

Crasso Paulo Bosco Breviglieri

Influência de aves e morcegos insetívoros no controle da herbivoria
em sistemas agroflorestais de café

São José do Rio Preto
2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – SP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

Crasso Paulo Bosco Breviglieri

Influência de aves e morcegos insetívoros no controle da herbivoria
em sistemas agroflorestais de café

Orientadora: Dra. Sandra Bos Mikich

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Ecologia e Comportamento Animal, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

São José do Rio Preto
2013

Breviglieri, Crasso Paulo Bosco.

Influência de aves e morcegos insetívoros no controle da herbivoria em sistemas agroflorestais de café / Crasso Paulo Bosco Breviglieri. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2013.
83f. : 14 il.; 30 cm.

Orientadora: Sandra Bos Mikich
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Sistemas agroflorestais. 2. Herbivoria. 3. Cafezais. I. Mikich, Sandra Bos. II. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 633.73

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
Campus de São José do Rio Preto - UNESP

Crasso Paulo Bosco Breviglieri

Influência de aves e morcegos insetívoros no controle da herbivoria em sistemas agroflorestais de café

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Ecologia e Comportamento Animal, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Sandra Bos Mikich.
Embrapa – Colombo
Orientadora

Prof. Dr^a. Deborah Faria.
UESC – Ilhéus

Prof. Dr. Gledson Vigiano Bianconi.
UESC – Ilhéus

Prof. Dr. Wagner André Pedro.
UNESP – Araçatuba

Prof. Dr^a. Denise de Cerqueira Rossa-Feres.
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
22 de fevereiro 2013

BANCA EXAMINADORA

Dra. Sandra Bos Mikich

Doutora, Laboratório de Ecologia, Embrapa Florestas, Colombo/PR.

Orientadora

Dra. Deborah Faria

Professora, Titular - Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

Dr. Gledson Vigiano Bianconi

Titular - Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

Dr. Wagner André Pedro

Livre Docente, do Depto. de Apoio, Produção e Saúde Animal, da UNESP/Araçatuba.

Dra. Denise de Cerqueira Rossa-Feres

Departamento de Zoologia e Botânica da UNESP/SJRP.

Suplentes

Dra. Valéria Stranghetti

Doutora em Ciências, pela Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP.

Pós Doc. Michel Garey

Departamento de Zoologia e Botânica, da Universidade Estadual Paulista UNESP/SJRP.

Dr. Luiz Henrique Florindo

Departamento de Zoologia e Botânica, da Universidade Estadual Paulista / UNESP/SJRP.

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe Josefa Bosco Breviglieri, a meu pai Arlindo Breviglieri e a minha irmã Etiene Maria Bosco Breviglieri, por toda compreensão, empenho e apoio durante todos os imprevistos que ocorreram durante o desenvolvimento desta tese.

Em especial:

- Dra. Sandra Bos Mikick. Obrigado por acreditar e depositar tanta confiança no meu trabalho. Agradeço por toda a amizade, paciência e oportunidades ao longo desses anos.
- Prof. Dr. Wagner André Pedro, pela ajuda e conselhos ao longo de toda minha vida acadêmica. E também pela amizade que construímos durante todos os anos desde o mestrado.
- Prof. Dr. Wilson Uieda, pela ajuda em equipamentos e pela amizade ao longo da minha jornada acadêmica.
- Dr. Antônio Lucio Martins, pelo apoio na logística de campo.
- Ao zé do balaio e sua esposa pelo apoio em campo!!!!

A todos os professores do nosso programa de pós-graduação em ecologia animal, por toda atenção e aprendizado. Em especial gostaria de agradecer a prof. Dra. Lilian Casatti por todos os ensinamentos e ajuda nos momentos de dúvida. Ao prof. Dr. Gustavo q. Romero, por toda a influência no meu modo de pensar a ecologia e fazer ciência. A Dra. de Cerqueira Rossa-Feres por toda a contribuição durante minha história na UNESP de São José do Rio Preto. Admiro muito vocês!

A todos os meus amigos do programa de pós-graduação em biologia animal, por todas as discussões ecológico-filosóficas, regadas a muita cerveja e rock and roll!

Em especial a Vívian Gouveia Freitas, por aturar meu mau humor em citações estressantes (atoleiros, a falta de dinheiro, desembaraçar redes neblina e de isolamento das plantas e a arrumação da bibliografia!).

Ao Thiago Gonçalves Souza (toyoyo), Fernando Rodrigues Silva (nandão), Mônica Ceneviva Bastos (Moniquete), Gustavo Cauê Piccoli, Fabiano Gazzzi Taddei (loco), Michel Varajão Garey, Ciro e Tatiana Cruvinel e todos os demais que esqueci devido à idade!

A coordenadoria de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES)
pela bolsa de doutorado

A todos os funcionários da sessão de pós-graduação e do departamento de
zoologia e botânica;

Ao IBAMA-ICMBIO pelas licenças de coleta (processo n. 21941-1).

	Sumário	
Resumo geral		1
Abstract		2
Introdução geral		3
Referências Bibliográficas		4
	Capítulo 1.	
Influência de aves e morcegos insetívoros no controle da herbivoria em sistemas agroflorestais de café		7
1.0. Resumo		7
2.0. Introdução e Objetivos		8
3.0. Materiais e Métodos		10
3.1. Área de estudo		10
3.2. Desenho amostral – Herbivoria		12
3.3. Herbivoria e agentes causadores		13
3.4. Análises Estatísticas		14
3.5. Desenho amostral – Predadores		14
3.6. Frequência de atividade dos morcegos e aves		15
3.7. Análises estatísticas		16
3.8. Influência da proximidade do fragmento florestal		16
3.9. Análise estatística		16
4.0. Resultados		17
4.1. Proporções de herbivoria foliar entre os dois SAFs e em função da sazonalidade.		17
4.2. Influência das aves e dos morcegos na proporção de herbivoria entre os dois SAFs.		19
4.3. Comparações entre os tratamentos para cada SAF em função da sazonalidade.		20
4.4. Frequência de aves e morcegos nos SAFs		23

4.5.	<i>Abundância de insetos</i>	24
4.6.	<i>Influência da proximidade do fragmento florestal</i>	31
5.0.	Discussão	35
6.0.	Conclusão	41
7.0.	Referências Bibliográficas	43
	Capítulo 2.	
	Controle <i>Top-down</i> por aves insetívoras aumenta a produção de café em sistemas agroflorestais	57
1.0.	Resumo	58
2.0.	Introdução e Objetivos	59
3.0.	Desenho experimental	62
3.1.	<i>Área de estudo</i>	62
3.2.	<i>Herbivoria foliar</i>	63
3.3.	<i>Produtividade</i>	64
3.4.	<i>Análises Estatísticas</i>	64
4.0.	Resultados	65
4.1.	<i>SAF CC</i>	65
4.2.	<i>SAF CH</i>	67
5.0.	Discussão	70
6.0.	Conclusão	74
7.0.	Referências Bibliográficas	75

RESUMO GERAL

Vários estudos relacionam o efeito das aves e morcegos no controle da herbivoria foliar em florestas, monoculturas e sistemas agroflorestais (SAFs). Contudo, este é o primeiro que analisa o efeito da proximidade de fragmentos florestais no controle da herbivoria foliar exercido por aves e morcegos insetívoros, bem como o efeito da exclusão de aves insetívoras na produção deste commodity em SAFs. Embora tenha se observado que as aves contribuem mais do que os morcegos no controle da herbivoria foliar nos SAFs de café, ambos os grupos de predadores são mais eficientes em SAFs situados próximos a fragmentos florestais do que em SAFs distantes destes, provavelmente devido à heterogeneidade ambiental dos primeiros, que proporciona mais alimentos e abrigos aos predadores. Também constatamos uma diminuição de 48% na produção de grãos nos dois SAFs em resposta ao aumento de aproximadamente 300% na taxa de herbivoria foliar quando da exclusão do acesso das aves aos pés de café. Adicionalmente, no SAF próximo ao fragmento florestal as plantas sem acesso de aves insetívoras produziram frutos com maior massa quando comparadas a plantas onde as aves forrageavam. Estes resultados indicam uma relação tritrófica entre aves insetívoras, insetos herbívoros e cafezais. Diante destas informações podemos inferir que aves insetívoras são essenciais no controle de pragas agrícolas em SAFs de café, de tal forma que arranjos produtivos que conservem a biodiversidade devem ser favorecidos. Portanto, este estudo comprova que a presença de fragmentos florestais adjacentes a SAFs de café colaboram significativamente no controle de herbivoria foliar em função da maior presença de predadores, fato que pode influenciar na produção agregando mais valor ao produto e na utilização de agrotóxicos, além de contribuir para a conservação da biodiversidade.

Palavras chave: Agroflorestas, diversidade funcional, controle biológico, conservação, fragmentação, predação, relações tróficas.

ABSTRACT

Several studies relate the role birds and bats in controlling leaf herbivory in forests, monocultures, and agroforestry systems (AFS). This study analyzes for the first time how the distance between forest fragments and the plantation affect this interaction. We also analyzed the effect of insectivorous birds exclusion on this ecosystem service. Although birds contributed more than bats for the control of leaf herbivory in coffee agroforestry systems, both groups are more efficient in AFS which had forest fragments nearby. This is probably due to the higher environmental heterogeneity of the latter, which provides more food and shelter from predators. Additionally, when birds were excluded from coffee plantation, grain production decreased by 48% in both AFS. This fact was accompanied by an increase of approximately 300% in leaf herbivory rate. Furthermore, plants in AFS near forest fragments in which insectivorous birds were excluded produced fruits with higher mass, compared to plants where birds foraged freely. These results indicate a tritrophic relationship between insectivorous birds, herbivores insects, and coffee plantations. Therefore, we suggest that insectivorous birds are essential in controlling agricultural pests in coffee agroforestry systems. As a result, plantations that conserve biodiversity tend to be more productive. Consequently, forest fragments near coffee plantations significantly contribute to the decrease of leaf herbivory by favoring predators. This not only influences production, adding more value to the product and reducing the use of pesticides, but also contribute to biodiversity conservation.

Keywords: Agroforestry, Functional diversity, control biology, conservation, fragmentation, predation, trophic relationships.

Introdução Geral

Aves e os morcegos insetívoros, são considerados agentes biológicos importantes no controle de insetos herbívoros (Perfecto et al. 1996, Rice e Greenberg 2000), contribuindo significativamente na diminuição de área foliar consumida (Daily et al. 1997, Marquis e Whelan 1996, Van Bael e Brawn 2005). Experimentos demonstram que aves insetívoras podem limitar a abundância de artrópodes e consequentemente diminuir os danos para as plantas, em florestas temperadas (Atlegrim 1989, Marquis e Whelan 1994) ou em sistemas agrícolas convencionais (Greenberg 2000). Morcegos insetívoros também são considerados importantes agentes controladores de comunidades de artrópodes, mas poucos estudos têm quantificado os efeitos destes animais em culturas permanentes (Frederico et al. 2008, Kalka et al. 2008 e Williams-Guillén et al. 2008). O efeito destes predadores insetívoros, muitas vezes refletem na produção das plantas, tanto em ambientes naturais quanto em monoculturas e sistemas agroflorestais (Atlegrim 1989, Marquis & Whelan 1994, van Bael & Brawn 2005, Komar 2006).

Existem diversos estudos que abordam relações entre herbívoros e plantas ou predadores e herbívoros, mas raramente estes estudos são feitos ao mesmo tempo e local, explorando todos os níveis tróficos (ver. Mäntylä et al. 2011). Os fatores responsáveis pela manutenção da riqueza e abundância de aves são importantes do ponto de vista conservacionista e econômico, uma vez que as aves fornecem serviços ambientais importantes, inclusive em sistemas produtivos. As aves e morcegos são importantes dispersores de sementes (Sekercioglu 2006) e também desempenham papéis críticos como agentes controladores de pragas dentro de agroecossistemas de café (van Bael et al. 2008, Johnson et al. 2009, Philpott et al. 2009).

Neste estudo abordamos o efeito de aves e morcegos no controle da herbivoria foliar em SAFs de café e qual é sua influencia na abundancia de insetos e consequentemente na produção de grãos (efeito *top down*) em sistemas agroflorestais de café. Diante deste contexto, no primeiro capítulo buscamos identificar qual o efeito das aves e morcegos insetívoros na abundancia de insetos fitófagos em dois Safs de café, bem como quais seus

efeitos na taxa de herbivoria foliar. No segundo capítulo buscamos identificar quais são as consequências do controle de insetos fitófagos por aves insetívoras na produção de café em dois Safs.

Referências Bibliográficas

- ATLEGRIM, O. 1989. Exclusion of birds from bilberry stands: impact on insect larval density and damage to the bilberry. *Oecologia*, 79, 136 - 139.
- DAILY, G.C., ALEXANDER, S., EHRLICH, P.R., GOULDER, L., LUBCHENCO, J., MATSON, P.A, MOONEY, H.A, POSTEL, S., SCHNEIDER, S.H. TILMAN, D. & WOODWELL, G.M. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1 – 16.
- FEDERICO P, HALLAM TG, MCCracken GF, PURUCKER ST, GRANT WE, CORREA-SANDOVAL A.N, WESTBROOK J.K, MEDELLI'N R.A., C. J. CLEVELAND, C.G. SANSONE, J.D. LOPEZ, JR., M.BETKE, A. MORENO-VALDEZ AND T. H. KUNZ 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecol Appl* 18: 826–837.
- JOHNSON, M.D., LEVY, N.J., KELLERMANN, J.L. & ROBINSON, D.E. 2009. Effects of shade and bird predation on arthropods and leaf damage on coffee farms in Jamaica's Blue Mountains. *Agroforestry Systems*, 76, 139 – 148.
- KALKA. M. B., SMITH, A. R. e E. K. V KALKO. 2008. Bats Limit Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest. *Science*, 320. 5872, 71.

- KOMAR, O. 2006. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International*, 16, 1 – 23.
- MÄNTYLÄ, E., KLEMOLA, T. & LAAKSONEN, T. 2011. Birds help plants: a meta-analysis of top-down trophic cascades caused by avian predators. *Oecologia*, 165, 143 –151.
- MARQUIS, R. J. and WHELAN, C. J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leafchewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- MARQUIS, R. J. and WHELAN, C. J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leafchewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- MARQUIS, R. J. and WHELAN, C. J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leafchewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R. e M. E. VAN DER VOORT. 1996. Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity, *BioScience*, 46 (8): 598-608.
- PHILPOTT, S.M., SOONG, O., LOWENSTEIN, J., PULIDO, A., TOBAR-LOPEZ, L.D. & DECLERCK, F.D. 2009. Functional traits and ecosystem services: bird predation on arthropods in tropical agroecosystems. *Ecological Applications*, 19, 1858 – 1867.

- RICE, R.A. E GREENBERG, R. 2000. Cacao Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *Ambio* 29(3): 167–173.
- SEKERCIOGLU, C.H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 464 – 471.
- VAN BAEL, S.A. & BRAWN. J.D. 2005. The direct and indirect effects of insectivory by birds in two contrasting neotropical forests. *Oecologia*. 143, 106 – 116.
- WILLIAMS-GUILLÉN, K.; PERFECTO, I. e J. VANDERMEER. 2008. Bats Limit Insects in a Neotropical Agroforestry System. *Science*. 320: (5872), p.70.

INFLUENCIA DE AVES E MORCEGOS INSETÍVOROS NO CONTROLE DA HERBIVORIA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE CAFÉ

Crasso Paulo Bosco Breviglieri e Sandra Bos Mikich

¹ Biólogo, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Ecologia e Comportamento Animal. Departamento de Zoologia e Botânica, IBILCE/UNESP, Rua Cristóvão Colombo 2265, Jd. Nazareth, CEP: 15054-000, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil.

email: crassopaulo@yahoo.com.br

² Bióloga, Doutora, Pesquisadora. Laboratório de Ecologia, EMBRAPA Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil.

email: sbmikich@cnpf.embrapa.br

1.0. Resumo

Vários estudos relacionam o efeito das aves e morcegos no controle da herbivoria foliar em florestas, monoculturas e sistemas agroflorestais (SAFs), contudo este é o primeiro que relaciona o efeito da proximidade de fragmentos florestais no controle da herbivoria foliar em SAFs de café. Foi observado que as aves contribuem mais do que os morcegos no controle da herbivoria foliar. No entanto, ambos os grupos de predadores são mais eficientes em SAFs situados próximos a fragmentos florestais, provavelmente devido à heterogeneidade ambiental, que proporciona maior diversidade de alimento e abrigo aos predadores. Portanto, este estudo comprova que a presença de fragmentos florestais adjacentes a SAFs de café colaboram significativamente no controle de herbivoria foliar em função da maior presença de predadores, fato que pode influenciar na produção agregando mais valor ao produto e na utilização de agrotóxicos, além de contribuir para a conservação da biodiversidade.

Palavras chave: controle biológico, conservação, fragmentação, predação.

2.0. Introdução

Nas regiões tropicais, o processo da fragmentação de habitats é uma realidade crescente (Whitmore 1997, Pedro & De Marco 2008). Este processo altera a paisagem, causando a redução da extensão do habitat original, bem como o aumento no número, a diminuição no tamanho e o aumento no isolamento das manchas de habitat (Gascon et al. 1999, Fahrig 2003, Estrada et al. 1993, Andrén 1994, Galindo-González et al. 2000). No Brasil, este fenômeno está principalmente associado à expansão da fronteira agrícola e tem recebido maior atenção nas últimas décadas devido às elevadas taxas de desmatamento (Viana et al. 1997, INPE 2009, WWF 2010).

