

Dissertação de Mestrado

Efeitos contrastantes da qualidade do habitat sobre distintas guildas alimentares de insetos herbívoros em sistemas agroflorestais cacauzeiros

Samuel Matos Antunes de Novais

Belo Horizonte

Março 2014

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Biologia Geral
Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida
Silvestre

**Efeitos contrastantes da qualidade do habitat sobre distintas guildas
alimentares de insetos herbívoros em sistemas agroflorestais cacauzeiros**

Samuel Matos Antunes de Novais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

Área de Concentração: Ecologia de Insetos

Orientador: Prof. Dr. Frederico S. Neves

Co-orientador: Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria

Belo Horizonte

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo cuidado e por me fazer forte durante este mestrado que coincidiu com a fase mais difícil da minha vida.

Aos meus pais, Jairo e Celma, especialmente à minha mamãe que não teve tempo de ver o nosso sonho concretizado. Agradeço pelo amor, carinho, cuidado e apoio em todos os momentos até aqui. Ao meu irmão Jairim pelo companheirismo e amizade.

Ao meu orientador Frederico S. Neves, pela amizade e confiança durante a graduação e mestrado. Pelo exemplo profissional, ensinamentos e incentivos durante estes seis anos de convivência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais, especialmente a Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG pelo apoio financeiro ao projeto através do Programa de Auxílio à Pesquisa de Doutores Recém-Contratados da UFMG, na pessoa do meu orientador.

Aos amigos do LEI e agregados da “Vila Parentoni”, em especial Luiz Falcão, Luciana Figueiredo, Graziella França, Luiz Eduardo, Lorena Batista e Rayana Mello pelas conversas produtivas e improdutivas no laboratório. Em especial agradeço à Alessandra Alvarenga pelo apoio durante a minha chegada à cidade grande.

À minha namorada Alessandra Braga, sempre disposta a ouvir e ajudar mesmo que distante, pelos conselhos e sábias palavras de encorajamento, fundamentais para me manter animado e focado. Obrigado pelo amor, paciência e carinho!

À família Braga, em especial à Dona Angélica que literalmente me adotou como filho.

A Humberto Brant, Luiz Eduardo, Graziella França, Rayana Mello, Fábio Túlio e Elídio (Nem) pela grande ajuda durante o trabalho em campo, especialmente a Wesley da Rocha e família por impagável auxílio logístico e hospedagem.

A Camila Leal, Luiz Falcão, Graziella França, Wesley da Rocha e especialmente a Luiz Eduardo pelas contribuições a este trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o mestrado.

Dissertação apresentada no formato de artigo, de acordo com as normas da
revista *Basic and Applied Ecology*

**Efeitos contrastantes da qualidade do habitat sobre distintas guildas
alimentares de insetos herbívoros em sistemas agroflorestais cacauzeiros**

**Contrasting effects of habitat quality on distinct herbivorous insects feeding
guilds in cacao agroforestry systems**

^a Laboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 31270-901, Brazil

Abstract The intense modification of natural habitats increases the importance of agroforestry for biodiversity conservation in the tropics. Traditional agroforestry systems with native shade trees may maintain a significant portion of biodiversity when compared to systems with more intense management. The main objective of this study was to evaluate the role of traditional agroforestry cocoa, the cabruças, in relation to agroforestry rubber monodominant, for the conservation of herbivorous insects (folivorous, sap-sucking and xylophagous). Herbivorous insects were sampled in three distinct habitats, native forest and cabruca and rubber agroforestry in southeastern Bahia, Brazil. In each habitat were determined 18 plots of 10m² where measures of habitat structure were performed and sampled herbivorous insects with the aid of a malaise/window trap. The folivorous species composition did not differ between habitats, but the reduction of the diversity of shade trees and canopy cover had a negative effect on the abundance and diversity of these insects. The composition of sap-suckers insects was similar between native forest and cabruca agroforestry, and differed from rubber agroforestry. The abundance and richness of sucking insects were similar between habitats. The composition of xylophagous insects differs between rubber agroforestry and other habitats. However, abundance of xylophagous is higher in rubber agroforestry, while the richness of this guild was higher in cabruca agroforestry. Besides the structural simplification of the habitat in rubber agroforestry, the intrinsic characteristics of this habitat with rubber tree presence, known as the rubber tree, determined the patterns found in this study. The folivorous guild has become extremely sensitive to changes in habitat quality, where only a few species remain at low densities with the simplification of habitat. Differently, for the sap-sucking guild, we observed a substitution and a dominant of species in rubber agroforestry, while the sap-sucking community remained similar between cabruca agroforestry and native forest. This pattern was also observed for xylophagous insects, in which the simplification of habitat with a single species of shade in rubber agroforestry maintains low species richness, but with higher abundances. We conclude that cabruças agroforestry maintain the community structure of herbivorous insects very similar to that found in native forests of the region, being a good strategy for land use and biodiversity conservation. We also highlight the potential risk of emergence of local pests in rubber agroforestry for both tree species shade, rubber tree, and for the associated cacao.

Key words: Cabruca, *Theobroma cacao*, biodiversity, Land use, Conservation, Management

Resumo A intensa modificação dos habitats naturais aumenta a importância das agroflorestas para a conservação da biodiversidade nos trópicos. As agroflorestas tradicionais, formadas por árvores de sombra nativas, podem manter uma parte significativa da biodiversidade se comparadas com sistemas com maior intensidade de manejo agrícola. O principal objetivo deste estudo foi avaliar o papel das agroflorestas tradicionais de cacau, as cabruças, em relação às agroflorestas monodominantes de seringa, para a conservação de insetos herbívoros (folívoros, sugadores e xilófagos). Os insetos herbívoros foram amostrados em três habitats distintos, mata nativa e nas agroflorestas de cabruca e de seringa no sudeste da Bahia, Brasil. Em cada habitat foram determinadas 18 parcelas de 10m² onde foram tomadas medidas de estrutura do habitat e amostrados os insetos herbívoros com auxílio de uma armadilha Malaise/window. A composição de espécies de folívoros não diferiu entre habitats, mas a redução da diversidade de árvores de sombra e cobertura do dossel teve um efeito negativo na abundância e riqueza desses insetos. A composição de insetos sugadores foi semelhante entre a floresta nativa e a agrofloresta de cabruca, e diferiu da agrofloresta de seringa. A abundância e a riqueza de insetos sugadores foram semelhantes entre os habitats. A composição de insetos xilófagos diferiu entre a agrofloresta de seringa e os outros habitats. No entanto, a abundância de xilófagos é maior na agrofloresta de seringa, enquanto que a riqueza desta guilda foi maior na agrofloresta de cabruca. Além da simplificação estrutural do habitat nas agroflorestas de seringa, as características intrínsecas desse habitat com a presença da seringa, conhecida como árvore-da-borracha, determinaram os padrões encontrados neste estudo. A guilda de insetos folívoros apresenta-se extremamente sensível às modificações da qualidade do habitat, onde apenas poucas espécies se mantêm em baixas densidades com a simplificação do habitat. Diferentemente, para a guilda de sugadores, observamos uma substituição e dominância de espécies na agrofloresta de seringa, enquanto que a comunidade de sugadores se manteve similar entre a agrofloresta de cabruca e a mata nativa. Este padrão também foi observado para os insetos xilófagos, em que a simplificação do habitat com uma única espécie de sombreamento na agrofloresta de seringa mantém uma riqueza baixa de espécies, mas com abundâncias elevadas. Concluimos que as agroflorestas de cabruças mantêm a estrutura da comunidade de insetos herbívoros muito similar à encontrada nas matas nativas da região, sendo uma boa estratégia para o uso da terra e conservação da biodiversidade. Destacamos ainda o potencial risco de surgimento de pragas locais nas agroflorestas de seringa, tanto para a espécie arbórea de sombra, a seringueira, quanto para os cacauais associados.

Palavras-chave: Cabruca, *Theobroma cacao*, Biodiversidade, Uso da terra, Conservação, Manejo

INTRODUÇÃO

O uso da terra através da intensa modificação dos habitats naturais é a principal causa de perda de biodiversidade nos trópicos (Sala et al. 2000; Wright 2005). Em contraste com essa realidade, os sistemas agroflorestais tradicionais têm se destacado como uma boa estratégia para conservação de uma parte significativa da biodiversidade presente na floresta original, atendendo também às necessidades econômicas dos produtores (Schroth, Harvey, & Vincent 2004; Steffan-Dewenter et al. 2007; Bhagwat, Willis, Birks, & Whittaker 2008). Um

desses sistemas tradicionais explorado com sucesso nos trópicos é a plantação de cacau (*Theobroma cacao*) sombreada. Esse sistema é caracterizado principalmente pela substituição do sub-bosque da floresta original por cacau e pela retenção de uma fração do dossel para o sombreamento do cultivo (Rice & Greenberg 2000; Ruf & Schroth 2004).

