a variação da diversidade biológica em áreas com diferentes usos do solo.

Referências

- ALMEIDA, F. S.; MAYHE-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. The Importance of poneromorph ants for seed dispersal in altered environments. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 60, p. 229-235, aug. 2013.
- ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHE-NUNES, A. J. Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 14, p. 34-44, ago. 2007.
- AZEVEDO, F. R. *et al.* Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 6, p. 740-748, nov. 2011.
- BACCARO, F. B. *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: INPA, 2015. 388 p.
- BRÜHL, C. A.; ELTZ, T.; LINSENMAIR, K. E. Size does matter—effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity & Conservation**, Dordrecht, v. 12, n. 7, p. 1371-1389, jul. 2003.
- CARRASCOSA, V. A. C. **Importância da heterogeneidade e quantidade de recursos na riqueza e redundância funcional de formigas arborícolas**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, Brisbane, v. 1, p. 117-143, mar. 1993.
- CHRISTIANINI, A. V.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; OLIVEIRA, P. S. The role of ants in the removal of nonmyrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 343-351, may 2007.
- EMBRAPA. **Embrapa Monitoramento por Satélite**: banco de dados climáticos do Brasil. 2016. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=200>. Acesso em: 03 abr. 2016.
- ESTRADA, M. E. **A diversidade e o papel da fauna de formigas em áreas agrícolas submetidas ao cultivo orgânico e convencional**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, London, v. 405, p. 220-227, may 2000.
- GOTELLI, N. J. *et al.* Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. **Myrmecological News**, Innsbruck, n. 15, p. 13-19, sep. 2011.
- GOMES, D. S. *et al.* Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 103, p. 104-109, jun. 2013.
- GOMES, J. B. V. *et al.* Relações entre atributos do solo e atividade de formigas em restingas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 67-78, feb. 2010.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **Paleontological Statistics – PAST**. 2003. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Acesso em: 08 jan. 2017.
- LAURANCE, W. F. *et al.* Ecosystem decay of amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, Boston, v. 16, p. 605-618, jun. 2002.
- LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Copenhagen, v. 27, p. 157-164, apr. 2004.
- LEAL, I. R. *et al.* Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. **Biodiversity & Conservation**, Dordrecht, v. 21, n. 7, p. 1687-1701, jun. 2012.
- LOPES, D. T. *et al.* Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 100, p. 84-90, mar. 2010.
- MARTINS, L. *et al.* Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 174-179, abr. 2011.
- NEVES, M. C. P. *et al.* Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do km 47. In: AQUINO A.; ASSIS, R. L. (org.). **Agroecologia: princípios e técnica para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. p. 147-172.
- PEREIRA, L. P. C. *et al.* Seasonal Analysis of Taxonomic and Functional Diversity of Poneromorph Ant Assemblages in the Amazon Forest. **Sociobiology**, Feira de Santana, n. 63, v. 3, p. 941-949, sep. 2016.
- PERFECTO, I. *et al.* Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity: shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. **BioScience**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 598-608, sep. 1996.

PERFECTO, I.; SNELLING, R. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. **Ecological Applications**, Washington, v. 5, n. 4, p. 1084-1097, nov. 1995.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, mar. 2010.

QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 13, n. 2, p. 37-45, dez. 2006.

RIBAS, C. R. *et al.* Ants as Indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche**, Cambridge, ID 636749, p. 1-23, jan. 2012.

ROPERO, M. C. G.; ARMBRECHT, I. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Turrialba, v. 76, p. 32-40, dic. 2005.

SANTOS, S. R. Q. *et al.* A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuana durante os anos de 2006 e 2007. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, p. 307-314, set. 2012.

VARGAS, A. B. *et al.* Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 36, v. 1, p. 28-37, fev. 2007.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. Riqueza e composição de formigas de serapilheira na Reserva Florestal da Vista Chinesa, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 8, p. 85-94, maio 2013.