As monoculturas agrícolas podem funcionar como barreiras entre as manchas de habitat, inibindo a dispersão de algumas das espécies (Aide & Cavelier, 1994) e ocasionando a diminuição da biodiversidade (Turner 1996) devido à extinção local de espécies (e.g. Fonseca & Robinson 1990, Chiarello 1999, Gascon et al. 1999, Harrington et al. 2001, Ricketts 2001, Crooks 2002, Fahrig 2003, Michalski & Peres 2007). Assim, quanto mais a vegetação nativa é convertida em pastagens e monoculturas, mais importante passa a ser o desenvolvimento de estudos sobre a influência dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) na conservação da diversidade biológica (Pimentel et al. 1992).

Os SAFs constituem sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, culturas agrícolas e/ou forrageiras e/ou em integração com animais, em uma mesma unidade de manejo, de acordo com um arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações ecológicas entre estes componentes (Abdo et al. 2008). Nesse sistema há interações entre espécies nativas e domesticadas, que resultam em vantagens tanto para o produtor quanto para a biodiversidade, quando comparado à agricultura convencional (Nair 1993, Greenberg et al. 1997). Os SAFs aumentam a complexidade estrutural e os recursos oferecidos em uma determinada área, auxiliando na diversidade funcional da região em que foi implantado (Amador & Viana 1998, Komar 2006), refletindo, desta forma, positivamente na diversidade faunística associada às monoculturas tradicionais, como descrito

por Wunderle e Waide (1993), Nestel et al. (1993), Perfecto e Vandermeer (1994), Vannini (1994) e Perfecto et al. (1996). Assim, os SAFs podem desempenhar um papel crucial na conservação da biota nativa quando inseridos em ambientes modificados pelo homem (Perfecto et al. 1996).

Na última década, estudos sobre o efeito de aves e morcegos insetívoros na taxa de herbivoria foliar em monoculturas ou sistemas agroflorestais de café, são encontrados com relativa frequência em revistas especializadas (Komar 2006, Mäntylä et al. 2011). No entanto, a maioria destes estudos foram conduzidos na América Central, em países como a Guatemala (Kalka et al. 2008), Panamá (Williams-Guillén et al. 2008), México (Kalka & Kalko 2006) ou Costa Rica (Van Bael et al. 2008). Estes vertebrados associados aos SAFs, em especial as aves e os morcegos insetívoros, são considerados agentes biológicos importantes no controle de artrópodes herbívoros dentro desses sistemas (Perfecto et al. 1996, Rice & Greenberg 2000, Mols et al. 2005), contribuindo significativamente para a diminuição do consumo foliar (Daily et al. 1997, Marquis & Whelan 1994, van Bael et al. 2003). Este controle biológico resulta em um efeito *top down* (van Bael et al. 2003), o qual influencia tanto a produção, quanto o aumento da biodiversidade funcional dos consumidores de primeira ordem do sistema agroflorestal (Stacy et al. 2006).

O café é produzido em 10,2 milhões de hectares de terra (FAO 2007) em 60 países e uma das principais commodities do mundo, com 7 milhões de toneladas produzidas (FAO 2012). A cultura do café é extremamente importante na agricultura e na economia brasileira, já que o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais (podendo destacar a Índia e a Colômbia), tendo produzido 1,3 milhões de toneladas em 2010 (FAO 2012). No entanto, como o preço desse produto oscila muito no mercado, a diversificação da produção é uma forma de manter o equilíbrio da renda na propriedade. Uma alternativa para esta diversificação é a implantação de SAFs, sistema que favorece a qualidade do café, agregando mais valor ao produto (Lunz 2006). A produção de café em SAFs é ainda uma forma de conciliar a ampliação da fronteira agrícola à conservação da biodiversidade (Lunz 2006).

A presença de remanescentes florestais na proximidade de sistemas produtivos ainda é pouco conhecida. Podemos citar trabalhos relacionados apenas com o efeito de polinizadores (Klein et al. 2003, Kremen et al. 2002, Klein et al. 2003, Ricketts et al. 2004, Ricketts 2004, De Marco & Coelho 2004). Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo comparar a eficiência de morcegos e aves no controle de artrópodos herbívoros em dois SAFs de café, baseado na hipótese de que a proximidade do SAF a um remanescente florestal deve reduzir o dano à biomassa foliar do café devido a maior presença de predadores.

3.0. Materiais e Métodos

3.1 Áreas de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Norte, conhecido como Fazenda Experimental (48°56'W e 21°13'S), com área de 532,80 ha, pertencente ao município de Pindorama, localizado na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. Esta região do estado é considerada a mais desmatada e fragmentada e com a menor concentração de unidades de conservação (MMA 2006). Atualmente, apenas 4% de sua vegetação original ainda persistem em forma de pequenos remanescentes, que vêm sendo substituídos por pastagens, culturas diversas ou áreas urbanas (MMA 2006).

Estes pequenos remanescentes, são caracterizados como Floresta Estacional Semidecidual, dispersos entre variados tipos de monoculturas e pequenas manchas de Cerrado (Ab'Saber 2003), sendo que a monocultura predominante é a de cana-de-açúcar (MMA 2006). As manchas de vegetação remanescentes apresentam espécies arbóreas típicas deste tipo de formação florestal, como por exemplo, a pindaiva (*Duguetia lanceolata* A. St.-Hil. 1825), baga-de-morcego (*Trichilia pallida* Swartz), canela amarela (*Ocotea velutina* Ness.), canela preta (*Nectandra megapotamica*), sapotinha (*Pouteria gardneriana* A. DC.) e embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.), que provavelmente têm suas sementes dispersas por morcegos frugívoros e aves, segundo Lorenzi (2002 a,b).

Os experimentos foram conduzidos em dois SAFs de café (*Coffea* sp.), sendo: um deles consorciado com coco (*Coco* sp.), ocupando 29 ha e contíguo a um remanescente florestal com uma área de 128 ha, marginado por monoculturas de soja e áreas de pastagem; e o outro consorciado com seringueira (*Havea* sp.), ocupando 32 ha, distantes, no mínimo, 2 km de remanescentes florestais (Figura 1) e cercado por monoculturas de soja, cana-de-açúcar e áreas de pousio com árvores isoladas. Estes SAFs foram implantados em 2001 e desde 2005 não sofrem qualquer tipo de manejo.

A área do estudo possui altitudes que variam de 498 a 594 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com verões chuvosos e invernos secos. Durante os dois anos deste experimento, a precipitação anual média foi de 239,94 mm, sendo a média do inverno (março a agosto) igual a 45,23 mm e do verão (setembro a fevereiro) 173,35 mm (CIIAGRO 2012).

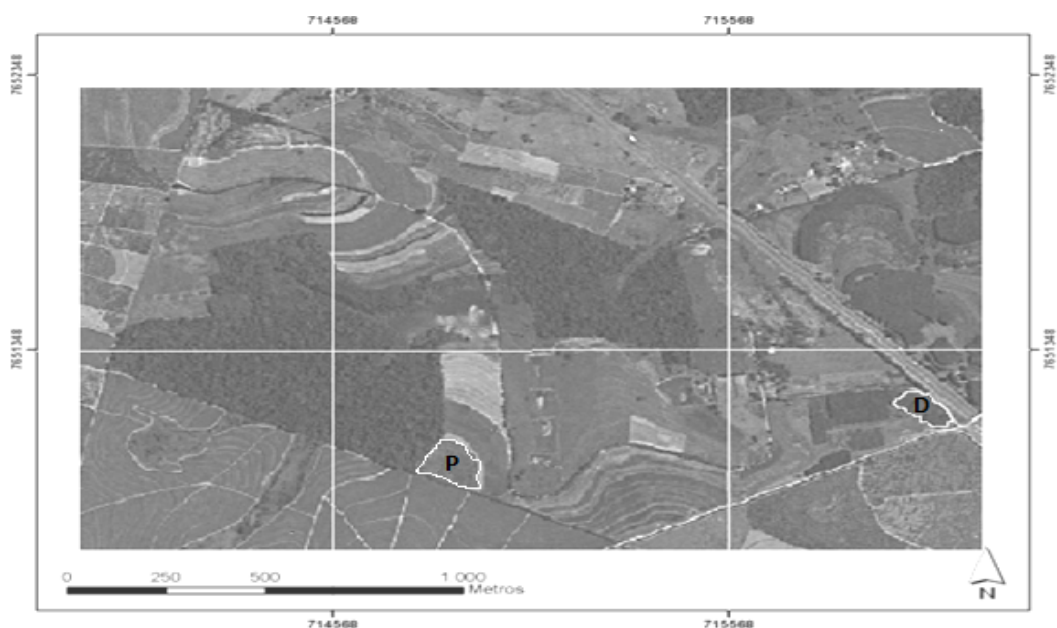


Figura 1. Localização dos SAFs de café, um próximo (P) a um fragmento florestal e outro distante (D), no mínimo, 2 km de um bloco florestal.

3.2 Desenho Amostral - Herbivoria

O mesmo experimento foi implantado nos dois SAFs de café: próximo (P) e distante (D) de um remanescente de floresta nativa. O experimento foi composto por 64 plantas em cada um dos SAFs escolhidas aleatoriamente após sorteio, totalizando oito plantas sorteadas para cada um dos tratamentos (totalizando 32 em cada SAF). Os tratamentos foram; Tratamento I: as plantas foram envoltas completamente por redes de nylon durante o dia, do início da manhã ao final do dia, impedindo o acesso de aves insetívoras diurnas; Tratamento II: as plantas foram envoltas completamente por redes durante a noite, do início da noite ao amanhecer, impedindo o acesso de morcegos insetívoros; Tratamento III: as plantas foram envoltas completamente, durante o dia e a noite, impedindo o acesso de aves e morcegos insetívoros; Tratamento IV (controle): as plantas não foram protegidas por redes, dando livre acesso aos predadores insetívoros.

O processo de cobertura e retirada da rede em cada planta de café foi modificado a partir do estudo de Williams-Guillén et al. (2008) para facilitar o processo em si e minimizar a perturbação da comunidade de artrópodes sobre a planta. Assim, uma rede de nylon com malha de 2 cm, com 6 m de comprimento e 3 m de altura deslizava em torno do pé de café como uma cortina sustentada por um cano circular de PVC e uma haste de bambu fixada ao solo. Em função do tamanho da malha, os artrópodes tinham livre acesso às plantas de café, enquanto que o acesso de aves e morcegos predadores era limitado. O processo de abertura e fechamento das redes em torno das plantas acompanhou o horário do nascer e do pôr do sol no zênite, baseado no horário calculado pelo GPS Etrex Garmin high sensitivity.

Estes tratamentos foram aplicados diariamente em julho e agosto de 2009 (estação seca) e foram repetidos em janeiro e fevereiro de 2010 (estação chuvosa), com duração de oito semanas em cada estação.

3.3 Herbivoria e agentes causadores

Para estimar a abundância dos artrópodes nos SAFs, bem como para avaliar o efeito destes na herbivoria em *Coffea* sp., foram adotados os seguintes procedimentos em ambos os SAFs:

Procedimento I - coleta dos artrópodes: cada pé de café amostrado foi envolto de sua altura mediana até a base do tronco, por um tecido de 2 m de largura por 6 m de comprimento. Após este procedimento a planta foi chacoalhada dez vezes e, com o auxílio de um puçá entomológico, foram coletados os artrópodes aderidos a este tecido. Estes foram, então, colocados em recipientes plásticos individuais contendo álcool 70%, que passaram a constituir uma unidade amostral para cada planta. Em laboratório, os artrópodes foram caracterizados quanto à sua abundância.

As coletas foram realizadas no período da manhã (09:00) e da noite (21:00), totalizando 32 amostras por período amostral em cada SAF. Esses procedimentos foram repetidos no início de cada estação (seca e chuvosa) e, a partir daí, duas vezes por semana, até o final dos experimentos, totalizando 10 dias de coleta de artrópodes em cada SAF ou 320 amostras por estação.

ii) Procedimento II - quantificação da herbivoria: foi calculada a área consumida por artrópodes em todos os tratamentos. Para a padronização na contagem dos danos de herbivoria foram escolhidas 50 folhas sem danos, em fase inicial de crescimento, em cada um dos 64 indivíduos de café incluídos nos experimentos. Somente folhas de ramos jovens foram marcadas já que, segundo Campanha (2007), no período do inverno a planta tende a perder os galhos e as folhas de sua base. A marcação foi feita com uma tira de lã preta presa próximo à inserção do pecíolo no ramo. Ao final de cada estação (seca e chuvosa), todas as folhas marcadas foram coletadas, tratando cada planta como uma unidade amostral com 50 folhas. Em laboratório, as folhas foram digitalizadas, sendo a área foliar total e a área consumida calculadas com o auxílio do programa *Image J* (Rasband 2006). Em seguida, a proporção de herbivoria foi quantificada por meio da seguinte fórmula: herbivoria = área foliar consumida/ área foliar total.

3.4 Análises Estatísticas

Para analisar a abundância de insetos foi utilizada uma análise de variância (ANOVA), utilizando o programa Statistica versão 7.0 (StatSoft, 2004). Para identificar o valor de p para cada um dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey *a posteriori*. Neste teste foi considerado que o número de insetos coletados por planta era a variável dependente e os tratamentos as variáveis independentes. Para analisar a proporção de herbivoria foliar foi considerado que a proporção média da herbivoria por estação (seca e chuvosa) em cada planta (50 folhas por planta) como a variável dependente e os tratamentos foram as variáveis independentes ($N = 400$ folhas por tratamento). Para comparar a proporção média da herbivoria de cada planta entre os tratamentos entre os dois SAFs e entre os tratamentos em cada um dos SAFs foi utilizado o teste Kruskal-Wallis e quando necessário o teste Student-Newman Keuls (SNK) *a posteriori* para comparações pareadas. O nível de significância estabelecido foi de $p < 0,05$.

3.5 Desenho amostral - Predadores

Segundo Breviglieri e Pedro (2010), a quirópteroфаuna da área de estudo é composta por 17 espécies, sendo seis exclusivamente insetívoras e outras 11 que incluem esporadicamente artrópodes em sua dieta. No caso da avifauna, um levantamento prévio realizado por Bispo (em prep.) no fragmento florestal localizado próximo ao SAF de café sombreado com coco (P) revelou a presença de 37 espécies de aves insetívoras.

Os procedimentos visando à identificação dos agentes predadores de artrópodes foram executados durante os meses de julho e agosto de 2009 (estação seca) e durante janeiro e fevereiro de 2010 (estação chuvosa). As coletas de morcegos e a observação das aves foram feitas uma vez por semana em cada SAF, de tal forma que foram realizados 16 dias de coletas em cada SAF, quando consideradas as duas estações do ano.

Foram amostrados apenas períodos (dias ou noites) sem precipitação, já que essa condição prejudica a amostragem de aves e morcegos (Ricklefs & Miller 2000, Begon et al. 2006).

3.6 Frequência de atividade dos morcegos e aves

Para avaliar o uso dos SAFs de café por morcegos, foi utilizado um detector de morcegos da marca Petterson, modelo D100. Cada amostragem foi realizada durante três horas consecutivas, das 18:00 às 21:00, durante oito noites em cada uma das estações (seca e chuvosa), totalizando 16 noites amostradas, resultando em 48 horas amostradas em cada SAF. Cada morcego registrado pelo detector foi referido como uma visita, de tal forma que os indivíduos podem ter sido registrados mais de uma vez em cada área.

Nas mesmas noites em que foi amostrada a frequência de atividade dos morcegos, foram realizadas capturas com o auxílio de oito redes neblina, com o intuito de identificar e quantificar as espécies de morcegos que forrageavam nas áreas. Cada rede apresentava 12 m de comprimento por 2 m de altura e foram armadas aleatoriamente entre os blocos, nos dois SAFs. Elas foram vistoriadas em intervalos de 30 minutos, entre 18:00 e 00:00, período de maior atividade de morcegos segundo Esbérard e Bergallo (2005). Após a captura, os indivíduos foram identificados em campo, fotografados, anilhados e soltos.

Foram feitas observações ornitológicas nos dois SAFs. Para tanto, em cada SAF foram implantados seis transectos de 80 m de comprimento, dispostos ao longo dos quatro blocos amostrais. Os transectos foram percorridos aleatoriamente durante três horas, entre 06:00 e 09:00, durante oito dias em cada estação (seca e chuvosa), totalizando 16 manhãs amostradas, o que resultou em 48 horas amostradas em cada SAF. As aves encontradas ao longo dos transectos que estavam pousadas em pés de café foram registradas e cada registro foi referido como uma visita, de tal forma que, assim como no caso dos morcegos, cada indivíduo pode ter sido registrado mais de uma vez se visitou mais de uma planta durante a amostragem.

Nas observações foram utilizados binóculos, filmadora digital da marca Sony do modelo DCR-DVD 610 equipada de zoom óptico, cujo alcance é de 200 metros e uma máquina fotográfica digital da marca Sony, modelo HX1. Estes equipamentos possibilitaram a identificação de várias espécies de aves a

posteriori, por meio de consulta a guias e especialistas, além de reduzir a interferência no comportamento dos indivíduos.

3.7 Análises estatísticas

Para identificar diferenças estatísticas na abundância dos dois grupos de predadores (aves e morcegos) entre os dois SAFs e estações do ano foi utilizada uma análise de variância (ANOVA), por meio do programa Statistica versão 7.0 (StatSoft, 2004) e o nível de significância estabelecido foi de $p < 0,05$. Para identificar o valor de p para cada um dos grupos foi utilizado o teste de Tukey *a posteriori*. Neste teste foi considerado que os números totais de registros de morcegos e de aves de cada amostragem eram as variáveis dependentes e os SAFs e as estações do ano, as variáveis independentes.