A principal região produtora de cacau do Brasil encontra-se no Estado da Bahia, onde o sistema de cultivo tradicional, sob copa das árvores nativas, é conhecido como “cabruca” (Cassano, Schroth, Faria, Delabie, & Bede 2008). A vegetação original da região era a Mata Atlântica, uma das florestas tropicais úmidas mais impactadas do mundo, restando aproximadamente 7% de sua extensão original (Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2008). Esse bioma caracteriza-se por uma alta riqueza e endemismo de espécies e é considerado um dos *hotspots* para conservação da biodiversidade global (Morellato & Haddad 2000; Myers, Mittermeier, Mittermeier, Fonseca, & Kent 2000). No passado, principalmente no sul da Bahia, a expansão da produção do cacau foi o principal vetor de desmatamento, transformando a paisagem original em um mosaico de pequenos fragmentos florestais imersos em uma matriz de cabruças (Saatchi, Agosti, Alger, Delabie, & Musinsky 2001). No entanto, em comparação com outras estratégias de uso da terra, que suprimem ou substituem a floresta nativa, as cabruças têm recebido considerável atenção pelo seu importante papel na manutenção da biodiversidade na região (Delabie et al. 2007; Faria, Paciencia, Dixo, Laps, Baumgarten 2007; Schroth & Harvey 2007; Cassano, Schroth, Faria, Delabie, & Bede 2008; Pardini et al. 2009; Schroth et al. 2011; Sambuichi et al. 2012).

As cabruças, apesar de consideradas importantes refúgios para a biodiversidade, estão sujeitas a intensificação do manejo agrícola pela diluição das copas de sombra ou completa remoção e substituição por outros sistemas que garantam um aumento da produção (Johns 1999; Schroth et al. 2011; Sambuichi et al. 2012). Na década de 1980, uma grande crise atingiu o setor cacauero brasileiro como resultado da queda do preço internacional do cacau e da introdução da doença “vassoura de bruxa” causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa* (Peiera, Ram, Figueiredo, & Almeida 1990). Os danos levaram alguns produtores a extrair madeira das árvores de sombra das agroflorestas de cabruca, enquanto outros substituíram muitas áreas de cabruca por sistemas de cultivo mais intensivo ou pastagens, sendo outras áreas simplesmente abandonadas (Alger & Caldas 1994; Araujo, Alger, Rocha, & Mequita 1998). Para salvar a economia do cacau da Bahia, a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) recomendou técnicas para reabilitar as plantações de cacau que incluem a enxertia de variedades de indivíduos de cacau resistentes à vassoura-de-bruxa em árvores doentes e, recentemente, a substituição das árvores de sombra nativas pela espécie exótica

seringueira (*Hevea brasiliensis*), espécie original da Amazônia brasileira assim como o cacauzeiro, a fim de aumentar e diversificar a renda agrícola com a extração do latex (Marques & Monteiro 2006).

A intensificação do manejo agrícola com a remoção total ou substituição das árvores de sombra nativas por uma ou poucas espécies de árvores de sombra dominantes geralmente causam efeitos negativos na diversidade da maioria dos grupos de animais, principalmente insetos, como formigas (Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer 2003; Armbrrecht, Rivera, & Perfecto 2005), abelhas (Klein, Steffan-Dewenter, Buchori, & Tschardtke 2002a), besouros (Perfecto, Vandermeer, Hanson, & Cartín 1997; Bos, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2007c), borboletas (Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer 2003) e parasitóides (Sperber, Nakayama, Valverde, & Neves 2004; Tylianakis, Klein, & Tschardtke 2005). No entanto, alguns desses trabalhos têm agrupado diversas espécies dentro de um mesmo grupo taxonômico independentemente do seu papel funcional na comunidade (ver Perfecto, Vandermeer, Hanson, & Cartín 1997; Bos, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2007c; Richter, Klein, Tschardtke, & Tylianakis 2007). Esta abordagem no nível da espécie é pouco exploratória pois pode mascarar os reais efeitos das alterações do habitat na estrutura da comunidade de diferentes guildas de insetos (ver Chung, Eggleton, Speight, Hammond, & Chey 2000; Klein, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2002b; Wilby et al. 2006). Além disso, a utilização de guildas alimentares pode ser mais informativa no que diz respeito à resposta funcional dos artrópodes nas florestas tropicais (Klein, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2002b; Grimbacher & Stork 2007).

Nesse trabalho analisamos os efeitos das alterações antrópicas, através de distintas estratégias de uso da terra, na estrutura da comunidade de três guildas alimentares de insetos herbívoros (folívoros, sugadores e xilófagos), com o objetivo de avaliar o papel das agroflorestas de cabruca na conservação da biodiversidade. Além da conversão inicial da floresta em sistemas agroflorestais com árvores de sombra nativas, cabrucas, a intensificação do manejo com a simplificação da estrutura do habitat em agroflorestas homogêneas de seringa para o sombreamento dos cultivos provavelmente resulta em uma alteração da fauna de insetos herbívoros. Dessa forma, pretendemos verificar se habitats estruturalmente mais heterogêneos e complexos, como as agroflorestas de cabruca, suportam uma parte considerável da diversidade e apresentam uma estrutura da comunidade de insetos herbívoros similar as matas nativas, quando comparado a ambientes mais simples como as agroflorestas de seringa. Assim, esperamos encontrar as seguintes predições: i. a composição de insetos herbívoros é similar entre a mata nativa e a agrofloresta de cabruca e difere da agrofloresta de

seringa; ii. a abundância e riqueza são maiores na mata nativa, seguido pela agrofloresta de cabruca e por fim nas agroflorestas de seringa; e iii. a abundância e riqueza de insetos herbívoros são positivamente relacionadas com a porcentagem de cobertura de sombra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo:

O presente estudo foi conduzido no período de fevereiro a março de 2013 em dois tipos de matrizes agroflorestais cacaueiras, cabruca e seringa, e uma área de floresta madura. As agroflorestas de seringa são caracteristicamente homogêneas, com os indivíduos distribuídos de forma regular no ambiente para o ideal sombreamento dos cacaueiros.

Os sítios de coleta estão localizados na região cacaueira do Sudeste da Bahia, no município de Una e inseridos no Corredor Central da Mata Atlântica (Fonseca, Alger, Pinto, Araujo, & Cavalcanti 2004). A vegetação dominante na região é a Floresta Úmida Sul Baiana (Thomas 2003), que se caracteriza pela presença de árvores altas, latifoliadas e sempre verdes, com grande quantidade de lianas e epífitas. O clima na região é quente e úmido, caracterizado pela ausência de estação seca bem definida (tipo Af na classificação de Köppen). A precipitação anual é superior a 1.300 mm, podendo alcançar 1600-1800 mm em anos chuvosos. A temperatura média anual é de 24-25°C, com períodos mais quentes entre os meses de outubro e abril (máxima de 38°) e mais frios entre junho e agosto (mínima de 7°C) (Mori 1989).

Desenho amostral:

Nós utilizamos um delineamento hierárquico para amostragem dos insetos herbívoros. Consideramos como escala local (armadilha) a menor unidade amostral. A escala da paisagem é espacialmente maior que a local e refere aos conjuntos de armadilhas dispostos dentro do mesmo habitat. A escala regional é a maior escala espacial e representa o conjunto de armadilhas dispostas nos três habitats; a mata nativa, a agrofloresta de cabruca e a agrofloresta de seringa.

Na escala da paisagem foram selecionados três transectos de 500 metros distantes pelo menos 1 km entre si em cada habitat. Os transectos da floresta madura estão localizados na Reserva Biológica de Una (REBIO de Una) (1), a maior Unidade de Conservação da região cacaueira, caracterizado por floresta madura com dossel fechado. Os seis transectos dos sistemas agroflorestais cacaueiros, agrofloresta cabruca e seringa, estão situados em um

complexo de fazendas a sudoeste da REBIO de Una: Fazenda Bom Jesus (2), Fazenda Vera Cruz (3), Fazenda Valmonte (4), Fazenda Ardenas (5) e Fazenda São Nicolás (6) (Tabela 1).

Em cada transecto foram estabelecidas seis armadilhas, distanciando 100m entre si. Dessa forma, obteve-se uma amostragem de 18 armadilhas por habitat, totalizando 54 armadilhas.

Caracterização estrutural da vegetação e cobertura de sombra:

Para a caracterização estrutural da vegetação foram demarcadas parcelas de 10m² tendo como centro a árvore em que a armadilha foi erguida. Em cada parcela foram mensuradas a riqueza e densidade de árvores com circunferência à altura do peito (CAP) \geq 15 cm, e posteriormente foi medida a altura (m) total dos indivíduos selecionados. A porcentagem de cobertura de sombra por parcela foi estimada a partir de fotografias hemisféricas tomadas do dossel, com o auxílio de uma câmera digital com uma lente 8 mm “olho de peixe” 180° (Sanchez-Azofeifa et al. 2007). A partir destas fotografias, as porcentagens da cobertura do dossel foram estimadas utilizando o software Gap Light Analyzer (GLA) (Frazer, Canham, & Lertzman 1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das características estruturais das seis parcelas nos nove transectos localizados nos três habitats (mata, cabruca e seringa) com as respectivas coordenadas geográficas (médias \pm DP).