3.8 Influência da proximidade do fragmento florestal

Para analisar a influência da proximidade do fragmento florestal na herbivoria foliar foi medida a distância linear de todas as plantas incluídas no experimento em ambos os SAFs, em relação ao fragmento florestal mais próximo. A distância de cada uma das plantas em relação ao fragmento florestal foi mensurada com o auxílio de GPS Etrex Garmin high sensitivity.

3.9 Análise estatística

Para analisar o efeito da proximidade do fragmento florestal na herbivoria foliar nos SAFs de café, foi utilizada a análise de regressão linear simples. Consideramos como variáveis dependentes a proporção média de herbivoria foliar de cada planta e como variável independente a distância linear em relação ao fragmento florestal mais próximo. Foram geradas análises para cada um dos tratamentos independentemente.

4.0 Resultados

4.1. *Proporções de herbivoria foliar entre os dois SAFs e em função da sazonalidade.*

Foram encontradas diferenças significativas na proporção de área foliar consumida entre os dois SAFs, quando comparados entre si os tratamentos em que as plantas estavam permanentemente isoladas do acesso de aves diurnas e dos morcegos ($H=10,8536$, $p=0,0125$) segundo o teste Kruskal-Wallis. Após a utilização do teste Student-Newman Keuls (SNK) para comparações pareadas (Figura 2), observou-se que no SAF distante do remanescente florestal (D) a área foliar consumida foi maior tanto na estação seca ($p=0,0407$) quanto na chuvosa ($p=0,0457$), quando comparada com o SAF próximo ao fragmento florestal (P).

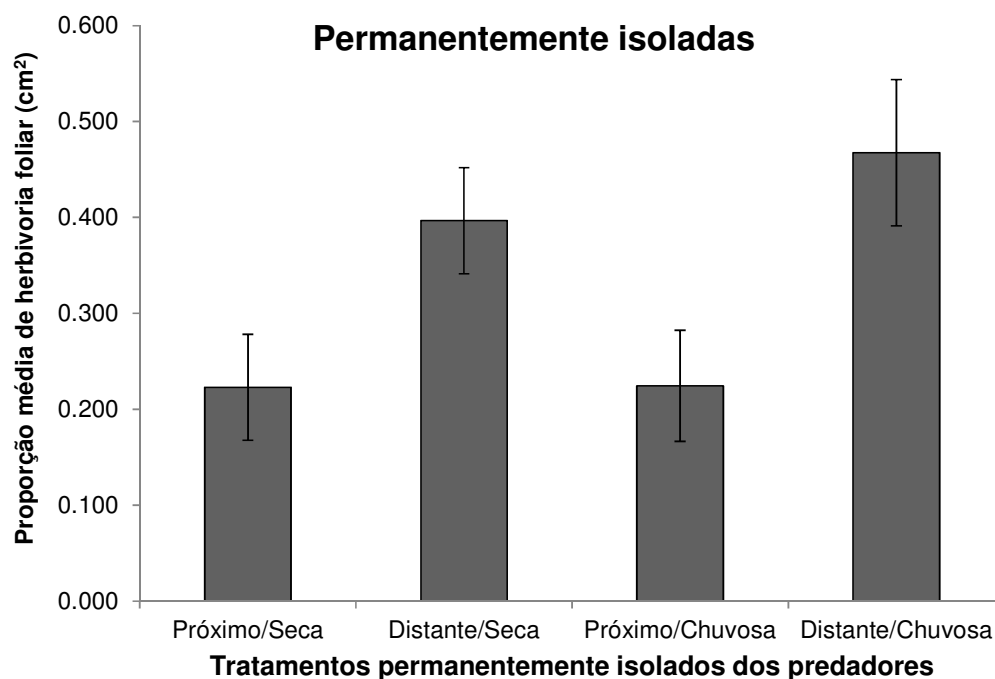


Figura 2: Proporção de herbivoria foliar em cm² (±SE) entre os dois SAFs (próximo e distante do fragmento florestal), quando comparados os tratamentos em que aves e os morcegos não tinham acesso às plantas durante as estações seca e chuvosa.

Quando foram comparados os tratamentos controles (i.e. com livre acesso de aves e morcegos às plantas) entre os dois SAFs, também foram observadas diferenças significativas na proporção de herbivoria entre os dois SAFs ($H=8,0028$, $p=0,046$). Após o teste *a posteriori* (SNK), foi constatado que aves e morcegos juntos controlam a herbivoria foliar com maior eficiência no SAF próximo ao fragmento florestal ($p=0,0049$) durante a estação seca. No entanto, durante a estação chuvosa não existiram diferenças significativas entre os dois SAFs ($p=0,8582$) (Figura 3).

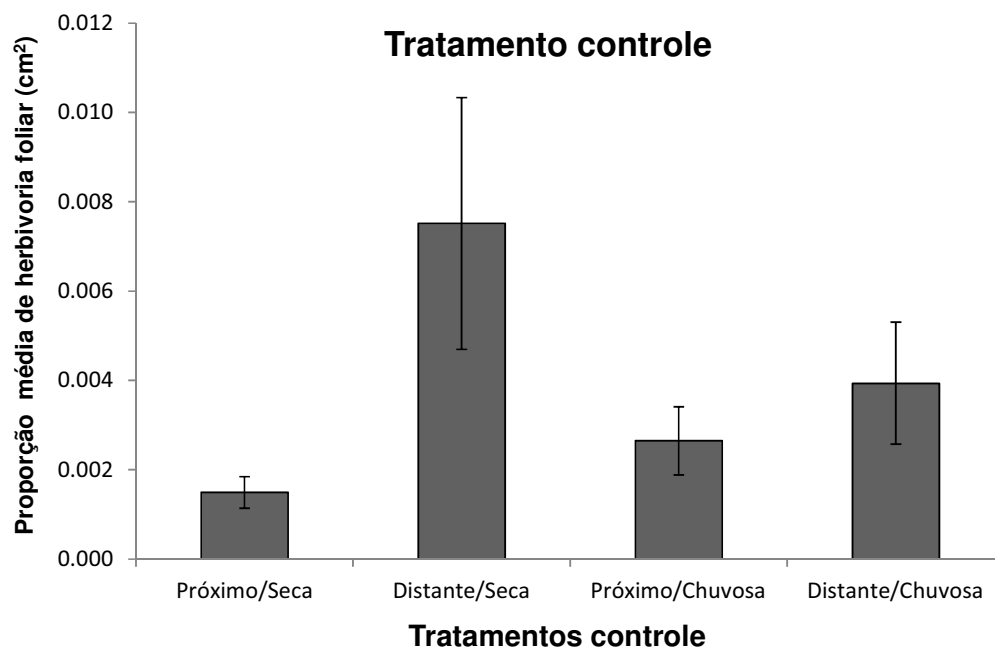


Figura 3: Efeito do acesso de aves diurnas e morcegos às plantas de café (tratamento controle) sobre a herbivoria foliar nos dois SAFs, amostrados durante as estações seca e chuvosa.

4.2. Influência das aves e dos morcegos na proporção de herbivoria entre os dois SAFs.

Ocorreu diferença significativa na proporção de herbivoria entre os dois SAFs com a exclusão do acesso de aves ($H=15,4898$, $p=0,0014$). No entanto, este efeito foi maior apenas no SAF próximo ao fragmento florestal (Figura 4) durante a estação seca ($p=0,0031$), mas não durante a estação chuvosa ($p=0,7208$) no mesmo local.

Na ausência do efeito predatório de morcegos também existiram diferenças significativas entre os dois SAFs ($H=8,1682$, $p=0,0427$), de tal forma que ocorreu um aumento da área foliar consumida no SAF distante do fragmento florestal (Figura 5) durante a estação chuvosa ($p=0,0058$), mas não durante a estação seca ($p=0,9741$), ao contrário do observado em aves.

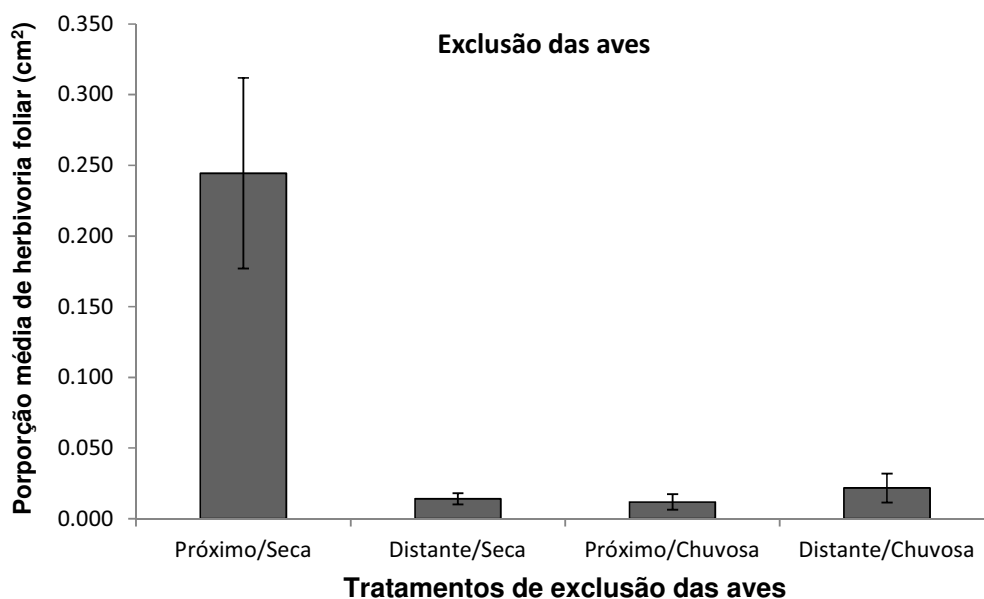


Figura 4: Efeito da exclusão de aves sobre a herbivoria foliar em dois SAFs de café, próximo e distante de remanescentes florestais, amostrados durante as estações seca e chuvosa.

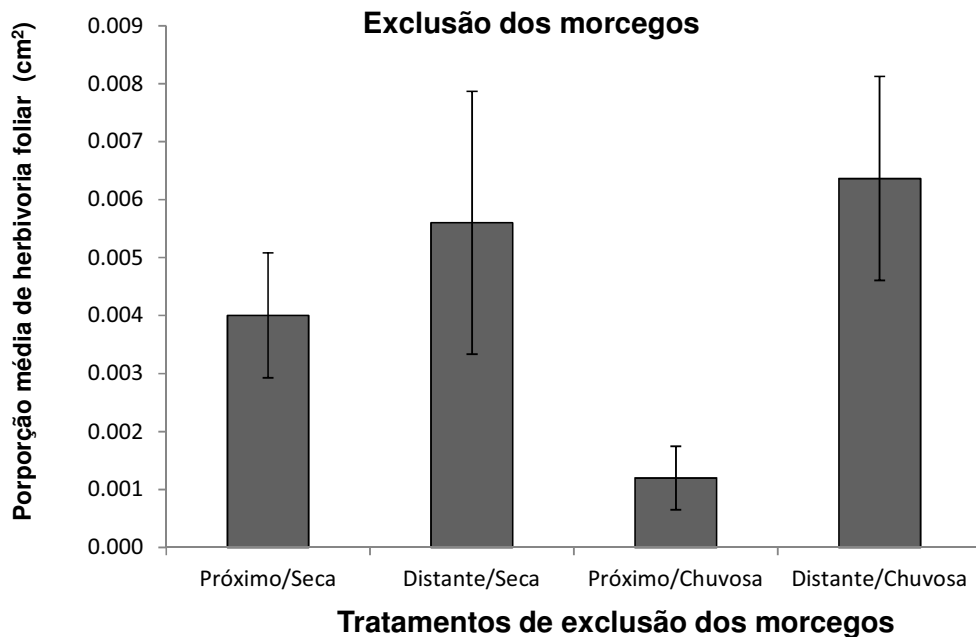


Figura 5: Efeito da exclusão de morcegos sobre a herbivoria foliar em dois SAFs de café, próximo e distante de remanescentes florestais, amostrados durante as estações seca e chuvosa.

4.3. Comparações entre os tratamentos para cada SAF em função da sazonalidade.

Foram encontradas diferenças significativas na área foliar média consumida pelos artrópodes entre os tratamentos no SAF próximo ao fragmento florestal durante as estações seca ($H= 17,8079$, $p=0,0005$) e chuvosa ($H= 19,5306$, $p=0,0002$). Com base no teste Student-Newman Keuls (Figura 6) as aves foram mais eficientes que os morcegos no controle da herbivoria foliar durante as estações seca ($p=0,0007$, Figura 6A) e chuvosa ($p=0,0002$, Figura 6C). O tratamento controle apresentou menor efeito da herbivoria foliar quando comparado com o tratamento em que as plantas ficavam isoladas do acesso das aves e dos morcegos durante as estações seca ($p=0,0001$, Figura 6B) e chuvosa ($p=0,0001$, Figura 6D).

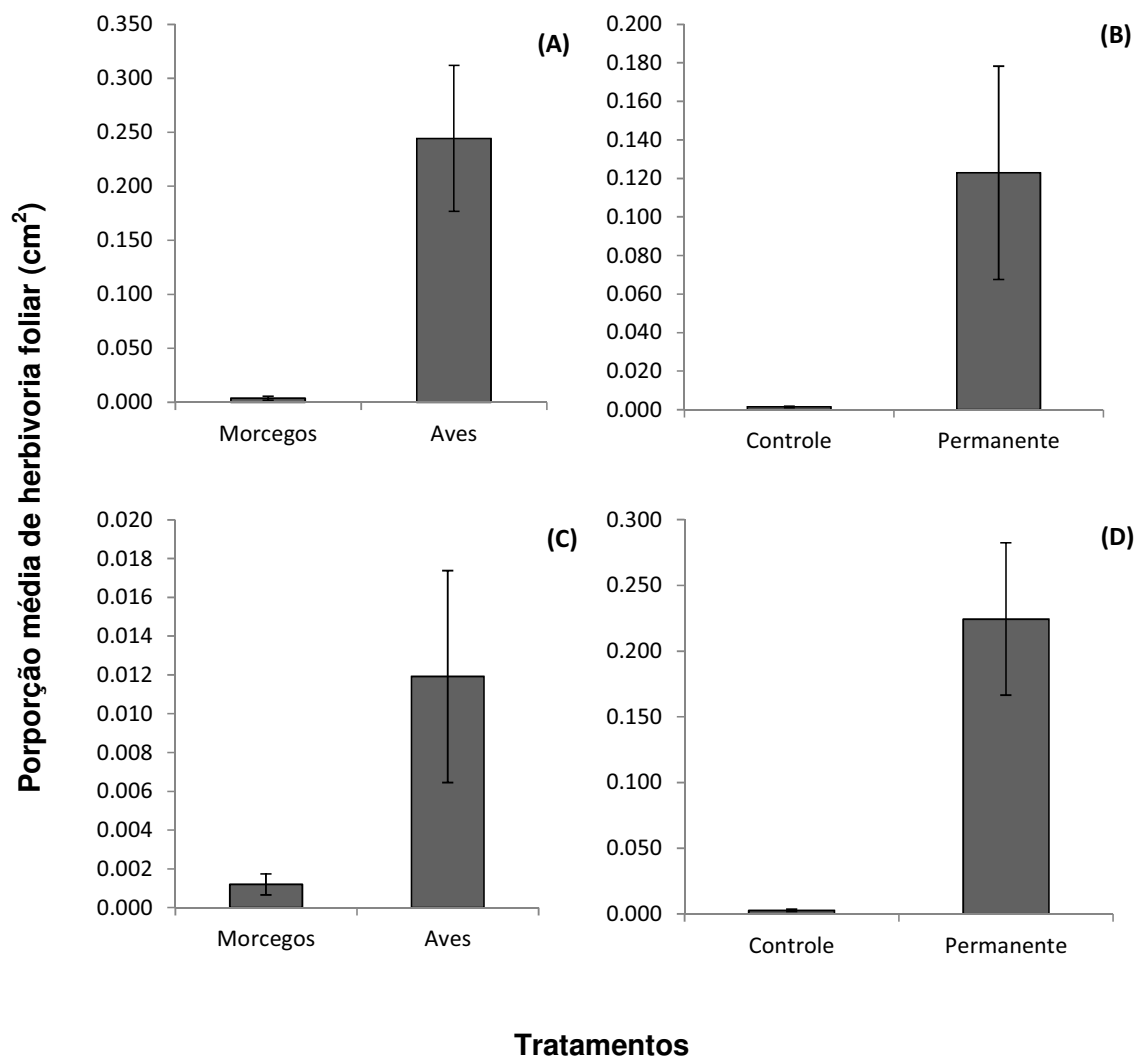
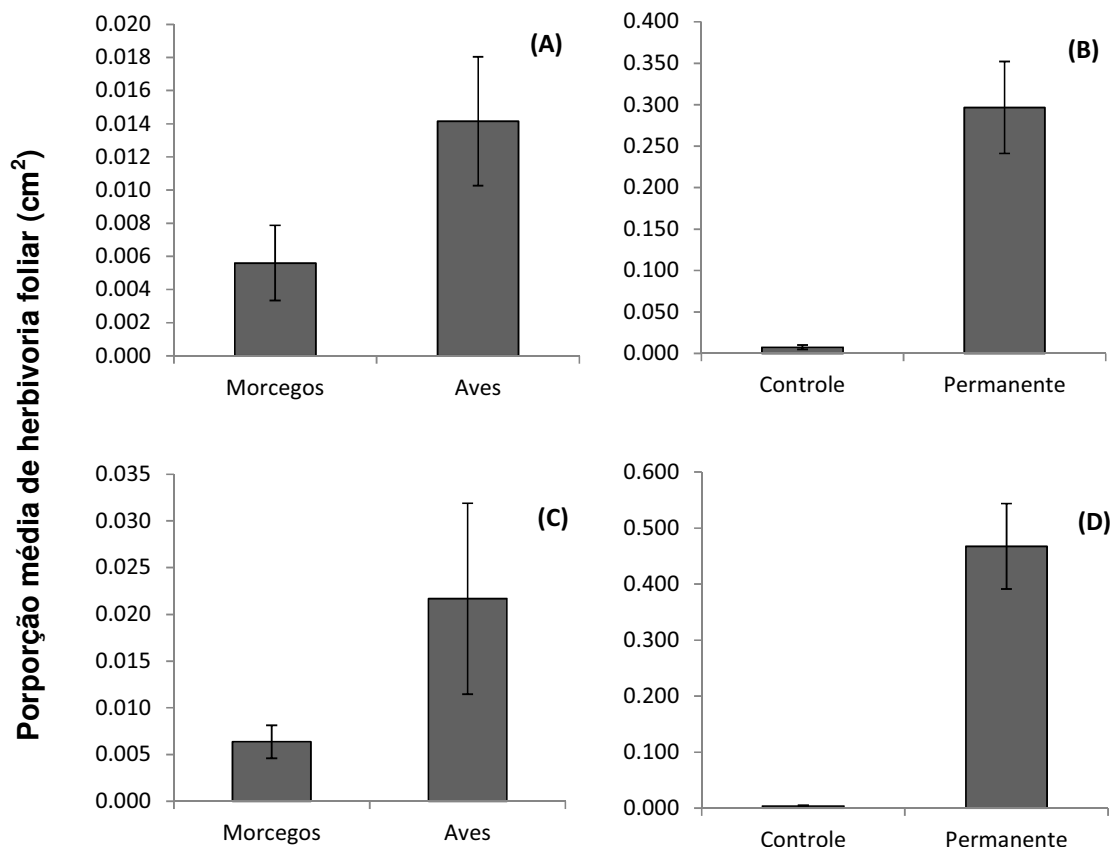


Figura 6. Área foliar média de café consumida em cm² ($\pm$ SE) por artrópodos herbívoros nos quatro tratamentos; Morcegos (ausência do efeito predatório dos morcegos), Aves (ausência do efeito predatório das aves), Controle (tratamento controle, ou seja, com acesso livre aos predadores) e Permanente (permanentemente isolado do acesso de predadores) no SAF próximo ao fragmento florestal. As figuras A e B referem-se aos valores observados durante a estação seca e C e D durante a estação chuvosa.

No SAF distante do fragmento florestal foram encontradas diferenças significativas na proporção de herbivoria foliar entre os tratamentos nas estações seca ($H=16,7312$, $p=0,0008$) e chuvosa ($H=17,393$, $p=0,0006$). Segundo o teste Student-Newman Keuls *a posteriori* (Figura 7) não existiu diferença na eficiência do controle da herbivoria entre aves e morcegos nas estações seca ($p=0,2170$, Figura 7A) e chuvosa ($p=0,4452$, Figura 7C). Quando comparado ao controle, o tratamento em que as plantas ficavam isoladas permanentemente do acesso de aves e morcegos exibiu aumento significativo na herbivoria foliar durante a estação seca ($p=0,0015$, Figura 7B) e chuvosa ($p=0,0001$, Figura 7D).



Tratamentos

Figura 7. Área foliar média de café consumida em cm² ($\pm$ SE) por artrópodos herbívoros nos quatro tratamentos; Morcegos (ausência do efeito predatório dos morcegos), Aves (ausência do efeito predatório das aves), Controle (tratamentos controle, ou seja, com acesso livre aos predadores) e Permanente (permanentemente isolado do acesso de predadores) no SAF distante do fragmento florestal. As figuras A e B referem-se aos valores observados durante a estação seca e C e D durante a estação chuvosa.

4.4. Frequência de aves e morcegos nos SAFs

Foram observadas algumas diferenças significativas nas frequências dos predadores entre os dois SAFs ($F_{(7, 40)} = 3,05$, $p=0,0110$). Embora a frequência de registros de aves não tenha apresentado diferenças significativas entre os SAFs na estação seca ($p=0,9621$) ou chuvosa ($p=0,9999$), a atividade de morcegos durante a estação chuvosa foi maior ($p=0,0475$) no SAF distante do fragmento florestal (Figura 8). Também foi encontrada uma maior frequência de

aves em atividade no SAF distante do fragmento florestal durante a estação seca, quando comparada à frequência de morcegos em atividade ($p=0,0091$) nas mesmas condições.

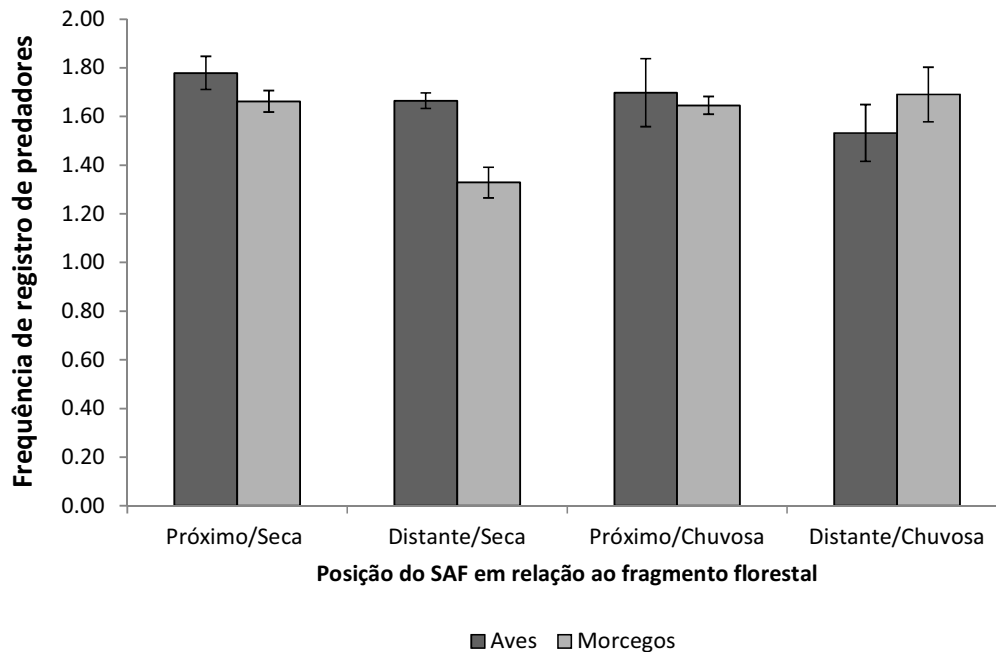


Figura 8. Frequência de registros ($\pm$ SE) de aves e morcegos nos SAFs próximo e distante do fragmento florestal, durante as estações seca e chuvosa.

4.5. Abundância de insetos

Durante a estação seca, foram encontradas diferenças significativas na abundância de artrópodes ($F_{(7,47)}=2,57$, $p=0,0246$) entre os tratamentos aplicados nos dois SAFs (Figura 9). No SAF próximo ao fragmento florestal, assim como no distante, as plantas que foram isoladas permanentemente do acesso dos predadores apresentaram uma abundância maior de artrópodes, quando comparadas àquelas que permitiam acesso às aves ($p=0,0021$, $p=0,0061$), aos morcegos ($p=0,0130$, $p=0,0371$) ou ao tratamento controle ($p=0,0041$, $p=0,0051$).

No entanto, na estação chuvosa não existiram diferenças na abundância de artrópodes entre os tratamentos em ambos os SAFs ($F_{(7,47)}=2,57$, $p=0,4032$). Também não ocorreram diferenças significativas entre os períodos

do dia e da noite para cada um dos SAFs nas estações seca ($F_{(15,96)}=1,52$, $p=0,1131$) ou chuvosa ($F_{(15,96)}=1,49$, $p=0,1212$). Contudo, ocorreu um aumento significativo na abundância de artrópodes ($F_{(15,96)}=10,21$, $p=0,0011$) na estação chuvosa em ambos os SAFs.

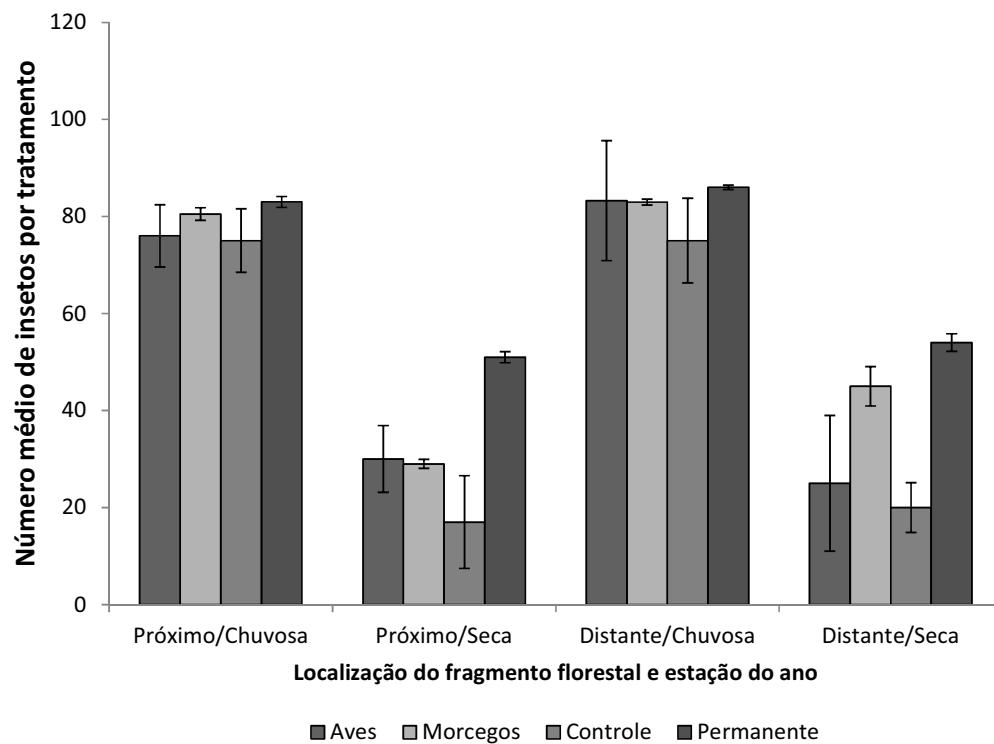


Figura 09. Número médio de insetos herbívoros por tratamento ($\pm$ SE) entre os SAFs próximo e distante do remanescente florestal, amostrados durante as estações seca e chuvosa.

A lista das espécies de aves observadas nos dois SAFs (Tabela 1) revela que a comunidade é composta por 25 espécies, distribuídas em 16 famílias. A dieta destas espécies é basicamente caracterizada como generalista e insetívora. No entanto, existem indivíduos carnívoros comumente encontrados em áreas abertas (Sigrist 2006).

As espécies de morcegos capturadas com o auxílio de redes neblina em cada SAF estão apresentadas na Tabela 2. Foram capturadas oito espécies, distribuídas em três famílias. A caracterização das guildas tróficas propostas por Kalko et al. (1996) revela que cinco destas espécies são consideradas frugívoras, embora consumam esporadicamente insetos, e as outras três são exclusivamente insetívoras.

Tabela I: Lista das espécies de aves observadas nos dois SAFs amostrados (*próximo e distante do fragmento floresta*) durante as duas estações do ano (*seca e chuvosa*). A dieta das espécies foi baseada em Sigris (2006), onde: **In**- insetívoro, **On**- onívoro, **Fr**- frugívoro, **Ca**- carnívoro, **Ge**- generalista e **Gr**-granívoro; **Ne**-nectarívoro.

Família e espécies	SAFs					
	Próximo			Distante		
	Dieta	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Seca
Tyrannidae Vigors, 1825						
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	On	X	X	X	X	X
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	In	X	X	X		X
Rallidae Rafinesque, 1815						
<i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825)	Ca/Ge	-	X	-		-
Cariamidae Bonaparte, 1850						
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	Ca/Ge	-	-	X		X
Cuculidae Leach, 1820						
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	In	X	X	X		X
<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	In	X	X	X		-
<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	In/On	-	X	-		X
Coerebidae d'Orbigny e Lafresnaye, 1838						
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	Ne/In	X	X	X		X

Thraupidae Cabanis, 1847					
Thraupis cyanoptera (Vieillot, 1817)	On	-	X	-	X
Emberizidae Vigors, 1825					
Zonotrichia capensis (Statius Muller, 1776)	In/On	X	X	X	X
Coryphospingus cucullatus (Statius Muller, 1776)	In/On	X	X	X	X
Sporophila caerulescens (Vieillot, 1823)	Gr	X	X	X	X
Sicalis flaveola (Linnaeus 1776)	Gr	X	X	X	X
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766)	Gr/In	X	X	X	X
Icteridae Vigors, 1825					
Icterus cayanensis (Linnaeus, 1766)	On	X	X	-	-
Troglodytidae Swainson, 1832					
Troglodytes aedon (Vieillot, 1809)	In/On	-	X	X	X
Thamnophilidae Swainson, 1824					
Thamnophilus doliatus (Linnaeus, 1764)	In	-	X	-	-
Picidae Leach, 1820					
Picumnus cirratus	In	X	-	-	-
Furnariidae Gray, 1840					

<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	In	X	X	X	X	X
<i>Synallaxis albens</i> Temminck, 1823	In	X	X	X	X	-
Turdidae Rafinesque, 1815						
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	In/Fr	X	-	-	X	X
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	In/Fr	X	-	-	X	X
Mimidae Bonaparte, 1853						
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	In/On	X	-	-	X	X
Strigidae Leach, 1820						
<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	In/Ca	X	-	-	-	-
Caprimulgidae Vigors, 1825						
<i>Nyctidromus albigollis</i> (Gmelin, 1789)	In	X	X	X	-	-

Tabela 2: Lista das espécies de morcegos capturadas com o auxílio de redes neblina nos dois SAFs amostrados (*próximo e distante de fragmentos florestais*) durante as duas estações do ano (*seca e chuvosa*). As guildas tróficas estão baseadas na classificação proposta por Kalko et al. (1996), onde: **IA**- Insetívoros/Aéreos, **FD**-Frugívoros/Dossel e **FS**-Frugívoros/Sub-bosque.

Família e Espécies	SAFs				
	Próximo			Distante	
	Dieta	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
Phyllostomidae Gray 1825					
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	FD	X	-	-	-
<i>Artibeus planirostris</i> Spix, 1823	FD	X	-	-	-
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (E. Geoffroy, 1810)	FS	X	-	-	-
<i>Sturnira lilium</i> (E. Geoffroy, 1810)	FS	X	X	X	X
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	FS	X	X	-	-
Vespertilionidae Gray, 1821					
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	IA	X	X	-	-
Molossidae Gervais, 1855					
<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	IA	X	X	-	X
<i>Molossus rufus</i> E. Geoffroy, 1805	IA	X	X	-	X

4.6. Influência da proximidade do fragmento florestal

Quando analisamos por meio de uma regressão linear simples se a distância do fragmento florestal influencia na proporção de herbivoria foliar, o tratamento controle apresentou uma correlação de 77% (Figura 10), no SAF próximo ao remanescente. Este resultado indica que existiu o aumento na proporção média de herbivoria foliar em função da distância de cada planta em relação ao fragmento florestal, durante a estação seca. Este efeito também ocorreu quando analisamos o tratamento onde as aves insetívoras tinham acesso livre às plantas, o qual apresentou um aumento de 65% (Figura 11) na proporção de herbivoria foliar. No entanto, quando relacionamos o tratamento onde as aves não tinham acesso às plantas ou então quando ambos os grupos de predadores não tinham acesso, não existiu relação ($R^2=0,0006$, $p=0,959$ e $R^2=0,2113$, $p=0,299$ respectivamente).

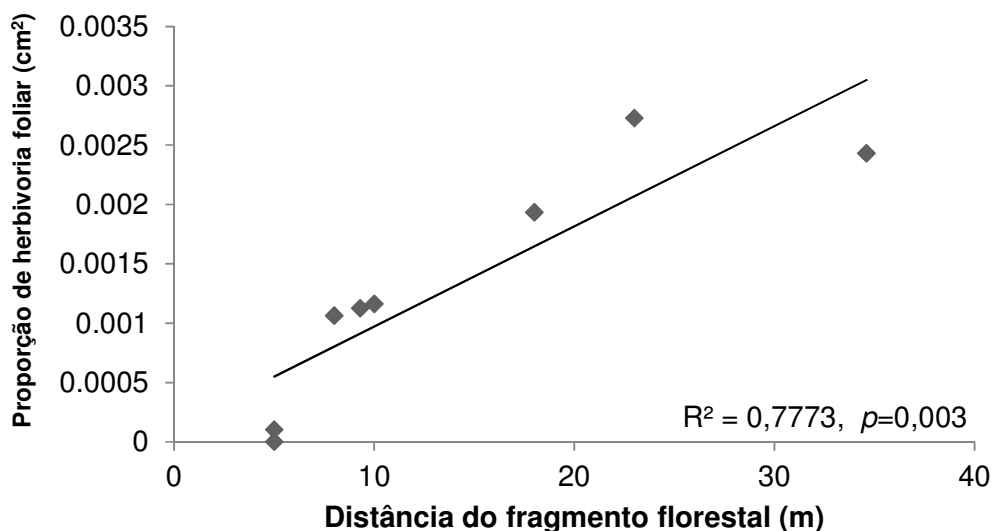


Figura 10. Observamos um aumento na taxa de herbivoria foliar em função do aumento da distância do fragmento florestal no SAF próximo ao fragmento, nas plantas do tratamento controle durante a estação seca.