Habitat	Transecto	Área (ha)	Altura média (m)	Cobertura do dossel (%)	Riqueza de Plantas	Densidade de Plantas	Coordenadas
Mata Nativa	1	18.515	10.6 \pm 0.6	86 \pm 2.3	21 \pm 1.9	23.8 \pm 2.2	15°10'57"S, 39°04'11"W
	1	18.515	11.5 \pm 0.7	87.7 \pm 1.1	28.7 \pm 2.2	37.8 \pm 4.5	15°10'48"S, 39°05'85"W
	1	18.515	11.2 \pm 0.3	85.7 \pm 1.0	17.3 \pm 1.6	21.8 \pm 2.6	15°10'28"S, 39°06'75"W
Agrofloresta de Cabruca	2	61	27.3 \pm 1.1	63.2 \pm 5.0	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	15°18'42"S, 39°04'98"W
	3	106	23.1 \pm 2.7	71.5 \pm 2.9	1.5 \pm 0.2	1.7 \pm 0.3	15°18'24"S, 39°09'30"W
Agrofloresta de Seringa	4	732	24.7 \pm 2.5	65.3 \pm 2.9	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	15°18'03"S, 39°07'85"W
	4	732	11.6 \pm 0.5	53.6 \pm 3.8	1	2.8 \pm 0.2	15°17'53"S, 39°07'33"W
	5	136	12.7 \pm 0.8	54.9 \pm 0.7	1	2.3 \pm 0.2	15°17'33"S, 39°06'46"W
	6	104	12.7 \pm 0.4	56 \pm 3.6	1	2.3 \pm 0.5	15°18'24"S, 39°06'02"W

Amostragem dos insetos herbívoros e classificação em guildas:

Os insetos foram amostrados com a utilização de uma armadilha de intercepção de voo composta, Malaise/window, baseada no modelo proposto por Basset (1988). A porção “Malaise” possui eficiência para coleta de insetos que apresentam geotropismo negativo e a

“Window” para coleta de insetos com geotropismo positivo (Basset 1988). Ambas as partes, superior e inferior, terminam em frascos contendo álcool 70% combinado com glicerina a uma proporção de 5% para a fixação, aprisionamento e morte dos insetos. As armadilhas ficaram expostas por sete dias (168h por armadilha) ao centro e no dossel das parcelas.

Os insetos herbívoros amostrados foram agrupados em três guildas de acordo com o seu modo de alimentação: sugadores, folívoros e xilófagos (Weis & Berenbaum 1989). Nós consideramos como herbívoros todos os insetos pertencentes às famílias que possuem hábitos herbívoros predominantes (ver Moran & Southwood 1982; Neves, Silva, Espírito-Santo, & Fernandes 2014). Como herbívoros sugadores foram considerados os insetos pertencentes às subordens Auchenorrhyncha, Sternorrhyncha e Heteroptera; como herbívoros folívoros foram considerados os insetos pertencentes às famílias Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae e Phasmidae. Na guilda de insetos herbívoros xilófagos estão incluídos os indivíduos das subfamílias Platipodinae e Scolytinae (Curculionidae) e famílias Anobiidae e Cerambycidae, grupos que se alimentam preferencialmente de alguma parte da madeira. Todos os insetos foram identificados com o auxílio de chaves taxonômicas (Rafael, Melo, Carvalho, Casari, & Constantino 2012) e separados em morfoespécies a partir dos caracteres morfológicos externos. Os insetos coletados foram depositados na coleção entomológica do Laboratório de Ecologia de Insetos, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Análises estatísticas:

Através da análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA, Anderson 2001) testou-se a influência dos habitats na composição da comunidade de insetos herbívoros (folívoros, sugadores e xilófagos), baseado na densidade de cada espécie, utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis. Para melhor visualização gráfica, as ordenações foram plotadas através de uma análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) utilizando o software R (R Development Core Team 2013).

Para verificar se a abundância e riqueza de insetos herbívoros são influenciadas pelo habitat e pela cobertura do dossel foram construídos modelos lineares generalizados (GLMs). A abundância e riqueza de insetos herbívoros folívoros, sugadores e xilófagos foram utilizadas como variável resposta e o habitat e a cobertura do dossel como variáveis explicativas. Os modelos construídos foram submetidos à análise de resíduos para verificar a adequação da distribuição de erros (Crawley 2007). Os modelos finais obtidos foram comparados com um modelo nulo a fim de testar sua significância. Em seguida, a análise de contraste foi empregada nos modelos significativos a fim de unir os níveis de variáveis

explicativas que não diferiam significativamente (Crawley 2007). As análises foram desenvolvidas no software R (R Development Core Team 2013).

RESULTADOS:

Um total de 2084 insetos herbívoros foi amostrado, 193 (9%) pertenciam à guilda dos folívoros, 859 (41%) à dos sugadores e 1032 (50%) à dos xilófagos. Os espécimes estão distribuídos em 390 morfoespécies, 85 dessas pertenceram a guilda folívoros, 167 a guilda de sugadores e 138 morfoespécies de xilófagos. Dentre os folívoros, as subfamílias e/ou famílias mais representativas em número de morfoespécies foram Curculionidae (54) e Chrysomelidae (21); com relação aos sugadores, Cicadellidae (56) e Psyllidae (47) apresentaram maior número de morfoespécies; por fim, dentre os xilófagos, Scolytinae (80) e Anobiidae (24) se destacaram em número de morfoespécies (Tabela 2).

A composição da comunidade de insetos herbívoros folívoros não diferiu entre os habitats estudados (Permanova, $P=0.059$, Fig. 1A). No entanto, as agroflorestas de cabruca possuem uma composição de insetos sugadores e xilófagos similar à composição encontrada na mata nativa e difere da composição presente na agrofloresta de seringa (Permanova, $P < 0.05$, Fig. 1B e C). Observamos um aumento da dominância em número de indivíduos da família Psyllidae quando comparamos a mata nativa (17), com a agrofloresta de cabruca (150) e a agrofloresta de seringa (216) (Tabela 2).

A abundância e riqueza das três guildas de insetos herbívoros responderam de maneira diferenciada à heterogeneidade dos habitats (Tabela 3, Fig. 2). A abundância e a riqueza de folívoros foram maiores na mata nativa, seguido pelas agroflorestas de cabruca e agrofloresta de seringa (Fig. 2A e B). Não verificamos diferenças entre os habitats para a abundância e riqueza dos sugadores ($P > 0,05$, Fig. 2A e B). A abundância de insetos xilófagos foi maior na agrofloresta de seringa, seguido pela agrofloresta de cabruca e pela mata nativa (Fig. 2A), já a riqueza de xilófagos foi maior na agrofloresta de cabruca e similar entre a mata nativa e a agrofloresta de seringa (Fig. 2B).

A cobertura do dossel afetou positivamente abundância e riqueza de insetos folívoros (Tabela 3, Fig. 4A, B). Por outro lado, a abundância e riqueza de insetos sugadores foram afetadas negativamente pela cobertura do dossel (Tabela 3, Fig. 4C, D). Para os insetos xilófagos, a abundância foi afetada negativamente pela cobertura do dossel (Tabela 3, Fig. 4E), enquanto que a riqueza não foi afetada pela cobertura do dossel (Fig. 4F).

Tabela 2. Riqueza de morfoespécies (Riq.) e abundância (Ab.) de insetos herbívoros (folívoros, sugadores e xilófagos) amostrados em duas matrizes agroflorestais cacauceiras e em Mata Atlântica localizadas município de município de Una, Sul da Bahia.

Guilda/Taxa	MATA		CABRUCÁ		SERINGA		TOTAL	
	Riq	Ab	Riq	Ab	Riq	Ab	Riq	Ab
Xilófagos/Coleoptera								
Anobiidae	17	44	10	56	4	13	24	113
Cerambycidae	4	5	12	18	5	36	16	59
Curculionidae (Platipodinae)	5	8	15	32	6	10	18	50
Curculionidae (Scolytinae)	35	89	44	261	31	460	80	810
Folívoros/Coleoptera								
Chrysomelidae	15	73	7	16	0	0	21	89
Curculionidae	30	39	24	39	9	16	54	94
Elateridae	4	4	4	4	1	1	9	9
Phasmatodea								
Phasmidae	1	1	0	0	0	0	1	1
Sugadores/Hemiptera								
Auchenorrhyncha								
Achilidae	9	94	9	58	5	8	18	160
Achilixiidae					1	1	1	1
Aetalionidae			1	1			1	1
Cicadellidae	20	51	33	58	19	77	56	186
Cicadidae			3	5	1	1	3	6
Cixiidae			1	1			1	1
Derbidae			1	1			1	1
Issidae	1	1					1	1
Membracidae			4	4	1	1	5	5
Sternorrhyncha								
Psyllidae	10	17	25	150	22	216	46	383
Heteroptera								
Cydnidae			2	3	1	1	2	4
Lygaeidae	4	4	3	13	9	25	12	42
Miridae	1	1	1	1			2	2
Pyrrhocoridae			1	1			1	1
Tingidae			1	1			1	1
Não identificado	4	11	11	27	8	26	16	64
TOTAL	160	442	212	750	123	892	390	2084