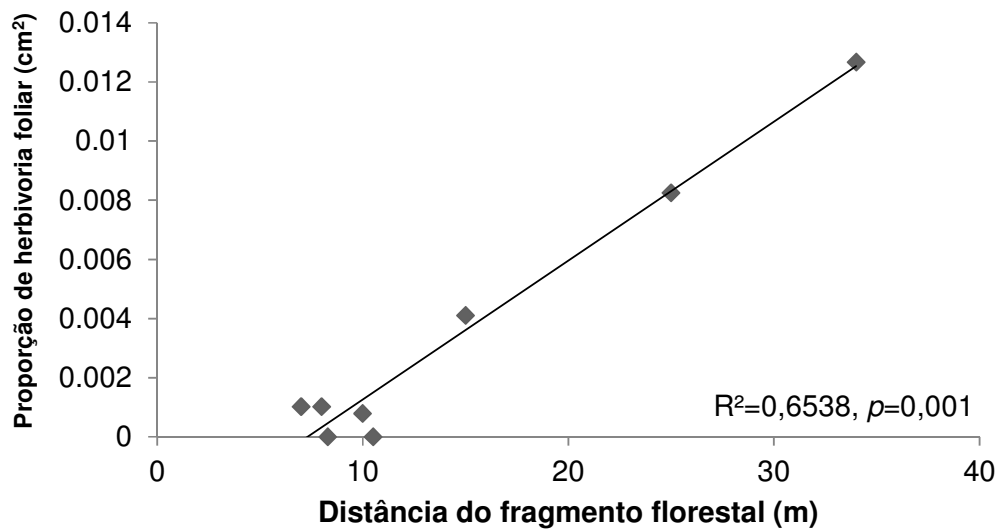


Figura 11. Observamos um aumento na taxa de herbivoria foliar em função do aumento da distância do fragmento florestal no SAF próximo ao fragmento, nas plantas do tratamento onde as aves tinham livre acesso às plantas durante a estação seca.

Durante a estação chuvosa, o tratamento controle apresentou uma correlação de 63% (Figura 12), indicando o aumento na proporção de herbivoria foliar em função do aumento da distância de cada planta em relação ao fragmento florestal no SAF mais próximo ao remanescente durante a estação seca. Este efeito também ocorreu quando analisamos o tratamento onde as aves insetívoras tinham acesso livre às plantas, o qual apresentou um aumento de 79% (Figura 13) na proporção de herbivoria foliar. No entanto, quando relacionamos o tratamento onde as aves não tinham acesso às plantas ou então quando ambos os grupos de predadores não tinham acesso, não existiu relação ($R^2=0,0004, p=0,977$ e $R^2=0,2123, p=0,345$ respectivamente).

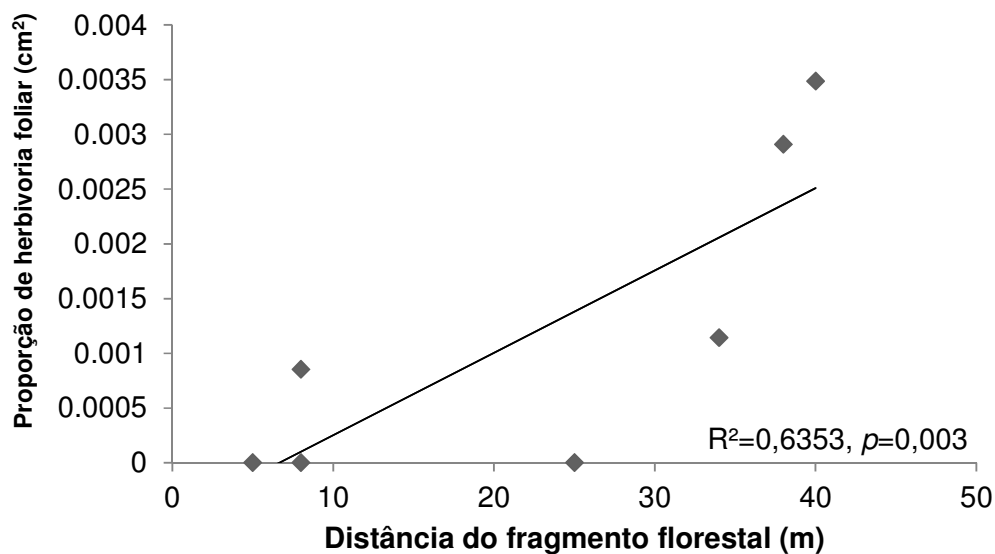


Figura 12. Observamos um aumento na taxa de herbivoria foliar em função do aumento da distância do fragmento florestal no SAF próximo ao fragmento, nas plantas do tratamento controle durante a estação chuvosa.

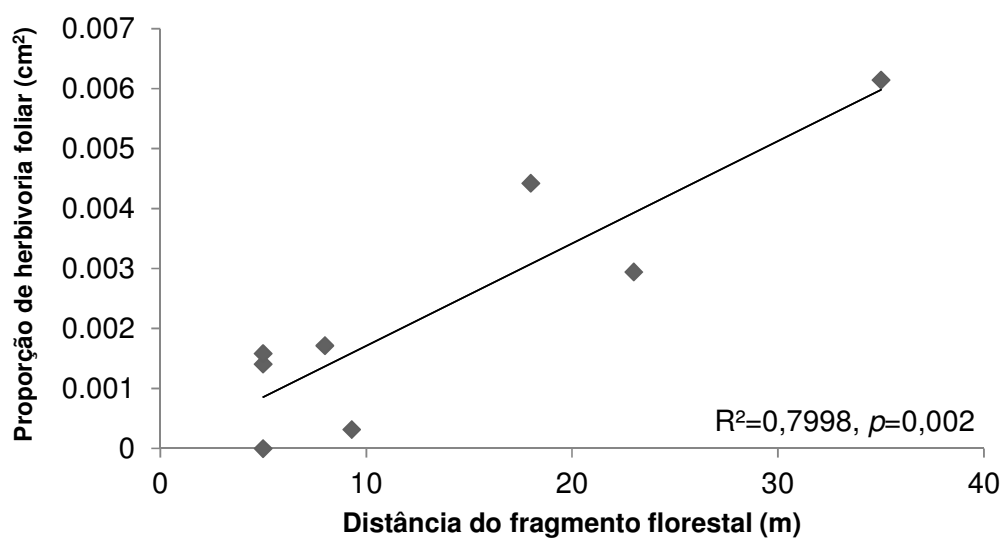


Figura 13. Observamos um aumento na taxa de herbivoria foliar em função do aumento da distância do fragmento florestal no SAF próximo ao fragmento, nas plantas do tratamento onde as aves tinham livre acesso às plantas durante a estação chuvosa.

No entanto, quando analisamos por meio de uma regressão linear simples se a distância do fragmento florestal influencia na proporção de herbivoria foliar no SAF distante do fragmento, nenhum dos tratamentos apresentou correlação. Nossas análises indicaram os seguintes resultados; no tratamento onde excluímos permanentemente o acesso das aves $R^2=0,0438$, $p=0,605$, no que excluímos os morcegos $R^2=0,4414$, $p=0,103$, no tratamento controle $R^2=0,3072$, $p=0,196$ e onde excluímos ambos os grupos de predadores permanentemente $R^2=0,3620$, $p=0,152$ durante a estação seca.

Na estação chuvosa também não existiram correlações, apresentando os valores respectivamente do tratamento onde excluímos permanentemente o acesso das aves $R^2=0,0528$, $p=0,644$, dos morcegos $R^2=0,4460$, $p=0,159$, o tratamento controle $R^2=0,2243$, $p=0,297$ e onde excluímos ambos os grupos de predadores permanentemente $R^2=0,4332$, $p=0,233$.

5.0 Discussão

Com base nos resultados obtidos para o tratamento controle, a distância do SAF em relação ao remanescente de floresta nativa influencia no controle da herbivoria foliar, ao menos durante a estação seca. Adicionalmente, excluído o acesso de aves e morcegos insetívoros aos pés de café e aos artrópodes sobre os mesmos, a herbivoria foliar foi maior no SAF de café distante do remanescente florestal, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Embora tal aumento no dano foliar tenha apenas corroborado diversos estudos anteriores a respeito do efeito da presença de predadores (Holmes et al. 1979, Gradwohl & Greenberg 1982, Moore & Yong 1991, Kalka et al. 2008, Williams-Guillén et al. 2008), a influência da distância de um fragmento de floresta nativa sobre a taxa de herbivoria é pela primeira vez demonstrada.

A herbivoria foliar no SAF próximo ao fragmento florestal foi maior quando excluímos o efeito das aves, indicando a importância deste grupo de predadores no controle de insetos herbívoros. As espécies de aves registradas nos SAFs estudados, em geral, forrageiam em áreas com ou sem cobertura arbustiva (Sigrist 2006) e são comuns em ambientes abertos, se deslocando por meio de arbustos, podendo nidificar nestes ou nas bordas dos fragmentos florestais (Hilty & Brown 1986, Antas & Cavalcanti 1988, Belton 1994, Sigrist 2006). Portanto, a presença de um fragmento florestal junto a um dos SAFs parece ter contribuído para a manutenção de mais indivíduos neste local durante a época reprodutiva (setembro a fevereiro) e/ou durante todo o ano.

Este resultado foi também corroborado pela abundância de artrópodes registrados em cada tratamento. Na ausência dos dois grupos de predadores ou exclusivamente na ausência de um deles, a abundância desses invertebrados foi significativamente maior quando comparado ao tratamento controle, comprovando a eficiência de aves e/ou morcegos no controle de artrópodos nos SAFs de café, como demonstrado por Kalka et al. (2008) e Williams-Guillén et al. (2008).

A contribuição dos morcegos para a redução da herbivoria foliar, no entanto, foi inferior àquela das aves. Essa diferença, provavelmente, está

relacionada ao comportamento alimentar desses grupos, já que o efeito predatório dos morcegos é indireto, uma vez que as espécies registradas nos SAFs predam insetos em voo e não diretamente sobre as plantas, como as aves ali registradas ou mesmo as espécies de quirópteros do gênero *Micronycteris* estudadas por Kalka et al. (2008) e Williams-Guillén et al. (2008). Contudo, o efeito de *Molossus molossus* e *M. rufus* e outros morcegos insetívoros aéreos sobre populações de artrópodes nos SAFs aqui estudados não deve ser desconsiderada, pois estima-se que estas espécies possam consumir quantidades de insetos correspondentes a uma vez e meia o seu peso por noite (Goodwin & Greenhall 1961). Neste particular, cabe ressaltar que vários insetos herbívoros na fase larval têm asas na fase adulta, como é o caso de *Leucoptera coffeella* (Guerin-Méneville e Perrotet, 1842) (Lepidoptera: Lyonitiidae) e de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), as principais pragas dessa cultura e comumente encontradas na área de estudo (obs. pess.).

Assim, o efeito no controle de artrópodes por morcegos pode ter sido subestimado quando comparado com o das aves no presente estudo devido, principalmente, a dois fatores: 1. morcegos insetívoros aéreos das famílias Molossidae e Vespertilionidae, predominantes no local do estudo, contribuíram indiretamente na diminuição da herbivoria em todos os tratamentos; 2. lagartos e artrópodes diurnos podem ter contribuído no controle da herbivoria foliar nos tratamentos em que excluímos o efeito das aves, como sugerido por Kalka et al. (2008), Williams-Guillén et al. (2008), Spiller e Schoener (1994) e Dial e Roughgarden (1995) e 3. os insetos que causam os maiores danos foliares são ápteros durante a fase em que consomem a maior quantidade de material vegetal (fase larval de Lepidoptera), portanto não seriam capturados por morcegos de hábito aéreos e sim pelas aves insetívoras.

O efeito dos répteis no controle da herbivoria, embora não tenha sido mensurado no presente estudo, deve ser levado em consideração, como sugerido por Van Bael et al. (2008), porque muitas espécies de lagartos insetívoros forrageiam nas bordas de fragmentos florestais (Vitt et al. 1999) e, possivelmente, contribuem em sinergia com as aves no controle de artrópodes

diurnos (Kalka et al. 2008). De fato, as espécies *Ameiva ameiva* (Linnaeus 1758) e *Thropidurus torquatus* (Wied, 1820), apresentam dieta insetívora (Iverson 1992) e foram observadas com nas bordas do fragmento florestal adjacente ao SAF. No entanto, répteis apresentam maior atividade durante o verão (estação chuvosa), indicando que o seu efeito predatório poderia ter contribuído apenas durante este período, já que durante o inverno estes animais ficam inativos (Bujes & Verrastro 2008). Isto demonstra que o efeito predatório das aves é bastante expressivo e não está associado com répteis na região deste estudo, pois o controle de insetos foi maior durante a estação seca (inverno), justamente quando os répteis estão inativos.

A proximidade do fragmento florestal contribui para o aumento da oferta de abrigos para aves e morcegos, recurso importante uma vez que aves rapinantes, como Falconiformes e Strigiformes, costumam utilizar áreas com baixa densidade de indivíduos arbóreos como território de caça (Zilio 2006, Sigrist 2006). Assim, a presença de *Falco femoralis* Temminck 1822 e *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788), bem como *Tyto alba* (Scopoli, 1769) e *Megascops choliba* (Vieillot, 1817) na área de estudo, dentre outras espécies de aves carnívoras (Sick 1997, Panasci & Whitacre 2000, Sigrist 2006, Baxter et al. 2006, Breviglieri et al. submetido), pode influenciar a frequência de atividade de aves e morcegos nos SAFs amostrados, fazendo com que estes animais explorem as plantas mais próximas ao refugio, ou seja ao fragmento florestal.

Durante a estação chuvosa, a restrição de acesso dos morcegos aos pés de café resultou em aumento da área foliar consumida por artrópodes no SAF distante do fragmento florestal. Não é obvio qual é o fator que determina a composição da quirópteroфаuna de uma determinada área, já que algumas espécies são limitadas principalmente pela disponibilidade de abrigo e outras pela de alimento (Brosset 1966, Humphrey 1975). Assim, podemos supor que a frequência de morcegos em atividade é maior no SAF que margeia o fragmento florestal, quando comparado ao sistema afastado do mesmo, principalmente em função da heterogeneidade do ambiente. Tal diversidade de ambientes proporciona maior disponibilidade de abrigos e recursos alimentares do que

aquela encontrada em ambientes homogêneos, e desta forma possibilitam a coexistência de diversas espécies de morcegos. De fato, as espécies de Phyllostomidae capturadas no SAF próximo ao fragmento florestal são frugívoras (Galetti & Morellato 1994, Pedro & Taddei 1997), mas consomem poucos insetos em algumas épocas do ano para complementar sua dieta (Zortéa & Mendes 1993, Passos & Passamani 2003). Já os representantes das famílias Molossidae e Vespertilionidae amostrados nos dois SAFs são exclusivamente insetívoros (Reis et al. 2007) e, durante o período de forrageio, apresentam associação negativa com locais que apresentam alta densidade de árvores, restringindo suas atividades ao dossel ou áreas abertas (Fenton & Griffin 1997, Erickinson & West 2003). Dessa forma, sua atividade poderia ser mais intensa no SAF afastado do remanescente florestal, principalmente na estação chuvosa, em função desta época do ano apresentar um aumento da temperatura e do fotoperíodo (Fabián & Marques 1989), das colônias de insetívoros aumentarem em densidade em função da maior oferta de recursos e da época de acasalamento, o que causa também a colonização de novos agrupamentos satélites (Fabián & Marques 1989).

Portanto, o aumento da atividade dos morcegos no SAF distante do fragmento florestal durante a estação chuvosa pode ter ocorrido em função do recrutamento de espécimes insetívoros de *Molossus rufus* e *M. molossus* (Molossidae). Colônias dessas espécies foram encontradas no interior de troncos de dois ipês (*Tabebuia* sp.) que margeiam este SAF (Breviglieri & Uieda, em prep.). Se considerarmos que as fêmeas destas espécies gestam no final de outubro e novembro (Esberárd 2002) poderíamos supor que houve um aumento da atividade local destes animais nesse período. Segundo Fabián & Marques (1989), a primavera é a estação em que os morcegos retornam ao abrigo, com seus números aumentando até atingir um máximo no verão. No outono, os números de morcegos diminuem. Estes declínios populacionais podem estar relacionados com menor competição intraespecífica por presas, sendo que a ocupação de abrigos alternativos pode significar redução dessa competição.

A semelhança na abundância de insetos entre os dois SAFs nas duas estações do ano, ocorreu provavelmente porque insetos herbívoros geralmente alcançam maiores densidades populacionais em monoculturas ou então locais com pouca biodiversidade, devido à dominância de alguns recursos e da homogeneidade do ambiente, como já foi sugerido por Vandermeer (1989). A ausência de diferença na abundância de insetos entre os dois SAFs, pode ser explicada de duas formas: 1. Aves preferencialmente predam insetos grandes, como larvas de Lepidoptera e Orthoptera (Holmes et al. 1979, Gradwohl & Greenberg 1982), enquanto que morcegos insetívoros variam sua dieta em função do tamanho das presas (Hutchinson 1959) e dureza da carapaça dos insetos (Aguirre et al. 2003), consumido geralmente insetos pequenos, principalmente no início da noite (Handley 1967, Reis et al. 2007). Desta forma, os insetos seriam predados de maneira “homogênea” nos dois SAFs. 2. Insetos considerados pragas aumentam sua densidade em função da quantidade de recursos, neste caso, o café.

O aumento na abundância dos insetos na transição da estação seca para a chuvosa nos dois SAFs amostrados, já era esperado e ocorre em função da sazonalidade (Nilakhe & Buainain, 1988), já que a estação chuvosa propicia condições mais favoráveis para a reprodução desse grupo. As diversas monoculturas adjacentes aos SAFs amostrados também podem propiciar o deslocamento de insetos. Segundo Nilakhe e Buainain (1988), insetos se deslocam entre monoculturas e desta forma estas plantações poderiam contribuir para a colonização de insetos nos dois SAFs.