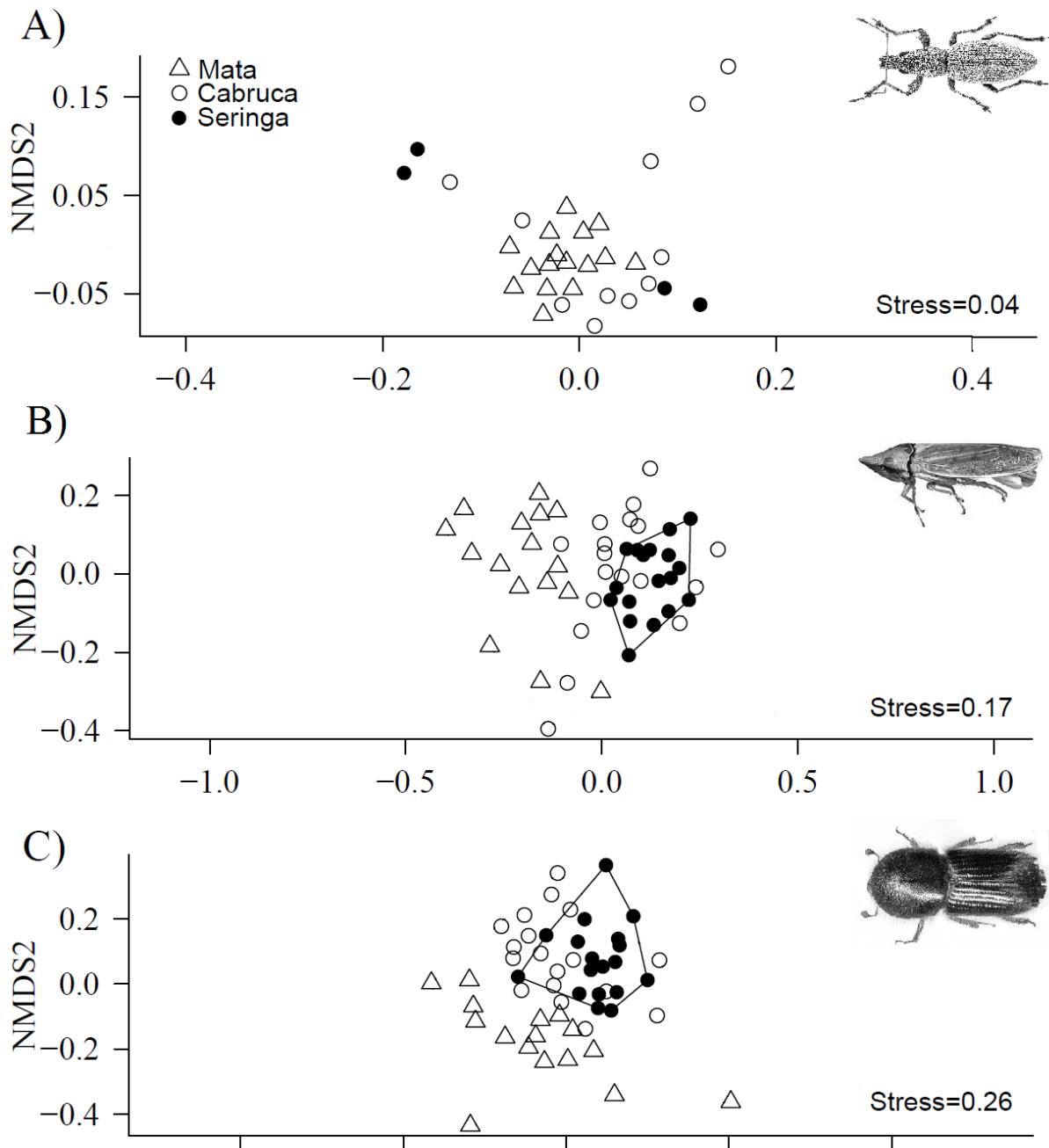


Figura 1. Análise por escala multidimensional não-métrica (NMDS) para a ordenação dos insetos herbívoros das guildas folívoros (A), sugadores (B) e xilófagos (C) amostrados em duas matrizes agroflorestais (cabruca e seringa) e Mata Atlântica, localizados na região cacueira do Sudeste da Bahia, no município de Una, Brasil. Através da Permanova e Permdisp foi verificada diferença significativa da composição de espécies ($p < 0.05$) entre a matriz seringa e a mata e matriz cabruca para os sugadores e xilófagos.

Tabela 3. Modelos lineares generalizados (GLMs) construídos com a abundância, riqueza e diversidade beta (β) de insetos herbívoros folívoros, sugadores e xilófagos amostrados em matrizes agroflorestrais cacauceiras (cabruca e seringa) e Mata Atlântica, localizadas município de município de Una, Sul da Bahia. Todos os modelos seguiram a distribuição de erros quasipoisson. * $p < 0.05$

Variável resposta	Variável explicativa	GL	Deviance	<i>P</i>
Abundância de folívoros	Cobertura do dossel	1	69,15	*<0,01
	Matriz	2	21,55	*0,04
Riqueza de folívoros	Cobertura do dossel	1	45,32	*<0,01
	Matriz	2	13,82	*0,02
Abundância de sugadores	Cobertura do dossel	1	51,51	*0,02
	Matriz	2	7,52	0,7
Riqueza de sugadores	Cobertura do dossel	1	23,92	*<0,04
	Matriz	2	2,19	0,25
Abundância de xilófagos	Cobertura do dossel	1	110,53	*<0,01
	Matriz	2	100,91	*<0,01
Riqueza de xilófagos	Cobertura do dossel	1	0,85	0,41
	Matriz	2	16,30	*<0,02

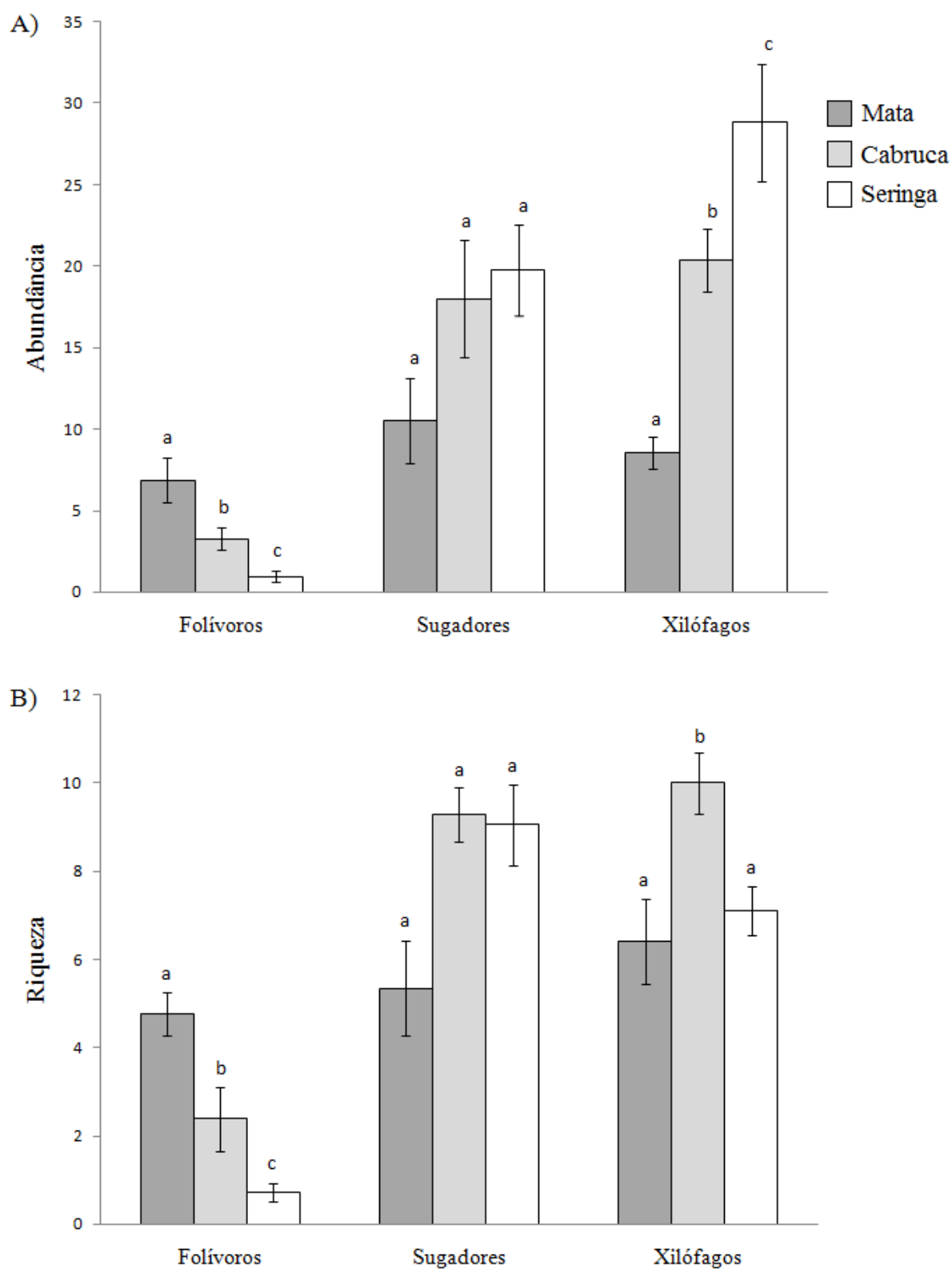


Figura 3. Abundância (A) riqueza (B) média de insetos herbívoros (folívoros, sugadores e xilófagos) por armadilha (\pm EP) amostrados em duas matrizes agroflorestais (cabruca e seringa) e Mata Atlântica, localizados na região cacauceira do Sudeste da Bahia, no município de Una, Brasil. Letras diferentes representam grupos significativamente distintos ($p < 0.05$).