Quando analisamos a influência da proximidade do fragmento florestal aos SAFs, foi possível observar que apenas no SAF próximo ao remanescente florestal existiu a influência da proximidade. Isto pode estar relacionado com a capacidade de deslocamento das aves florestais insetívoras. Segundo nossos resultados, no SAF próximo ao remanescente florestal a herbivoria foliar aumentou em função da distância do remanescente. Provavelmente as aves forrageiam nas plantas mais próximas ao fragmento, diminuindo sua atividade de forma gradativa ao interior do SAF. Isso pode ter relação com a presença de predadores, ou seja, aves de rapina que predam pequenas aves. O fragmento

florestal, além de oferecer alimento e ambientes propícios para a nidificação, também oferece refugio contra os predadores aéreos.

No SAF distante de remanescentes florestais não existiu relação entre a herbivoria foliar e a distância das plantas do remanescente mais próximo. Isso, provavelmente, está relacionado com o grau de isolamento que o SAF apresenta em relação aos ambientes florestais, que causaria uma “independência” deste ambiente em relação às áreas fontes. As espécies de aves e morcegos que forrageiam nestes ambientes provavelmente já residem na plantação ou então vem de plantações adjacentes. Portanto, a posição da planta no SAF não influencia o forrageio das aves insetívoras, já que estas são comumente encontradas em ambientes abertos, isto quando comparado com Safs que margeiam os fragmentos florestais.

A influencia da matriz no processo de colonização dos fragmentos foi observado para comunidades de aves e morcegos presentes em fragmentos florestais e áreas de cabruca na Bahia (Faria et al. 2006). Para Jules et al. (2003) a matriz representa um ambiente dinâmico, principalmente em se tratando do componente agrícola, e os vários tipos de matriz podem provocar diferentes respostas nas comunidades alterando a disponibilidade de recursos para os polinizadores e a dispersão de sementes e herbívoros. Modificações na matriz propiciam oportunidades de redução do grau de isolamento entre os fragmentos e do risco de extinção de populações presentes nessa paisagem (Ricketts 2001).

Outros autores observaram anteriormente uma relação entre a distância dos fragmentos de vegetação nativa e a vantagem advinda do serviço de polinização que o ecossistema presta à cultura (Klein et al. 2003, Kremen et al. 2002, Ricketts et al. 2004, Ricketts 2004). De Marco e Coelho (2004) assim como Ricketts et al. (2004) desenvolveram seus trabalhos avaliando o efeito da presença de fragmentos a uma distância máxima de 1 Km sobre a produtividade de cafezais e verificaram que os polinizadores presentes em tais fragmentos contribuem, em média, com 14,6% e 20% para o aumento da produção de frutos, respectivamente. Para Klein et al. (2003), tanto a riqueza de espécies de abelhas quanto a produção de frutos diminui com o aumento da distância de fragmentos florestais, fato possivelmente relacionado com a

diversidade de espécies sociais que, devido a sua capacidade de recrutamento exercem importante papel na exploração dos recursos florais. Desta forma podemos propor que a presença do fragmento florestal é fundamental para a manutenção de ambientes agrícolas, agindo como fonte de polinizadores e inimigos naturais de pragas associadas às plantações.

6.0 Conclusão

Diversos estudos já demonstraram que as aves e morcegos podem controlar a densidade de insetos e conseqüentemente os danos em florestas, em alguns sistemas agroflorestais ou monoculturas (Marquis & Whelan 1994, Fenton et al. 1998, Forkner & Hunter 2000, van Bael et al. 2003 e 2008, Gruner 2004, Mazia et al. 2004, Frederico et al. 2008, Williams-Guillén et al. 2008). No entanto, este é o primeiro estudo a demonstrar experimentalmente o efeito da proximidade de um remanescente florestal na diminuição da herbivoria em plantas de café que compõem SAFs.

Embora os SAFs já contribuam para aumentar a complexidade estrutural e os recursos oferecidos em uma determinada área, incluindo a biodiversidade local (Greenberg et al. 1997), a proximidade a um remanescente florestal majora esse efeito. Assim, o acréscimo na diversidade animal associada a estes ambientes em relação a monoculturas tradicionais, como descrito por Wunderle e Waide (1993), Nestel et al. (1993), Perfecto e Vandermeer (1994), Vannini (1994), Perfecto et al. (1996), Greenberg et al. (1997) e Johnson (2000), contribui no controle de pragas agrícolas e, conseqüentemente, diminui os danos causados ao meio ambiente e consumidores, uma vez que há menor necessidade de aplicação de agroquímicos, além dos benefícios de manter uma monocultura nas proximidades de uma área fonte de polinizadores.

Dentre as estratégias para aumentar a abundância de aves predadoras de insetos em SAFs afastados de remanescentes florestais estaria a implantação de corredores florestados unindo esses ambientes, favorecendo assim sua dispersão pelo mosaico. O plantio de espécies zoocóricas nestes corredores é desejável, uma vez que em ambientes alterados tendem a atrair

grande quantidade de aves generalistas (Andrade 2003). No caso dos morcegos, além dessas estratégias, a implantação de abrigos artificiais pode ser eficiente. Existem evidências da aplicação bem sucedida desta técnica com a finalidade de substituir cavidades em árvores (Mayle 1999, Kunz & Lumsden 2003). No entanto, vários aspectos de sua eficiência, como instrumento de conservação, ainda não foram reconhecidos, pois a maioria dos estudos relaciona a colonização por morcegos com o formato dos abrigos artificiais (Taake & Hildenhagen 1989, Ciechanowski 2005).

Independente dessas estratégias recomenda-se a manutenção de áreas-fonte de predadores de artrópodos para o controle da herbivoria em SAFs, o que pode contribuir para a redução dos custos de produção, devido ao menor uso de agrotóxicos, bem como para o aumento do valor agregado do produto via marketing ecológico, a exemplo do que já é feito em alguns plantios de café. Na Indonésia, o mamífero *Paradoxurus hermaphroditus* (Pallas, 1777), também conhecido como *indigenous palm civet*, seleciona os melhores grãos de café e os consome, sendo as sementes defecadas coletadas por moradores locais. O café produzido com essas sementes, chamado de *Kopi* (café) *Luwak* (ocelot), é considerado o melhor do mundo e pode custar U\$ 600.00/kg (Marcone, 2004). Outro exemplo desta relação ocorre na África, onde os grãos são consumidos por *Civettictis civetta* Schreber, 1776, produzindo o chamado *African civet* (Marcone 2004).

No Brasil, também existe uma situação parecida na região de Domingues Martins no Espírito Santo, onde é produzido o café chamado "*Jacu Bird Coffee*" a partir de sementes defecadas por jacus (*Penelope* sp. Merrem, 1786). Este café é exportado para várias partes do mundo com o preço variando em média de 320,00/kg (Revista de Cafeicultura 2009).

Percebe-se, portanto, que o papel dos vertebrados insetívoros, inclusive de grupos pouco apreciados pelo homem, como os morcegos, no marketing ecológico ainda é pouco explorado, podendo contribuir para a conservação de remanescentes florestais e da biodiversidade associada. O presente estudo pretende, assim, contribuir nesse sentido, fornecendo evidências da importância dos insetívoros, bem como dos ambientes florestais associados responsáveis pela sua manutenção.

7.0. Referências Bibliográficas

- AB´SABER, A.N. 2003. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.
- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V. 2008. Sistemas Agroflorestais e Agricultura familiar: Uma Parceria Interessante. Revista tecnologia e inovação agropecuária, São Paulo, 1: 50-59.
- AGUIRRE, L. F, HERREL, A, VAN DAMME. R and MATTHYSEN, E. 2003. The implications of food hardness for diets in bats. Functional Ecology, 17, 201-212.
- AIDE, T. M., e J. CAVELIER. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Restoration Ecology 2:219-229.
- AMADOR. D. B. e VIANA. V. M. 1998. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. 12(32),105-110.
- ANDRÉN, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. Oikos, 71:355- 366.
- ANTAS, P.T. e R.B. CAVALCANTI 1988. Aves comuns do Planalto Central. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- ATLEGRIM, O. 1989. Exclusion of birds from bilberry stands: impact on insect larval density and damage to the bilberry. Oecologia79:136–139.

- BAXTER JM, PSYLLAKIS JM, GILLINGHAM MP, O'BRIEN EL 2006
Behavioural Response of Bats to Perceived Predation Risk While
Foraging. *Ethology* 112:977–983.
- BEGON, M.; HARPER, J.L. e TOWNSEND, C.R. 2006. *Ecology: Individuals,
Populations and Communities*. Blackwell, Oxford.
- BELTON, W. 1994. *Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia*. São
Leopoldo: UNISINOS.584p.
- BREVIGLIERI, C. P. B. e PEDRO, W.A. 2010. Diversidade de morcegos em
três áreas do noroeste paulista, Brasil. *Chiroptera Neotropical* 16(1) 90-
92.
- BROSSET. A. 1966. *La Biologie des Chiroptères*. Paris Masson Et Cie. 240p.
- BUJES CS AND VERRASTRO L. 2008. Annual activity of the lizard *Liolaemus
occipitalis* (Squamata, Liolaemidae) in the coastal sand dunes of southern
Brazil. *Iheringia, Ser Zool* 98(1): 156-160.
- CAMPANHA, M. M., R. H. S. SANTOS; G, B, FREITAS; H. E. P. MARTINEZ;
C. J. ARAMILLO-BOTERO e S. L. GARCIA. 2007. Estimativa do
coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e
fitotécnicas. *Revista Árvore*. 31(5): 805-812.
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS.
Boletim personalizado. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>>.
Acessado em 18/06/2012.

- CHIARELLO, A.G. 1999. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in southeastern Brazil. *Biological Conservation*, Liverpool, 89: 71-82.
- CIECHANOWSKI, M. 2005. Utilization of artificial shelters by bats (Chiroptera) in three different types of forest. *Folia Zool.* – 54(1–2): 31–37
- CROOKS, K.R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology*, v.16, n.2, p.488-502.
- DAILY, G.C., ALEXANDER, S., EHRLICH, P.R., GOULDER, L., LUBCHENCO, J., MATSON, P.A, MOONEY, H.A, POSTEL, S., SCHNEIDER, S.H. TILMAN, D. & WOODWELL, G.M. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1 – 16.
- DE MARCO, P.JR. AND COELHO, F.M., 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13:1245-1255 pp.
- DIAL, R. E J. ROUGHGARDEN. 1995. Experimental removal of insectivores from rain forest canopy: direct and indirect effects. *Ecology* 76: 1821-1834.
- ERICKSON, J.L. e S.D. WEST. 2003. Association of bats with local structure and landscape features of forested stands in western Oregon and Washington. *Biological Conservation*, Essex, 109: 95-102.
- ESBÉRARD, C.E.L. e H.G. BERGALLO. 2005. Coletar morcegos por seis ou doze horas a cada noite? *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (4): 1095-1098.

- ESBÉRARD, CEL., 2002. Composição de colônia e reprodução de *Molossus rufus* (E. Geoffroy) (Chiroptera, Molossidae) em um abrigo no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 19, no. 1-2, p. 1153-1160.
- ESTRADA, A., R. COATES-ESTRADA, D. A. MERITT JR., S. MONTIEL E D. CURIEL. 1993. Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 107/108: 245-257.
- FABIÁN, M.E.; MARQUES, R.V. 1989. Contribuição ao conhecimento da biologia reprodutiva de *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (Chiroptera, Molossidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 6:603-610.
- FAHRIG L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 34, p. 487-515.
- FAO State of Food and Agriculture Report (2012). FAO Economic and Social Development Department, Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/003/a1200e/a1200e00.htm>, Accessed on July 01, 2012.
- FAO State of Food and Agriculture Report. (2007). FAO Economic and Social Development Department, Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/010/a1200e/a1200e00.htm>, Accessed on March 27, 2012.
- FARIA, D., LAPS, R.R., BAUMGARTEN, J., AND CETRA, M., 2006. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 15:587-612 pp.

- FENTON, M. B., I. L. RAUTENBACH; J. RYDELL; e H. T. A. J. ORTEGA. 1998. Emergence, echolocation, diet and foraging behavior of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae). *Biotropica*, 30(2): 314-320.
- FENTON, M.B. e D.R. GRIFFIN. 1997. High altitude insect pursuit by echolocating bats. *Journal of Mammalogy*, 78:247- 250.
- FONSECA. G.A.B. e J.G. ROBINSON. 1990. Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. *Biological Conservation*, 53:265-294.
- FORKNER, R. E. and HUNTER, M. D. 2000. What goes up must come down? Nutrient addition and predation pressure on oak herbivores. *Ecology* 81: 1588-1600.
- FEDERICO P, HALLAM TG, MCCracken GF, PURUCKER ST, GRANT WE, CORREA-SANDOVAL A.N, WESTBROOK J.K, MEDELLI'N R.A., C. J. CLEVELAND, C.G. SANSONE, J.D. LOPEZ, JR., M.BETKE, A. MORENO-VALDEZ AND T. H. KUNZ 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecol Appl* 18: 826–837.
- GALETTI, M. e L.P.C. MORELLATO. 1994. Diet of the large fruit-eating bat *Artibeus lituratus* in a forest fragment in Brazil. *Mammalia*, Paris, 58 (4): 661-665.

- GALINDO-GONZÁLEZ, J.; GUEVARA, S.; SOSA, V. J. 2000. Bat-and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14(6): 1693-1703.
- GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD, R.O.; MALCOLM, J.R.; STOUFFER, P.C.; VASCONCELOS, H.L.; LAURANCE, W.F.; ZIMMERMAN, B.; TOUCHER, M. E BORGES, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91: 223-229.
- GOODWIN, G.G. e A.M. GREENHALL. 1961. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, New York, 122 (3): 187-302.
- GRADWOHL, J., and R. GREENBERG. 1982. The effect of a single species of avian predator on the arthropods of aerial leaf litter. *Ecology* 63:581–583.
- GREENBERG, R., BICHIER, P.; ANGON, A. C. e R. REITSMA. 1997. Bird population in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology*. 11:448-459.
- GRUNER, D. S. 2004. Attenuation of top down and bottom up forces in a complex terrestrial community. *Ecology* 85:3010-3022.
- HANDLEY, C. O., 1967, Bats of the canopy of an Amazonian Forest. *Atlas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*, 5: 211-215.
- HARRINGTON, T.C., MCNEW, D., STEIMEL, J., HOFSTRA, D. e FARRELL, R. 2001. Phylogeny and taxonomy of the *Ophiostoma piceae* complex and the Dutch elm disease fungi. *Mycologia* 93:111-136.

- HILTY, L. S. e BROWN, L. W. 1986. A guide to the Birds of Colombia. New Jersey, Princeton University Press. U.S.A.
- HOLMES, R. T., J. C. SCHULTZ, and P. NOTHNAGLE. 1979. Bird predation on forest insects: an exclosure experiment. *Science* 206:462–463.
- HOLMES, R.T., BONNEY Jr., R.E. e PACALA, S.W. 1979. Guild structure of the Hubbard Brook bird community: a multivariate approach. *Ecology* 60(3):512-520.
- HUMPHREY, S. R. 1975. Nursery roosts and community diversity of Nearctic bats. *Journal of Mammalogy*, 56:321-346.
- HUTCHINSON 1959. A speculative consideration of certain possible forms of sexual selection in man. *Amer. Nat.* 93: 81-92.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2009. Divisão de Geração de Imagens, 2009. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/pesquisa2009/>. 2ª Pesquisa sobre o Perfil dos Usuários das Imagens do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres – CBERS - 2009. Cachoeira Paulista, INPE.
- IVERSON, J. B. 1992. A Revised Checklist with Distribution Maps of the Turtles of the World. Edited by the author (privately printed), Indiana, USA, 363pp.
- JOHNSON, M.D. 2000. Effects of shade-tree species and crop structure on the winter arthropod and bird communities in a Jamaican shade coffee plantation. *Biotropica*, 32, 133–145.
- JULES, E.S. AND SHAHANI, P. 2003. A broader ecological context to habitat fragmentation: Why matrix habitat is more important than we thought. *Journal of Vegetation Science*, 14:459-464 pp.

- KALKA. M. B., SMITH, A. R. e E. K. V KALKO. 2008. Bats Limit Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest. *Science*, 320. 5872, 71.
- KALKA M, and KALKO E.K.V. 2006. Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: diet of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 22:1–10.
- KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I. and TSCHARNTKE,T., 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology.*, 40:837-845 pp.
- KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER,I., AND TSCHARNTKE,T., 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270:955-961 pp.
- KOMAR, O. 2006. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International*, 16, 1 – 23.
- KREMEN, C., WILLIAMS,N.M., and THORP,R.W., 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99:16812-16816 pp.
- KUNZ. T. H. and L. F. LUMSDEN. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. *Bat Ecology*. Thomas H. Kunz e M. Brock Fenton. The University of Chicago Press. Chicago and London. 779: 03-89, pp.
- LORENZI H. 2002a. *Árvores Brasileiras*. Editora Instituto Plantarum, I+367p.
- LORENZI H. 2002b. *Árvores Brasileiras*. Editora Instituto Plantarum, II+368p.

- LUNZ A.M.P. 2006. Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol. Tese de Doutorado, USP, 96pp.
- MÄNTYLÄ, E., KLEMOLA, T. & LAAKSONEN, T. 2011. Birds help plants: a meta-analysis of top-down trophic cascades caused by avian predators. *Oecologia*, 165, 143 –151.
- MARCONI M.F. 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International*, 37, 901-912.
- MARQUIS, R. J. and WHELAN, C. J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leafchewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- MAYLE, B.A. 1999. Domestic stock grazing to enhance woodland biodiversity. Forestry Commission Information Note 28.
- MAZIA, C. M., E.J. CHANETON, T. KITZBERGER and L.A. GARIBALDI. 2004. Interannual changes in folivory and bird insectivory along a natural productivity gradient in northern Patagonian forests. *Ecography* 27: 29-40.
- MICHALSKI, F., and PERES, C. A. 2007. Disturbance-mediated mammal persistence and abundance-area relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, 21, 1626–1640.
- MOLS, C. M. M., A. J. VAN NOORDWIJK, and M. E. VISSER. 2005. Assessing the reduction of caterpillar numbers by Great Tits *Parus major* breeding in apple orchards. *ARDEA* 93:259–269.

- MOORE, F. R., and W. YONG. 1991. Evidence of food-based competition among passerine migrants during stopover. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 28:85–90.
- NAIR, P.K.R. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 499pp.
- NESTEL, D., DICKSCHEN, F. e M. A. ALTIERI. 1993. Diversity patterns of soil macro-coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2:70-78.
- NILAKHE, S.S.; BUAINAIN, C.M. 1988. Observations on movement of spittlebug adults. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.123-134.
- PANASCI, T. and WHITACRE, D. 2000. Diet and Foraging Behavior of Nesting Roadside Hawks in Peten, Guatemala. *Wilson Bull*, v. 112, n. 4, p. 555–558.
- PASSOS, J.G. e PASSAMANI, M. 2003. *Artibeus lituratus* (Chiroptera, Phyllostomidae): biologia e dispersão de sementes no Parque do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, Santa Teresa (ES). *Natureza on line* 1(1):1-6.
- PEDRO, W.A. and V.A. TADDEI. 1997. Taxonomic assemblage of bats from Panga Reserve, Southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, N. Sér., Santa Teresa*, 6: 3-21.

- PEDRO, W.A. e P. DE MARCO. 2008. Fragmentação de hábitat e sua influência sobre as comunidades de morcegos no Brasil. *In*: PACHECO, S. M.; R. V. MARQUES e ESBERARD, C.L.E. (Ed.). Morcegos do Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação. Porto Alegre: Armazém Digital. 504 p.
- PERFECTO, I. and J. H. VANDERMEER. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: Reduction of ant diversity resulting from transformations of the coffee ecosystem in Costa Rica. *Entomology, Trends in Agriculture* 2:7-13.
- PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R. e M. E. VAN DER VOORT. 1996. Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity, *BioScience*, 46 (8): 598-608.
- PIMENTEL, D, STACHOW, U, TAKACS, D. A.; BRUBAKER, H. W., DUMAS, A. R., MEANEY, J.J., O'NEIL, J. ONSI, D.E. e D, B. CORZILIUS. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience* 42: 354-362.
- RASBAND, W.S., 2006. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. 2007. Morcegos do Brasil, Londrina.
- REVISTA DE CAFEICULTURA 2009. A revista do agronegócio Café. Agência Impacto Patrocínio, LTDA. Acessado em 26/01/2012 (<http://www.revistacafeicultura.com.br/>).

- RICE, R.A. E GREENBERG, R. 2000. Cacao Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *Ambio* 29(3): 167–173.
- RICKETTS H.T. 2001. The Matrix Matters: Effective Isolation in Fragmented Landscapes. *The American Naturalist* 158: 87-99.
- RICKETTS, T.H., 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18:1262-1271 pp.
- RICKETTS, T.H., DAILY, G.C., EHRLICH, P.R., AND MICHENER, C.D., 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101:12579-12582 pp.
- RICKLEFS, R.E. and MILLER, G.L. 2000. *Ecology*. 4th ed. Freeman, New York.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- SIGRIST, T. 2006. *Aves do Brasil: Uma revisão artística*. 2 Edição. Editora Avis Brasilis, pp 672.
- SPILLER and SCHOENER, T. W. 1994. Lizards reduce food consumption by spiders: mechanisms and consequences. - *Oecologia* 83: 150-161.
- SPILLER, D. A., AND T. W. SCHOENER. 1994. Effects of top and intermediate predators in a terrestrial food web. *Ecology* 75:182–196.
- STACY M. PHILPOTT, I. ARMBRECHT 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31:4, 369-377
- STATSOFT INC. (2004) *STATISTICA for Windows*. StatSoft Inc., Tulsa, OK.
- STEEN, R.W.J. 1990. Recent advances in the use of silage additives

- for dairy cattle. In: Mayne, C.S. Management Issues for the Grassland Farmer in the 1990's. Ed. BGS, Belfast, 1990. P. 87-101.
- TAAKE K. H. e HILDENHAGEN U. 1989: Nine years' inspections of different artificial roosts for forest-dwelling bats in Northern Westfalia: some results. In: Hának V., Horaček I.e Gaisler J. (eds), European Bat Research 1987. Charles Univ. Press, Praha: 487– 493.
- TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33:200–209.
- VAN BAEL, S. A., S. PHILPOTT, R. GREENBERG, P. BICHER, N. BARBER, K. MOONEY and D. GRUNER. 2008. Birds as predators in tropical agroforestry systems: a meta-analysis. *Ecology* 89: 928-934.
- VAN BAEL, S., J. BRAWN, and S. ROBINSON. 2003. Birds defend trees from insect herbivores in a Neotropical forest canopy. *Proceedings National Academy of Sciences*, 100:14 pp.8304-8307.
- VANDERMEER, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- VANNINI, J. P. 1994. Nearctic avian migrants in coffee plantations and forest fragments of south-western Guatemala. *Bird Conservation. Int.* 4:209-232.
- VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; BATISTA, J.L.F. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist Forest. In: LAURANCE, W.F.; BIERREGARD, R.O, ed. *Tropical forest remnants: ecology management and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press. p. 351-365.

- VITT, L. J.; ZANI, P. A. and M. C. ESPÓSITO. 1999. Historical ecology of Amazonian lizards: implications for community ecology. *OYKOS*. 87: 286-294.
- WHITMORE, T. C., 1997, Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. *In*: W. F. Laurance e R. O. Bierregaard (eds.), *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 3-12.
- WILLIAMS-GUILLÉN, K.; PERFECTO, I. e J. VANDERMEER. 2008. Bats Limit Insects in a Neotropical Agroforestry System. *Science*. 320: (5872), p.70.
- WUNDERLE, J. e R. B. WAIDE. 1993. Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. *Condor* 95:904-933.
- WWF Brasil, 2010. Planeta Vivo, Relatório anual de 2010, Biodiversidade, Biocapacidade e desenvolvimento.
- ZILIO, F. 2006. Dieta de *Falco sparverius* (Aves:Falconidae) e *Athene cunicularia* (Aves: Strigidae) em uma região de dunas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 14 (4) 379-392.
- ZORTÉA, M. e S.L. MENDES. 1993. Folivory in the big fruit eating bat, *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, 9: 117-120.

**CONTROLE *TOP-DOWN* POR AVES INSETÍVORAS AUMENTA A
PRODUÇÃO DE CAFÉ EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Crasso Paulo Bosco Breviglieri^{*a} & Sandra Bos Mikich^b

^a Biólogo, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal,
Ecologia e Comportamento Animal. Departamento de Zoologia e Botânica,
IBILCE/UNESP,

São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil.

^b Bióloga, Doutora, Pesquisadora. Laboratório de Ecologia, EMBRAPA
Florestas, Colombo, Paraná, Brasil.

*email: crassopaulo@yahoo.com.br

1.0. Resumo

Os efeitos *top-down* e *bottom-up* são precursores no equilíbrio dos ecossistemas. Atualmente, diversos estudos descrevem seus efeitos na natureza ou em ambientes produtivos, como os sistemas agroflorestais (SAFs). Neste estudo buscamos identificar, por meio de experimentos de exclusão, quais são os efeitos de aves insetívoras na produção de grãos em dois SAFs de café, um consorciado com *Coco* sp. e outro com *Havea* sp.. Observamos uma diminuição de 48% na produção de grãos nos dois SAFs em resposta ao aumento de aproximadamente 300% na taxa de herbivoria foliar causada pela exclusão das aves. Além disso, no SAF consorciado com *Coco* sp. as plantas sem acesso de aves insetívoras produziram frutos com maior massa quando comparadas a plantas onde as aves forrageavam. Estes resultados indicam uma relação tritrófica entre aves insetívoras, insetos herbívoros e cafezais. Diante destas informações podemos inferir que aves insetívoras são essenciais no controle de pragas agrícolas em SAFs de café, de tal forma que arranjos produtivos que conservem a biodiversidade devem ser favorecidos.

Palavras-chave *Agroflorestas, Conservação, diversidade funcional, produção de grãos*

2.0. Introdução

O equilíbrio dos ecossistemas é influenciado principalmente por consumidores e pela disponibilidade de recursos (Hunter & Price 1992, Polis et al. 1997). Algumas pesquisas consideram os inimigos naturais como determinantes da abundância de herbívoros (*top-down*) (Polis 1994, Pace et al. 1999, Persson 1999). Essa abordagem tomou forte impulso com a teoria proposta por Hairston et al. (1960) de que “o mundo é verde” porque os inimigos naturais mantêm as populações de herbívoros a baixas densidades. Outros estudos têm dado ênfase à importância das plantas nesse processo (*bottom-up*), considerando que a impalatabilidade dos tecidos de muitas delas limitam as populações de herbívoros (Erlich & Raven 1964, Finch & Collier 2000). Recentemente, essas duas linhas teóricas têm sido consideradas do ponto de vista em que ambos, inimigos naturais e plantas, interagem atuando sobre o balanço das populações de herbívoros, sem considerar um dos dois efeitos como dominante, mas procurando explorar e entender em que condições um ou outro é favorecido (Hunter 2001, Gratton & Denno 2003, Denno et al. 2005).

Diversos experimentos demonstraram que aves insetívoras podem limitar a abundância de artrópodes e, conseqüentemente, diminuir os danos às plantas em florestas temperadas (Atlegrim 1989, Marquis & Whelan 1994), sistemas agrícolas convencionais (Greenberg 2000) e agroflorestas (Komar 2006). Portanto, a presença destes predadores afeta a comunidade de insetos herbívoros, contribuindo na produção em monoculturas e em sistemas agroflorestais.

Atualmente, os sistemas agroflorestais (SAFs) são vistos como uma ferramenta para a conservação da biodiversidade, além da obtenção de benefícios econômicos, devido à sua multifuncionalidade na paisagem (José 2009). Este papel tem sido enfatizado tanto pelo Millennium Ecosystem Assessment (2005) como pelo comitê Internacional de Avaliação de Ciências Agrárias e Tecnologia para o Desenvolvimento (2008). Existe também um grande interesse na prestação de benefícios financeiros para proprietários de terras e fazendeiros que utilizam práticas de uso de terra que mantêm os serviços ambientais e, desta forma, valorizam o produto frente à sociedade (FAO 2007).

Diversos estudos vêm tentando estimar os efeitos benéficos de SAFs para o meio ambiente e a produção agrícola, como Schroth et al. (2004), que elaboraram a primeira síntese abordando o papel desses sistemas na conservação da biodiversidade em paisagens tropicais, Schroth e Sinclair (2003), que investigaram a influencia de SAFs na melhoria da fertilidade do solo, e Montagnini (2006), que destacou a contribuição de SAFs no sequestro de carbono.

Pesquisas recentes vêm demonstrando que as aves insetívoras são agentes biológicos importantes no controle de artrópodes herbívoros dentro desses sistemas (Perfecto et al. 1996, Rice & Greenberg 2000, Mols et al. 2005), contribuindo significativamente para a diminuição do consumo foliar (Daily et al. 1997, Marquis & Whelan 1994). Esta relação inseto-planta resulta em um efeito *top-down* (van Bael & Brawn 2005), o qual influencia tanto a

produção agrícola quanto a biodiversidade funcional do sistema agroflorestal (Stacy et al. 2006).

A produção mundial de café atingiu 7,0 milhões de toneladas (117 milhões de sacas) em 2010, movimentando cerca de 22 bilhões de dólares. A maior produção encontra-se na América Latina e Caribe, correspondendo a 4,0 milhões de toneladas produzidas (FAO 2012). O Brasil produziu 1,3 milhões de toneladas em 2010, tendo no café uma de suas principais commodities.

Diante deste contexto, procuramos avaliar a influência das aves insetívoras na produção de grãos de café (*Coffea* sp. Lineu) cultivados em dois SAFs distintos em relação a sua composição, com base nas seguintes hipóteses:

1. Com a ausência do efeito predatório das aves insetívoras ocorrerá o aumento da taxa de herbivoria foliar;
2. Com maior taxa de herbivoria foliar as plantas produzirão menos frutos;
3. O comprimento e a massa dos frutos serão menores em função da maior taxa de herbivoria foliar.

3.0. Desenho experimental

3.1. Áreas de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Norte, conhecido como Fazenda Experimental (48°56'W e 21°13'S), com área de 532,80 ha, pertencente ao município de Pindorama, localizado na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. Esta região possui altitudes que variam de 498 a 594 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com verões chuvosos e invernos secos. Durante o período deste experimento, a precipitação anual média foi de 239,94 mm, onde o inverno representou 45,23 mm e o verão 173,35 mm (Ciiagro 2012). A vegetação natural é composta por Floresta Estacional Semidecidual e manchas de Cerrado (Ab'Saber 2003).

Os experimentos foram realizados em dois SAFs de café (*Coffea* sp.), sendo: um consorciado com coco – CC (*Coco* sp.), ocupando 29 ha contíguos a um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, registrado como Reserva Biológica Estadual, com 128 ha, e outro consorciado com seringueira - CH (*Havea* sp.), ocupando 32 ha, distantes, no mínimo, 2 km de remanescentes florestais. Estes SAFs foram implantados em 2001 e desde 2005 não sofrem qualquer tipo de manejo.

3.2. *Herbivoria foliar*

Em cada um dos SAFs de café estudados foram sorteadas 26 plantas de café. Destas, 13 foram envoltas completamente com rede de nylon com malha de 2 cm entre os nós, sem que a rede mantivesse contato com os seus ramos. Este procedimento, conduzido de 05 de agosto de 2011 a 06 de janeiro de 2012, excluiu o acesso das aves às plantas de café, desde o início do desenvolvimento das flores até o amadurecimento dos frutos, sem, contudo comprometer o acesso dos insetos. As outras 13 plantas de cada SAF constituíram o tratamento controle, no qual as aves tinham livre acesso às plantas e aos insetos presentes sobre elas.

Em cada uma das 26 plantas amostrais de cada SAF foram marcados 20 pares de folhas sem danos em fase inicial de crescimento. Somente folhas de ramos jovens foram marcadas já que, segundo Campanha et al. (2007), no período do inverno a planta tende a perder os galhos e as folhas de sua base. A marcação foi feita com uma tira de lã preta presa próximo à inserção do pecíolo no ramo, no início do período de floração, no mesmo dia em que as plantas foram cercadas permanentemente pelas redes.

No início da safra (janeiro/2012), todas as folhas marcadas foram coletadas em conjunto com os dois pares seguintes (resultantes dos meses de amostragem) de cada ramo, tratando cada planta como uma unidade amostral com 120 folhas. Em laboratório, as folhas foram digitalizadas, sendo a área foliar total e a área consumida quantificadas com o auxílio do programa *Image J* (National Institutes of Health 2003). Em seguida, a proporção da herbivoria foi

calculada por meio da seguinte fórmula: herbivoria = área foliar consumida/ área foliar total.

3.3. Produtividade

Quando houve o isolamento das plantas, em agosto de 2011, foram marcados seis ramos de cada um dos 26 indivíduos sorteados em cada SAF, sendo três na porção superior da planta e três em sua base. Estes ramos foram envoltos por redes de filó (*fine mesh*) tão logo as gemas florais estavam maduras e prontas para entrarem em antese (outubro de 2011) com o intuito de proteger as flores e frutos da ação de herbívoros e predadores de sementes (Camargo & Camargo 2001).

No início da safra (janeiro de 2012), os frutos isolados foram coletados, tratando cada planta como uma unidade amostral. Cada fruto foi mensurado em relação ao seu comprimento com paquímetro de precisão de 0,10 mm e pesado em uma balança analítica com precisão de 0,01 g.

3.4. Análises Estatísticas

No SAF CC os dois tratamentos, exclusão de aves VS controle, foram comparados quanto à proporção de herbivoria foliar com uma análise de covariância (ANCOVA), sendo que as covariáveis utilizadas foram a altura e o diâmetro da copa das plantas (medido a 1,5 metro em relação ao solo) após um teste de colinearidade ($R^2=0,1739$, $p=0,3562$). Também comparou-se por meio de uma ANCOVA se existiam diferenças entre a massa, o comprimento e o número de frutos entre os tratamentos, utilizando as mesmas covariáveis.

No SAF CH os mesmos tratamentos foram comparados quanto à proporção de herbivoria foliar por meio de uma análise de covariância (ANCOVA), sendo que a covariável utilizada foi apenas a altura das plantas ($R^2=0,3789$, $p=0,0008$), uma vez que o teste de regressão indicou colinearidade entre as covariáveis “altura e diâmetro” ($R^2=0,1664$, $p=0,0028$). Também comparou-se com uma ANCOVA se existiam diferenças entre a massa, o comprimento e o número de frutos entre os tratamentos, utilizando a mesma covariável. O nível de significância estabelecido foi de 0,05 em todos os casos, e as análises foram feitas utilizando o programa Statistica versão 7.0 (StatSoft 2004).

4.0. Resultados

4.1. SAF CC

No tratamento que eliminou o efeito predatório das aves houve um aumento de 267% na proporção de herbivoria foliar quando comparado ao tratamento controle (Figura 1, Tabela 1). O aumento na taxa de herbivoria foliar resultou na diminuição do número de frutos produzidos por planta, bem como no aumento da massa dos frutos quando os tratamentos foram comparados entre si. A ausência do efeito predatório das aves, contudo, não influenciou o tamanho dos frutos produzidos.