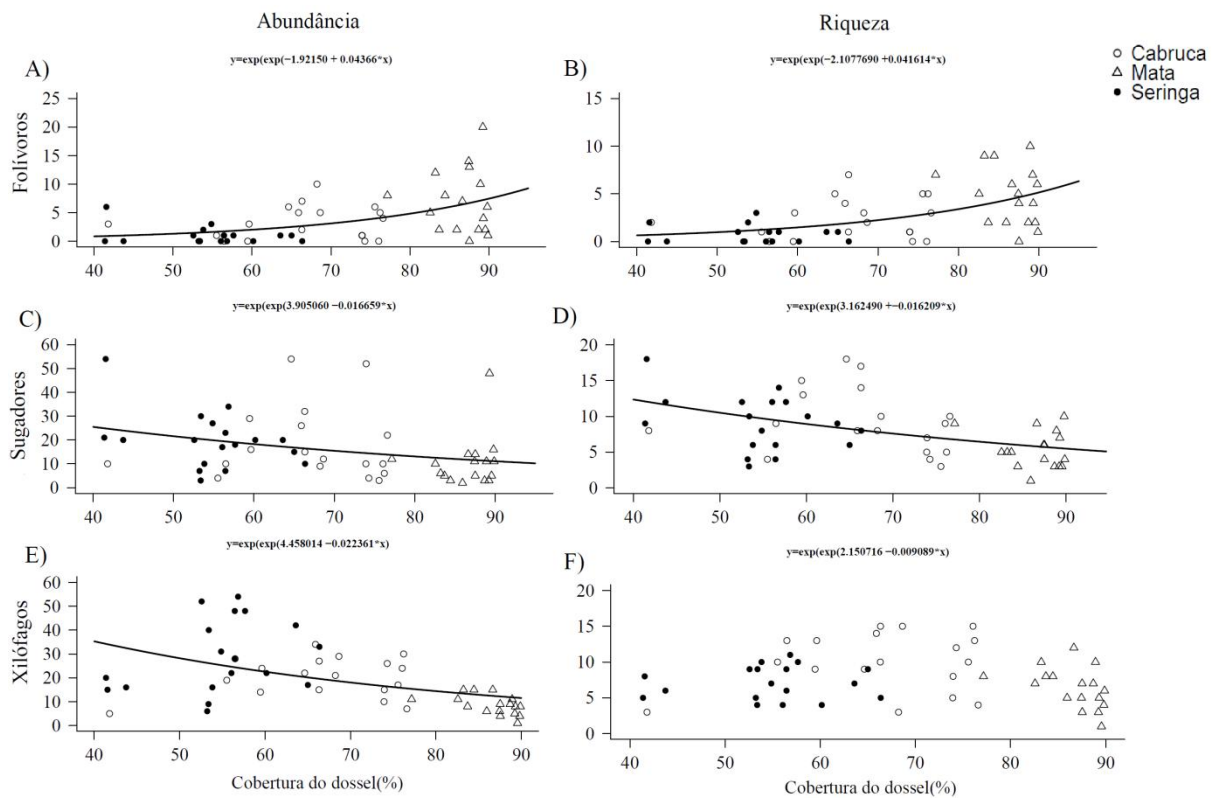


Figura 4. Relação entre a cobertura do dossel e a abundância e riqueza de insetos herbívoros folívoros (A, B), sugadores (C, D) e xilófagos (E, F) em duas matrizes agroflorestais (cabruca e seringa) e Mata Atlântica, localizados na região cacauceira do Sudeste da Bahia, no município de Una, Brasil.

DISCUSSÃO

O uso da terra e a intensificação agrícola levaram a uma alteração significativa da estrutura das comunidades dos insetos herbívoros. No entanto, observamos que as modificações do habitat afetam de forma distinta as guildas de insetos herbívoros. Esses resultados corroboram estudos que verificaram diferentes respostas de distintos táxons (Lawton 1998; Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer 2003; Schulze et al. 2004; Bos et al. 2007a; Tschardt et al. 2008; Kessler et al. 2009, Neves et al. 2014) e guildas alimentares de artrópodes (Klein, Steffan-Dewenter, & Tschardt 2002b; Wilby et al. 2006) às mudanças no uso da terra.

Apenas para os insetos folívoros, apesar da homogeneização da estrutura do habitat da agrofloresta com a espécie exótica seringa como árvores de sombra, não verificamos uma mudança na composição de espécies entre os três habitats estudados. De forma geral, podemos inferir que a colonização de uma planta exótica é primeiramente determinada pela

comunidade de insetos potenciais existentes no local (Strong, Lawton, & Southwood 1984), e que, em segundo lugar, a proximidade filogenética e/ou as características intrínsecas compartilhadas entre a espécie exótica e a flora nativa são fatores importantes para a colonização dos insetos nos novos hospedeiros (Agrawal & Kotanen 2003; Liu, Stiling, Pemberton, & Peña 2006; Goßner, Chao, Bailey, & Prinzing 2009). Dentre todas as espécies de plantas tropicais apenas 14% produzem látex (Lewinsohn 1991), característica marcante da seringueira (*Hevea brasiliensis*). Este composto, por um lado associado à defesa das plantas contra herbivoria, por outro favoreceu a especialização de certos insetos herbívoros que desenvolveram formas de evitar ou contornar a toxicidade desse composto (Agrawal & Konno 2009), como alguns exemplos de besouros da família Curculionidae (Agrawal & Van Zandt 2003). No presente estudo, apenas uma espécie de Curculionidae que ocorreu nos três habitats e outra amostrada somente nas agroflorestas foram comuns entre os folívoros da agrofloresta seringa e os outros habitats. Dessa forma, verificamos que apesar de um baixo compartilhamento de espécies, a composição se manteve similar entre os habitats. Este padrão emerge devido à baixa diversidade de folívoros associada à agrofloresta de seringa, em que as poucas espécies compartilhadas com os outros habitats representam uma parte significativa da comunidade associada a essa agrofloresta.

Verificamos que algumas espécies de insetos amostrados na mata nativa são encontradas nas agroflorestas de cabruca e também são capazes de colonizar a agrofloresta de seringa. Entretanto, a homogeneização do habitat e a diminuição da porcentagem de cobertura do dossel levou a uma mudança da estrutura da comunidade, com a diminuição da abundância e riqueza de folívoros quando comparamos um habitat naturalmente mais complexo, a mata nativa, com as agroflorestas cabruca e de seringa. Os insetos herbívoros geralmente são positivamente determinados pela disponibilidade de folhas novas, riqueza, abundância de plantas (Basset, Novotny, Miller, & Kitching 2003; Novotny, Basset, & Kitching 2003; Neves, Sperber, Campos, Soares, & Ribeiro 2013) e qualidade nutricional dos hospedeiros (Awmack & Leather 2002; Cornelissen & Stiling 2006). Diferentemente do verificado para a família Curculionidae, não observamos nenhum indivíduo pertencente à família Chrysomelidae na agrofloresta seringa. Os chrysomelídeos são dependentes da qualidade nutricional dos seus hospedeiros tanto para alimentação quanto para o sucesso de sua prole (Hatcher, Paul, Ayres, & Whittaker 1994). Além disso, Huang, McAuslane, e Nuessly (2003) demonstraram que o latex possui um efeito inibidor sobre um besouro chrysomelídeo quando aplicado sobre a superfície foliar de seu hospedeiro favorito. Aliado a diminuição da quantidade e qualidade dos recursos, habitats agroflorestais estruturalmente

mais simples apresentam maior temperatura e menor umidade relativa (Klein, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2002b; Bos et al. 2007a), condições que limitam o estabelecimento e aumento da diversidade dos besouros chrysomelídeos (Honek, Jarosik, & Martinkova 2003; Zhou, Guo, Chen, & Wan 2010), muito frequentes em árvores de florestas nativas (Basset, Novotny, Miller, & Kitching 2003; Neves, Sperber, Campos, Soares, & Ribeiro 2013). Dessa forma, a guilda folívoros apresenta-se extremamente sensível às modificações da qualidade do habitat, onde apenas poucas espécies se mantêm em baixas densidades com a simplificação do habitat, com baixa redundância de espécies.

Os padrões encontrados para os insetos folívoros diferem dos resultados encontrados para os sugadores e xilófagos. De fato, os padrões de diversidade de insetos relacionados à heterogeneidade ambiental podem variar entre guildas alimentares (Chung, Eggleton, Speight, Hammond, & Chey 2000; Klein, Steffan-Dewenter, & Tschardtke 2002b; Grimbacher & Stork 2007; Neves, Sperber, Campos, Soares, & Ribeiro 2013, Neves, Silva, Espírito-Santo, & Fernandes 2014). Para os insetos sugadores, verificamos uma similaridade na composição de espécies entre a mata nativa e a agrofloresta de cabruca, mas uma dissimilaridade da composição desses habitats para a agrofloresta de seringa. Além da simples modificação na identidade das espécies entre habitats, este efeito pode ser atribuído principalmente ao aumento da densidade e dominância de indivíduos da família Psyllidae na agrofloresta de seringa.

A família Psyllidae tem sido amplamente reportada na literatura como “pragas” florestais de diversos cultivos, principalmente monoculturas de *Eucalyptus* (Halbert & Manjunath 2004; Santana & Zanol 2006; Silva et al. 2010), especialmente devido a biologia de suas espécies. Os psilídeos quando adultos são caracteristicamente saltadores, voando apenas curtas distâncias, o que demonstra a sua baixa capacidade de dispersão (Butignol & Pedrosa-Macedo 2003). Além disso, possuem elevadas taxas reprodutivas, em que as fêmeas depositam dezenas de ovos de forma agregada em cada evento reprodutivo, podendo chegar a várias centenas durante seu tempo de vida (Butignol & Pedrosa-Macedo 2003; Halbert & Manjunath 2004, Santana & Zanol 2006). Dessa forma, quando adaptadas a um novo hospedeiro, as espécies além de formar populações agregadas causando danos físicos às folhas das culturas, como o enrolamento e deformação do limbo foliar, podem ser vetores de bactérias, vírus e fungos para os hospedeiros (Halbert & Manjunath 2004; Munyaneza 2010). Portanto, a dominância desta família na agrofloresta de seringa corrobora a hipótese de que a homogeneização dos agrossistemas aumenta os riscos de surtos de pragas (Schroth, Krauss, Gasparotto, Aguilar, & Vohland 2000; Wilby & Thomas 2002; Bos, Steffan-Dewenter, &

Tscharntke 2007b), tanto para a espécie arbórea, a seringa, quanto para os cacauais associados.

Esperávamos que devido a suas estreitas relações com as plantas hospedeiras (Brodbeck, Mizell III, French, Andersen, & Aldrich 1990), a comunidade de sugadores associada à agrofloresta sombreada por espécie exótica seria menos diversa quando comparada aos habitats com espécies nativas (Brändle, Kühn, Klotz, Belle, & Brandl 2008). No entanto, a riqueza e abundância de sugadores foram similares entre os habitats. Diferentemente da guilda folívoros, na qual ocorre uma perda de abundância e riqueza com a alteração e simplificação da mata em agroflorestas, para a guilda de sugadores observamos uma substituição e dominância de espécies, fato demonstrado pelo aumento da diversidade de psílídeos em áreas mais homogêneas, principalmente nas agroflorestas de seringa. Dessa forma, as agroflorestas do tipo cabruca exercem um papel importante na conservação da estrutura da comunidade de insetos sugadores, pois apesar de sua estrutura simplificada, mantém a presença de espécies adaptadas às condições das florestas maduras, determinando uma composição da comunidade similar entre esses habitats.

A conversão da mata nativa em agroflorestas homogêneas também teve um efeito significativo na estrutura da guilda de insetos xilófagos. Apesar de estudos prévios demonstrarem uma baixa especificidade dos insetos xilófagos a seus hospedeiros (Tavakilian, Berkov, Meurer-Grimes, & Mori 1997; Hulcr, Mogia, Isua, & Novotny 2007; Novotny et al. 2010), o sucesso na colonização dessas espécies é determinado principalmente pela íntima relação do crescimento e desenvolvimento de suas larvas com a qualidade dos hospedeiros (Heijari et al. 2008, Michaud & Grant 2010). Dessa forma, a simplificação da estrutura e principalmente a diminuição da qualidade dos hospedeiros foi responsável pela dissimilaridade na composição de espécies de xilófagos associadas à agrofloresta de seringa com os demais habitats, corroborando outros estudos que demonstraram a influência do manejo florestal sobre a estrutura e composição da comunidade desses insetos (Martikainen, Siitonen, Kaila, Puntila, & Rauh, 1999; Grove 2002). Além disso, observamos no presente estudo que a subfamília Scolytinae dominou as amostras na agrofloresta de seringa, representando mais de 75% e 88% da riqueza e abundância para essa guilda, respectivamente. Como demonstrado por Flechtmann, Ottati, e Berisford (2001), estes insetos parecem adaptar-se rapidamente às plantas exóticas, independentemente da proximidade filogenética com flora nativa, que encontraram elevada diversidade de escolitíneos associada tanto a uma espécie de *Eucalyptus* (Myrtaceae) como de *Pinus* (Pinaceae). Dessa forma, a homogeneização associada

à qualidade nutricional intrínseca da agrofloresta de seringa levou a uma diferenciação de espécies em relação aos outros habitats.

A intensificação do manejo agrícola teve um efeito positivo sobre a abundância de xilófagos. No entanto, esse efeito emerge devido a processos relacionados a características específicas das agroflorestas e da biologia desse grupo. Por exemplo, na seleção de novos hospedeiros, muitos insetos xilófagos, principalmente da subfamília Scolitynae, são atraídos por substâncias voláteis emitidas pelas plantas (Ranger, Reding, Persad, & Herms 2010), sendo esta emissão mais acentuada quando os hospedeiros estão sob algum fator de estresse, como ferimentos (Kimmerer & Kozlowski 1982). As plantações de cacau sombreadas pelas agroflorestas estão em constante manejo através das podas de limpeza (Deitenbach, Floriani, Dubois, & Vivan 2008) em que os ferimentos tornam-se uma fonte permanente de atratividade para essa guilda. Além do manejo de poda dos cacauais, as agroflorestas do tipo cabruca também estão sujeitas ao manejo de poda e até mesmo a eliminação progressiva de indivíduos arbóreos com o intuito de aumentar a entrada de luz para elevar a produtividade dos cacauais (Johns 1999; Sambuichi et al. 2012), como foi observado durante as atividades de campo deste estudo. Por fim, a maior abundância de xilófagos associados à agrofloresta de seringa se deve provavelmente à extração do látex nos seringais, onde os ferimentos periódicos nos caules constituem uma importante fonte adicional de voláteis emitidos no ambiente, aumentando assim a atratividade e recrutamento de indivíduos para esses locais.

Diferentemente do verificado para a abundância, foi observado uma maior riqueza de xilófagos na agrofloresta de cabruca e semelhante entre a mata nativa e a agrofloresta de seringa. Diversos estudos têm verificado que a homogeneização do habitat permite a colonização de poucas espécies resistentes, mas com abundâncias elevadas (McKinney & Lockwood 1999; Armbrrecht, Perfecto, & Vandermeer 2004; Bos, Steffan-Dewenter, & Tscharrntke 2007b). Dessa forma, alertamos também para um potencial risco iminente de pragas nas agroflorestas de seringa (Kangkamanee, Sittichaya, Ngampongsai, Permkam, & Beaver 2011), uma vez que muitas espécies, principalmente da subfamília Scolytinae, são conhecidas pelos prejuízos econômicos em culturas de todo o mundo, inclusive em cacauais (Oliveira & Luz 2005). Essas espécies além de consumirem os troncos, facilitam a infecção por bactérias, fungos e vírus nos hospedeiros (Oliveira & Luz 2005; Cruz et al. 2009), podendo afetar, em última análise, a produção final dos cacauais.

CONCLUSÕES

Verificamos que as agroflorestas do tipo cabruca apresentam uma estratégia interessante pois mantêm a estrutura da comunidade de insetos herbívoros muito similar à encontrada nas matas nativas da região, permitindo a conservação de uma porção significativa de insetos folívoros, sugadores e xilófagos. A simplificação da mata nativa em agroflorestas homogêneas de seringa se mostrou a principal responsável pelas mudanças na estrutura e composição da comunidade das guildas alimentares de insetos herbívoros. Destacamos ainda o potencial risco de surgimento de pragas locais nas regiões onde os cacauzeiros estão sombreados por seringas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrawal, A. A., & Kotanen, P. M. (2003). Herbivores and the success of exotic plants: a phylogenetically controlled experiment. *Ecology Letters*, 6, 712-715.

Agrawal, A. A., & Konno, K. (2009). Latex: a model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory. *Annual Review Ecology Evolution Systematics*, 40, 311-331.

Agrawal, A. A., & Van Zandt, P. A. (2003). Ecological play in the coevolutionary theater: genetic and environmental determinants of attack by a specialist weevil on milkweed. *Journal of Ecology*, 91, 1049–1059.

Alger, K. & Caldas, M. (1994). The declining cocoa economy and the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil: conservation attitudes of cocoa planters. *Environmentalist*, 14, 107–119.

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

Armbrrecht, I., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2004). Enigmatic biodiversity correlations: ant diversity responds to diverse resources. *Science*, 304(5668), 284-286.

Armbrrecht, I., Rivera, L., & Perfecto, I. (2005). Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology*, 19, 897–907.

Araujo, M., Alger, K., Rocha, M., & Mequita, C. A. B. (1998). A Mata Atlântica do Sul da Bahia-situação atual, ações e perspectivas. *Serie Cadernos Reserva Biosfera Mata Atlântica*, 8, 1–35.

- Awmack, C. S., & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47(1), 817-844.
- Basset, Y. 1988. A composite interception trap for sampling arthropods in tree canopies. *Journal of the Australian Entomological Society*, 27, 213-219.
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E., & Kitching, R.L. (2003). *Arthropods of Tropical Forests: spatio-temporal dynamics & resource use in the canopy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bhagwat, S., Willis, K., Birks, H. & Whittaker, R. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecology and Evolution*, 23, 261–267.
- Bos, M. M., Höhn, P., Shahabuddin, S., Buchori, D., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2007a). Insect responses to forest conversion and agroforestry management. In: T. Tscharntke, C. Leuschner, E. Guhardja & M. Zeller (Eds), *The stability of tropical rainforest margins: linking ecological, economic and social constraints of land-use and conservation* (pp 279-296). Springer, Berlin.
- Bos, M. M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2007b). Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogens of cacao. *Agriculture, ecosystems & environment*, 120(2), 201-205.
- Bos, M. M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2007c). The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2429-2444.
- Brändle, M., Kühn, I., Klotz, S., Belle, C., & Brandl, R. (2008). Species richness of herbivores on exotic host plants increases with time since introduction of the host. *Diversity and Distributions*, 14, 905-912.
- Brodbeck, B. V., Mizell III, R. F., French, W. J., Andersen, P. C., & Aldrich, J. H. (1990). Amino acids as determinants of host preference for the xylem feeding leafhopper, *Homalodisca coagulata*. *Oecologia*, 83, 338-345.
- Butignol, C. A., & Pedrosa-Macedo, J. H. (2003). Biologia de *Neotrioza tavaresi* Crawford, 1925 (Hemiptera, Psyllidae), galhador da folha do araçazeiro (*Psidium cattleianum*). *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(1), 1-7.
- Cassano, C. R., Schroth, G., Faria, D., Delabie, J. H. C., & Bede, L. (2008). Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18, 577–603.
- Chung, A. Y. C., Eggleton, P., Speight, M. R., Hammond, P. M., & Chey, V. K. (2000). The diversity of beetle assemblages in different habitat types in Sabah, Malaysia. *Bulletin of Entomological Research*, 90(6), 475-496.
- Cornelissen, T., & Stiling, P. (2006). Responses of different herbivore guilds to nutrient addition and natural enemy exclusion. *Ecoscience*, 13(1), 66-74.
- Crawley, M.J. (2007). *The R Book*. (1th ed.). Jhon Willey & Sons Ltd.

- Cruz, P. L., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez, S., García-López, E., & Bravo-Mojica, H. (2009). Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 38(5), 602-609.
- Delabie, J. H. C., Jahyny, B., Nascimento, I.C., Mariano, C. S. F., Lacau, S., Campiolo, S., Philpott, S. M., & Leponce, M., (2007). Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2359–2384.
- Deitenbach, A., Floriani, G., Dubois, J., & Vivan, J. (2008). *Manual agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar.
- Faria, D., Paciencia, M. L. B., Dixo, M., Laps, R. R., & Baumgarten, J. (2007). Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2335–2357.
- Flechtmann, C. A. H., Ottati, A. L. T., & Berisford, C. W. (2001). Ambrosia and bark beetles (Scolytidae: Coleoptera) in pine and eucalypt stands in southern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 142(1), 183-191.
- Fonseca, G. A. B., Alger, K., Pinto, L. P., Araujo, M., & Cavalcanti, R. (2004). Corredores de biodiversidade: o corredor central da Mata Atlântica. In: M. B. Arruda, L. F. S. N. Sá, (Eds.), *Corredores Ecológicos: uma Abordagem Integradora de Ecossistemas no Brasil* (pp 47–65). IBAMA, Brasília.
- Frazer, G., Canham, C., & Lertzman, K. (1999). *Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.
- Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2008). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2000–2005*. Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, São Paulo.
- Goßner, M. M., Chao, A., Bailey, R.I., & Prinzing, A. (2009). Native fauna on exotic trees: phylogenetic conservatism and geographic contingency in two lineages of phytophages on two lineages of trees. *The American Naturalist*, 173, 599-614.
- Grimbacher, P. S., & Stork, N. E. (2007). Vertical stratification of feeding guilds body size in beetle assemblages from an Australian tropical rainforest. *Austral Ecology*, 32, 77-85.
- Grove, S. J. (2002). Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1-23.
- Halbert, S. E., & Manjunath, K. L. (2004). Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, 87(3), 330-353.

- Hatcher, P. E., Paul, N. D., Ayres, P. G., & Whittaker, J. B. (1994). The effect of a foliar disease (rust) on the development of *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ecological Entomology*, 19(4), 349-360.
- Heijari, J., Nerg, A. M., Kainulainen, P., Noldt, U., Levula, T., Raitio, H., & Holopainen, J. K. (2008). Effect of long-term forest fertilization on Scots pine xylem quality and wood borer performance. *Journal of Chemical Ecology*, 34(1), 26-31.
- Honek, A., Jarosik, V. & Martinkova, Z. (2003). Effect of temperature on development and reproduction in *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae). *European Journal of Entomology*, 100, 295–300.
- Huang, J., McAuslane, H. J., & Nuessly, G. S. (2003). Resistance in lettuce to *Diabrotica balteata* (Coleoptera: Chrysomelidae): the roles of latex and inducible defense. *Environmental Entomology*, 32(1), 9-16.
- Hulcr, J., Mogia, M., Isua, B., & Novotny, V., (2007). Host specificity of ambrosia and bark beetles (Col., Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) in a New Guinea rainforest. *Ecological Entomology*, 32, 762–772.
- Johns, N. D. (1999). Conservation in Brazil's chocolate forest: the unlikely persistence of the traditional cocoa agroecosystem. *Environmental Management*, 23, 31–47.
- Kangkamanee, T., Sittichaya, W., Ngampongsai, A., Permkam, S., & Beaver, R. A. (2011). Wood-boring beetles (Coleoptera: Bostrichidae, Curculionidae; Platypodinae and Scolytinae) infesting rubberwood sawn timber in southern Thailand. *Journal of forest research*, 16(4), 302-308.
- Kessler, M., Abrahamczyk, S., Bos, M., Buchori, D., Putra, D. D., Gradstein, S. R., H'ohn, P., Kluge, J., Orend, F., Pitopang, R., Shahabuddin, S., Schulze, C.H., Sporn, S.G., Steffan-Dewenter, I., Tjitrosoedirdjo, S. S., & Tschardtke, T. (2009). Alpha and beta diversity of plants and animals along a tropical land-use gradient. *Ecological Applications*, 19, 2142–2156.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D., & Tschardtke, T. (2002a). Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16, 1003–1014.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2002b). Predator–prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 11(4), 683-693.
- Kimmerer, T. W., & Kozlowski, T. T., 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde, and ethanol production by plants under stress. *Plant Physiology*, 69, 840-847.
- Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawsley, N.A., Stork, N. E., Srivastava, D.S., & Watt, A. D. (1998). Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391, 72–76.
- Lewinsohn, T. M. (1991). The geographical distribution of plant latex. *Chemoecology*, 2, 64–68.

Liu, H., Stiling, P., Pemberton, R. W., & Peña, J. (2006). Insect herbivore faunal diversity among invasive, non-invasive and native *Eugenia* species: implications for the enemy release hypothesis. *Florida Entomologist*, 89, 475-484.

Marques, J. R. B., & Monteiro, W. R. (2006). Adoção do sistema agroflorestal cacau x seringa-melhoria de condições de cultivo e agregação de valores. In: *28ª Semana do Fazendeiro* (pp 9-14). CEPLAC/CENEX/EMARC, Itabuna.

Martikainen, P., Siitonen, J., Kaila, L., Punttila, P., & Rauh, J. (1999). Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 116(1), 233-245.

McKinney, M. L., & Lockwood, J. L. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(11), 450-453.

Michaud, J. P., & Grant, A. K. (2010). Variation in fitness of the longhorned beetle, *Dectes texanus*, as a function of host plant. *Journal of Insect Science*, 10, 1-14.

Moran, C. V., & Southwood, T. R. E. (1982). The guild composition of arthropod communities in trees. *Journal of Animal Ecology*, 51, 289-306.

Morellato, L., & Haddad, C., (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32, 786-792.

Mori, S. A., (1989). Eastern Extra-Amazonian Brasil. In: D. G. Campbell, H. D. Hammond (Eds.), *Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendations for the Future* (pp. 427-455). The New York Botanical Garden, NY.

Munyaneza, J. E. (2010). Psyllids as vectors of emerging bacterial diseases of annual crops. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 471-477.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.

Novotny, V., Basset, Y., & Kitching, R. (2003). Herbivore assemblages and their food resources. In: Y. Basset, V. Novotny, S. Miller and R. Kitching (Eds.), *Arthropods of Tropical Forests: Spatio-Temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy* (pp. 40-53). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Novotny, V., Miller, S. E., Baje, L., Balagawi, S., Basset, Y., Cizek, L., Craft, K. J., Dem, F., Drew, R. A. I., Hulcr, J., Leps, J., Lewis, O. T., Pokon, R., Stewart, A. J. A., Samuelson, G. A., & Weiblen, G. D. (2010). Guild-specific patterns of species richness and host specialization in plant-herbivore food webs from a tropical forest. *Journal of Animal Ecology*, 79, 1193-1203.

Neves, F. S., Sperber, C. F., Campos, R. I., Soares, J. P., & Ribeiro, S. P. (2013). Contrasting effects of sampling scale on insect herbivores distribution in response to canopy structure. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 125-137.

Neves, F. S., Silva, J. O., Espírito-Santo, M. M. & Fernandes, G. W. (2014). Insect Herbivores and Leaf Damage along Successional and Vertical Gradients in a Tropical Dry Forest. *Biotropica*, 46 (1), 14-24.

Oliveira, M. D., & Luz, E. D. M. N. (2005). *Identificação e manejo das principais doenças do cacaueteiro no Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC/SEFIT.

Pardini, R., Faria, D., Accacio, G. M., Laps, R. R., Mariano-Neto, E., Paciencia, M. L. B., Dixo, M., & Baumgarten, J. (2009). The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation*, 142, 1178–1190.

Peiera, J. L., Ram, A., Figueiredo, J. M., & Almeida, L. C. C. (1990). First occurrence of witches' broom disease in the principal cocoa-growing region of Brazil. *Tropical Agriculture*, 67(2), 188-189.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Hanson, P., & Cartín, V. (1997). Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 6, 935–945.

Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1239-1252.

R Development Core Team. (2011). *R: A language and environment for statistical computing*. Version 2.13. User's guide and application published: <http://www.R-project.org>.

Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B., Casari, S. A., & Constantino, R. (2012). *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Ribeirão Preto. Holos Editora.

Ranger, C. M., Reding, M. E., Persad, A. B., & Herms, D. A. (2010). Ability of stress-related volatiles to attract and induce attacks by *Xylosandrus germanus* and other ambrosia beetles. *Agricultural and Forest Entomology*, 12(2), 177-185.

Ruf, F., & Schroth, G. (2004). Chocolate forests and monocultures-an historical review of cocoa growing and its conflicting role in tropical deforestation and forest conservation. In: G. Schroth, G. A. B. Fonseca, & C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, A. N. Izac (Eds.), *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes* (pp 107–134). Island Press, Washington.

Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*, 29, 167–173.

Richter, A., Klein, A. M., Tschardtke, T., & Tylianakis, J. M. (2007). Abandonment of coffee agroforests increases insect abundance and diversity. *Agroforestry Systems*, 69(3), 175-182.

Saatchi, S., Agosti, D., Alger, K., Delabie, J., & Musinsky, J., (2001). Examining fragmentation and loss of primary forest in the southern bahian atlantic forest of brazil with radar imagery. *Conservation Biology*, 15, 867–875.

Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E. F., Huenneke, L., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. H. A., Mooney, H., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.

Sambuichi, R. H., Vidal, D. B., Piasentin, F. B., Jardim, J. G., Viana, T. G., Menezes, A. A., Mello, D. L. N., Ahnert, D., & Baligar, V. C. (2012). Cabruca agroforests in southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. *Biodiversity and Conservation*, 21(4), 1055-1077.

Sanchez-Azofeifa, G. A., Kalacska, M. E. R., Gamon, J., Rodriguez, J. P., Lawrence, D., Dutchak, K., Chong, M. M., Portillo, C., & Human., Y. H. (2007). Ecological and Biophysical Dimension of Tropical Dry Forest. *Manual of Methods*, 48–104.

Santana, D. L. D. Q., & Zanol, K. M. R. (2006). Biologia de *Ctenarytaina spatulata* (Hemiptera, Psyllidae) em *Eucalyptus grandis*. *Acta Biologica Paranaense*, 35(2), 47-62.

Schroth, G., Faria, D., Araujo, M., Bede, L., Van bael, S. A., Cassano, C. R., Oliveira, L. C., & Delabie, J. H. C. (2011). Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 20, 1635–1654.

Schroth, G., & Harvey, C., (2007). Biodiversity conservation in cocoa production landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2237–2244.

Schroth, G., Harvey, C. A., & Vincent, G. (2004). Complex agroforests-their structure, diversity, and potential role in landscape conservation. In: G. Schroth, G. A. B. Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, & A. N. Izac (Eds.), *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes* (pp 227–260). Island Press, Washington.

Schroth, G., Krauss, U., Gasparotto, L., Aguilar, J. D., & Vohland, K. (2000). Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agroforestry Systems*, 50(3), 199-241.

Schulze, C. H., Waltert, M., Kessler, P. J. A., Pitopang, R., Shahabuddin, Veddeler, D., Muhlenberg, M., Gradstein, S. R., Leuschner, C., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2004). Biodiversity indicator groups of tropical landuse systems: comparing plants, birds and insects. *Ecological Applications*, 14, 1321–1333.

Silva, J. O., Oliveira, K. N., Santos, K. J., Espírito-Santo, M. M., Neves, F. S., & Faria, M. L. (2010). Efeito da Estrutura da Paisagem e do Genótipo de Eucalyptus na Abundância e Controle Biológico de *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera : Psyllidae). *Neotropical Entomology*, 39, 91-96.

Sperber, C., Nakayama, K., Valverde, M. J., & Neves, F. S. (2004). Tree species richness and density affect parasitoid diversity in cacao agroforestry. *Basic and Applied Ecology*, 5, 241–251.

Steffan-Dewenter, I., Kessler, M., Barkmann, J., Bos, M. M., Buchori, D., Erasmi, S., Faust, H., Gerold, G., Glenk, K., Gradstein, S. R., Guhardja, E., Harteveld, M., Herteld, D., Höhn, P., Kappas, M., Kohler, S., Leuschner, C., Maertens, M., Marggraf, R., Migge-Kleian, S., Mogeia, J., Pitopang, R., Schaefer, M., Schwarze, S., Sporn, S. G., Steingrebe, A., Tjitrosoedirdjo, S. S., Tjitrosoemito, S., Twele, A., Weber, R., Woltmann, L., Zeller, M., & Tschardtke, T. (2007). Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(12), 4973-4978.

Strong, D. R., Lawton, J. H., & Southwood, T. R. E. (1984). *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*. Blackwell, London.

Tavakilian, G., Berkov, A., Meurer-Grimes, B., & Mori, S. (1997). Neotropical tree species and their faunas of xylophagous longicorns (Coleoptera: Cerambycidae) in French Guiana. *The Botanical Review*, 63(4), 303-355.

Thomas, W. (2003). Natural vegetation types in southern Bahia. In: Em: P. I. Prado (Eds.), *Corredor De Biodiversidade Da Mata Atlântica Do Sul Da Bahia*. Publicação Em CDROM, Ilhéus, IESB/CI/CABS/UFGM/UNICAMP.

Tschardtke, T., Sekercioglu, C. H., Dietsch, T. V., Sodhi, N. S., Hoehn, P., & Tylianakis, J. M. (2008). Landscape constraints on functional diversity of birds and insects in tropical agroecosystems. *Ecology*, 89(4), 944-951.

Tylianakis, J. M., Klein, A. M., & Tschardtke, T. (2005). Spatiotemporal variation in the effects of a tropical habitat gradient on Hymenoptera diversity. *Ecology*, 86, 3296-3302.

Weis, A. E., & Berenbaum, M. R. (1989). Herbivorous insects and green plants. In W. G. Abrahamson (Ed.): *Plant-animal Interactions* (pp. 123-162). McGraw Hill-Book, New York, NY.

Wilby, A., Heong, K. L., Huyen, N. P. D., Quang, N. H., Minh, N. V., & Thomas, M. B. (2006). Arthropod diversity and community structure in relation to land use in the Mekong delta, Vietnam. *Ecosystems*, 9(4), 538-549.

Wilby, A., & Thomas, M. B. (2002). Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters*, 5(3), 353-360.

Wright, S. J. (2005). Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 553-560.

Zhou, Z. S., Guo, J. Y., Chen, H. S., & Wan, F. H. (2010). Effect of humidity on the development and fecundity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae). *BioControl*, 55(2), 313-319.