Tabela 1. Resultados da análise de covariância (ANCOVA) comparando os tratamentos “exclusão das aves VS controle” no SAF CC, com as variáveis: proporção de herbivoria foliar consumida (Herbivoria), o número de frutos produzidos (N° de frutos), a massa e o comprimento dos frutos, incluindo as covariáveis “Altura” e “Diâmetro da copa” das plantas.

Comparações	Variáveis e Covariáveis	MS	GL	MQ	F	P
Herbivoria	Tratamentos	1.162301	1	1.162301	22.36213	0.0001
	Altura da planta	0.007115	1	0.007115	0.13688	0.7149
	Diâmetro da copa	0.025337	1	0.025337	0.48747	0.4923
	Erro	1.143479	22	0.051976		
N° de frutos	Tratamentos	0.292818	1	0.292818	25.9120	0.0001
	Altura da planta	0.000914	1	0.000914	0.0809	0.7787
	Diâmetro da planta	0.019805	1	0.019805	1.7526	0.1991
	Erro	0.248610	22	0.011300		
Massa	Tratamentos	0.091943	1	0.091943	19.17228	0.0002
	Altura da planta	0.006050	1	0.006050	1.26147	0.2734
	Diâmetro da planta	0.001813	1	0.001813	0.37816	0.5449
	Erro	0.105503	22	0.004796		
Comprimento	Tratamentos	0.49921	1	0.49921	0.7916	0.3832
	Altura da planta	0.00459	1	0.00459	0.0073	0.9328
	Diâmetro da planta	0.01244	1	0.01244	0.0197	0.8895
	Erro	13.87458	22	0.63066		

4.2. SAF CH

Com a ausência do efeito predatório das aves, ocorreu um aumento de 325% na proporção de herbivoria foliar no SAF CH quando comparada ao tratamento controle (Figura 1, Tabela 2). O aumento na taxa de herbivoria foliar resultou na diminuição do número de frutos produzidos por planta, mas não influenciou a massa ou o tamanho dos frutos produzidos quando comparados os tratamentos.

Tabela 2. Resultados da análise de covariância (ANCOVA) comparando os tratamentos “exclusão das aves VS controle” no SAF CH, com as variáveis: proporção de herbivoria foliar consumida (Herbivoria), o número de frutos produzidos (N° de frutos), a massa e o comprimento dos frutos, incluindo a covariável “Altura das plantas”.

Comparações	Variáveis e Covariáveis	MS	GL	MQ	F	P
Herbivoria	Tratamentos	0.000234	1	0.000234	6.221703	0.0202
	Altura da planta	0.000086	1	0.000086	2.275533	0.1450
	Erro	0.000867	23	0.000038		
N° de frutos	Tratamentos	0.446890	1	0.446890	4.48865	0.0451
	Altura da planta	0.005536	1	0.005536	0.05560	0.8156
	Erro	2.289883	23	0.099560		
Massa	Tratamentos	0.003485	1	0.003485	0.30366	0.5869
	Altura da planta	0.010932	1	0.010932	0.95253	0.3392
	Erro	0.263956	23	0.011476		
Comprimento	Tratamentos	0.2530	1	0.2530	0.5330	0.4727
	Altura da planta	0.0169	1	0.0169	0.0355	0.8521
	Erro	10.9178	23	0.4747		

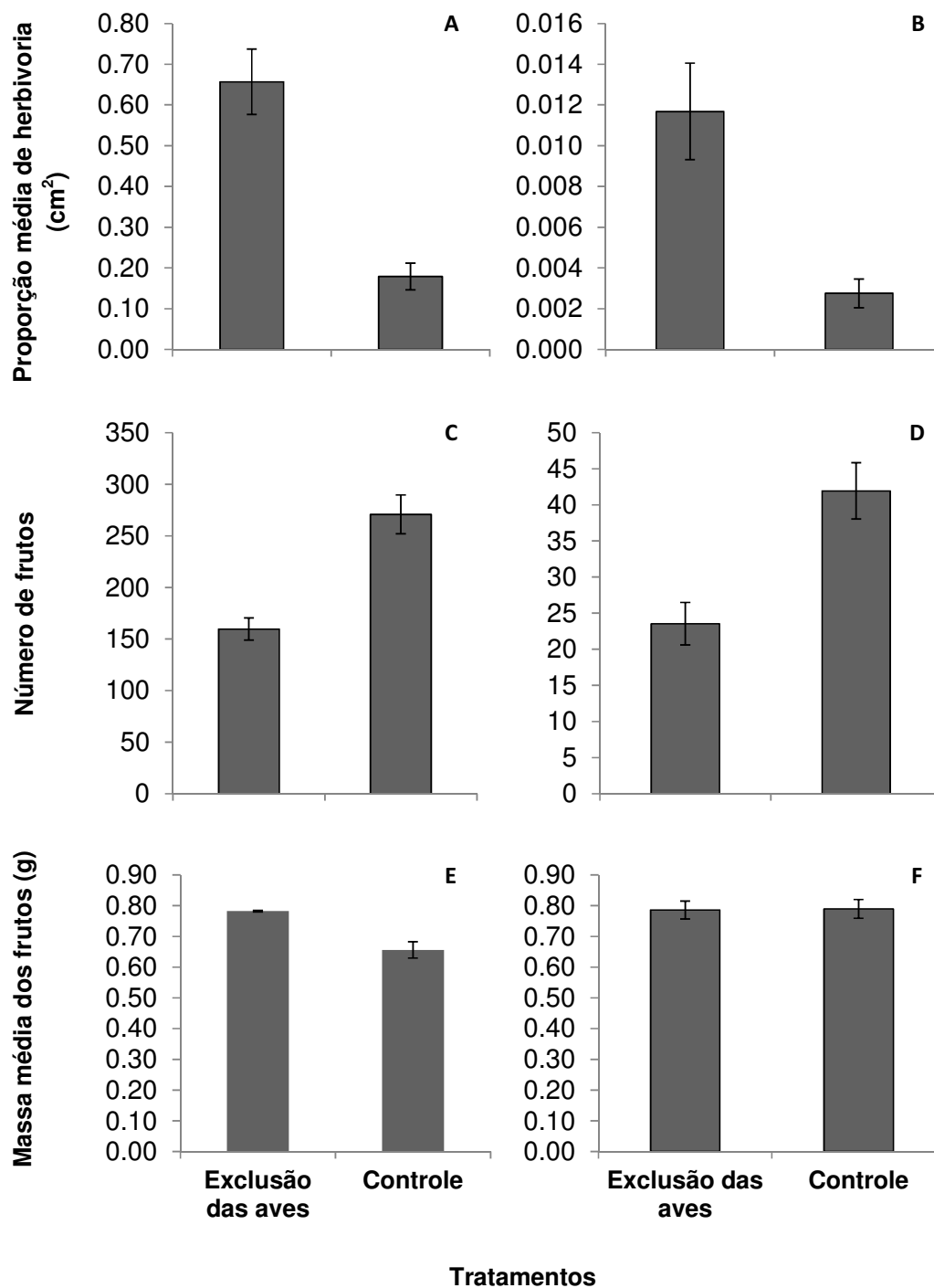


Figura 1. Diferença média na proporção de herbivoria foliar (A e B), no número de frutos produzidos (C e D) e na massa dos frutos produzidos (E e F) ($\pm$ erros padrões), entre os dois tratamentos (exclusão das aves VS controle) nas plantas de café cultivadas no SAF com coco (A, C, E) e com seringueira (B, D, F), segundo o teste ANCOVA.

5.0. Discussão

Comprovou-se que a presença das aves insetívoras é essencial para o controle de insetos herbívoros em diferentes SAFs de café e que este controle provoca um efeito positivo, do tipo *top-down* na produção de grãos. Portanto, os consórcios de café são duplamente favorecidos pela presença de predadores insetívoros, neste caso as aves. Resultados sobre cascatas tróficas ajudam a compreender o efeito causado no ambiente pela remoção de predadores de topo devido às ações antrópicas, como a redução populacional de vertebrados insetívoros em função da conversão da paisagem natural em monoculturas, bem como os reflexos destas modificações na estrutura da comunidade (Paine 1980, Pace et al. 1999).

Vários estudos abordam relações entre herbívoros e plantas ou predadores e herbívoros, mas raramente estes estudos são feitos ao mesmo tempo e local, explorando todos os níveis tróficos (Mäntylä et al. 2011). Embora van Bael et al. (2008) tenham explorado o efeito de morcegos insetívoros no controle de herbivoria foliar em cafezais, o presente estudo é o primeiro a demonstrar experimentalmente que predadores insetívoros influenciam na produção de café em SAFs consorciados com diferentes espécies.

Houve diferença na taxa de herbivoria foliar entre os dois SAFs no tratamento de exclusão das aves, tendo esta taxa sofrido aumento mais expressivo no SAF CH do que no SAF CC. Essa diferença pode estar relacionada à presença de um fragmento florestal margeando o SAF CC que atua como fonte de predadores de insetos herbívoros, além das aves, muitos dos quais encontram habitat adequado também nos SAFs. De fato, esses

sistemas fornecem um importante habitat para as aves migratórias, como também para artrópodes, morcegos, pequenos mamíferos não voadores e anfíbios (Greenberg et al. 1997, Perfecto et al. 2007). Segundo Komar (2006) SAFs de café são fundamentais para a conservação de aves migratórias e estes ambientes apresentam riqueza de espécies intermediária quando comparados a monoculturas e remanescentes florestais. Também as características da paisagem, incluindo proximidade de fragmentos florestais e abundância de habitats de borda, ao redor dos SAFs, podem, segundo Tejeda-Cruz e Sutherland (2004), afetar positivamente a população de aves.

Os fatores responsáveis pela manutenção da riqueza e abundância de aves são importantes do ponto de vista conservacionista e econômico, uma vez que as aves fornecem serviços ambientais importantes, inclusive em sistemas produtivos. As aves são importantes dispersores de sementes (Sekercioglu 2006) e também desempenham papéis críticos como agentes controladores de pragas dentro de agroecossistemas de café (Greenberg et al. 2000, Perfecto et al. 2004, Borkhataria et al. 2006, Kellermann et al. 2008, van Bael et al. 2008, Johnson et al. 2009, Philpott et al. 2009), tanto cultivados em pleno sol quanto sombreados (Greenberg et al. 2000, Philpott et al. 2004). De fato, esses predadores controlam as explosões populacionais de algumas pragas associadas exclusivamente aos cafezais (Perfecto et al. 2004), como a broca do café, *Hypothenemus hampei* (Borkhataria et al. 2006, Kellermann et al. 2008, Johnson et al. 2009) e o bicho-mineiro, *Leucopoptera coffella* (Borkhataria et al. 2006). Desta forma, a manutenção da riqueza de espécies ou da diversidade funcional de aves é fundamental para manter o controle sobre as

populações de artrópodes tanto em SAFs quanto em monoculturas (Perfecto et al. 2004, Van Bael et al. 2008, Philpott et al. 2009).

O comprimento dos frutos não apresentou diferenças entre os tratamentos, mas a massa média dos frutos produzidos no SAF CC foi maior do que aquela do SAF CH, quando comparamos os dois tratamentos. Em resposta ao efeito dos herbívoros, as plantas podem compensar a perda de tecido, respondendo por diferentes mecanismos morfológicos e fisiológicos, como por exemplo, aumentando as taxas fotossintéticas ou mobilizando as reservas nutricionais (Rosenthal & Kotanen 1994), realocando-as em sua reprodução (Hendrix 1988). Geralmente a remoção de uma pequena quantidade de área foliar das plantas resulta no aumento do aborto dos frutos (Obeso 1993), desta forma influenciando negativamente a produtividade das plantas. Contudo, a herbivoria foliar resulta em diferentes respostas reprodutivas em plantas lenhosas, como por exemplo, a diminuição de frutos por inflorescência, a menor produção de sementes por fruto ou a redução do peso das sementes (Obeso 1993). No SAF CH, as plantas não modificaram a massa dos frutos em resposta à herbivoria foliar, como observado no SAF CC. Isto pode estar relacionado ao sombreamento, já que a copa da seringueira, que compõe o CH, produz mais sombra que a sombra do coqueiro, presente no CC. Como já constatado por diversos estudos, o sombreamento influencia negativamente a produção de café (Hernández et al. 1997), entretanto, a maioria desses foi conduzida sob sombra muito densa (Ricci et al. 2006), o que induz o crescimento da planta em busca de luminosidade. Portanto, a massa dos frutos pode não ter aumentado em resposta à herbivoria foliar, como

esperado, em função do retardo de seu desenvolvimento provocado pelo sombreamento, já que os frutos competem por nutrientes com os ramos jovens durante o crescimento vegetativo (Kumar 1979).

A ausência do efeito predatório das aves levou ao aumento da taxa de herbivoria foliar e à diminuição da produção de grãos em torno de 45% em ambos os SAFs. Baseado nesses resultados é possível considerar que, na falta do serviço de controle de herbívoros exercido pelas aves, o lucro do produtor de café diminuiria proporcionalmente, de tal forma que, com base no preço atual da saca de café (*Coffea arabica*) de 60 kg, avaliada em US\$ 192.00 (CEPEA/ESALQ, 2012), o produtor teria um prejuízo de US\$ 86.40 por saca. Evidencia-se, dessa forma, a importância das aves insetívoras na produção de frutos e de uma importante commodity, que correspondeu a 7,0 milhões de toneladas produzidas no mundo em 2010 (FAO 2012).

Para controlar pragas agrícolas os produtores recorrem à utilização de agrotóxicos e o uso destes compostos por unidade de área é um dos problemas da agricultura mundial (Primavesi 1997). O Brasil é o segundo maior consumidor de pesticidas do mundo, utilizando 10 kg por hectare cultivado, o que corresponde a um aumento de 43% no consumo destas substâncias nos últimos cinco anos. Estima-se que o consumo de agrotóxicos movimentaram US\$ 8.5 bilhões no Brasil em 2011 (Sindag 2012). Esta prática tem provocado a contaminação dos recursos naturais e, consequentemente, prejuízos ao homem e à biodiversidade (Krobes et al. 2010). Portanto, o investimento em agrotóxicos poderia ser convertido para a conservação de

predadores naturais, diminuindo, dessa forma, os danos causados por estes produtos ao ambiente.

6.0. Conclusão

Neste estudo comprovamos que aves insetívoras reduzem significativamente a herbivoria foliar em SAFs de café e que este efeito predatório reflete positivamente na produção de grãos, indicando uma relação tritrófica (*top-down*) entre aves insetívoras, insetos herbívoros e cafezais. Estes resultados são importantes para a compreensão das relações entre predadores e presas em ecossistemas produtivos. Eles também indicam que o produtor poderia intensificar a produção adotando programas para a conservação de aves insetívoras, as quais contribuiriam como predadores naturais de pragas agrícolas.

7.0. Referências

- AB´SABER, A.N. 2003. *Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*, Ateliê Editorial.
- ATLEGIM, O. 1989. Exclusion of birds from bilberry stands: impact on insect larval density and damage to the bilberry. *Oecologia*, 79, 136 - 139.
- BORKHATARIA, R.R., COLLAZO, J.A. & GROOM, M.J. 2006. Additive effects of vertebrate predators on insects in a Puerto Rican coffee plantation. *Ecological Applications*, 16, 696 - 703.
- CAMARGO, A.P. & CAMARGO, M.B.P. 2001. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60, 65 - 68.
- CAMPANHA, M.M., SANTOS, R.H.S., FREITAS, G.B., MARTINEZ, H.E.P., ARAMILLO-BOTERO, C.J. & GARCIA, S.L. 2007. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. *Revista Árvore*, 31, 805 - 812.
- CAMPANHA, M.M., SANTOS, R. H. S. DE FREITAS, G.B. MARTINEZ, H.E.P., GARCIA, S.L.R., & FINGER, F. L. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, 63, 75 - 82.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. 2012. Departamento de Economia, Administração e Sociologia (DEAS).

Indicador *café* *arábica* CEPEA/ESALQ.

<http://cepea.esalq.usp.br/leite/page.php>. Accessed on July 01, 2012.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS –
CIAGRO 2012. Boletim personalizado. <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>.
Accessed on September 30, 2012.

DAILY, G.C., ALEXANDER, S., EHRLICH, P.R., GOULDER, L., LUBCHENCO,
J., MATSON, P.A, MOONEY, H.A, POSTEL, S., SCHNEIDER, S.H.
TILMAN, D. & WOODWELL, G.M. 1997. Ecosystem services: benefits
supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1
– 16.

DENNO, R.F., LEWIS, D. & GRATTON, C. 2005. Spatial variation in the
relative strenght of top-down and bottom-up forces: causes and
consequences for phytophagous insect populations. *Annales Zoologici
Fennici*, 42, 295 – 311.

ERLICH, P.R., & RAVEN, P.H. 1964. Butterflies and plants: a study in
coevolution. *Evolution*, 18, 586 – 608.

FAO State of Food and Agriculture Report. (2007). FAO Economic and Social
Development Department, Corporate Document Repository.
<http://www.fao.org/docrep/010/a1200e/a1200e00.htm>, Accessed on March
27, 2012.

FAO State of Food and Agriculture Report (2012). FAO Economic and Social
Development Department, Corporate Document Repository.

- <http://www.fao.org/docrep/003/a1200e/a1200e00.htm>, Accessed on July 01, 2012.
- FINCH, S. & COLLIER, R.H. 2000. Host-plant selection by insects: a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96, 91 – 102.
- GRATTON, C. & DENNO, R.F. 2003. Seasonal shift from bottom-up to top-down impact in phytophagous insect populations. *Oecologia*, 134, 487 – 495.
- GREENBERG, R., BICHER, P., ANGON, A.C., MACVEAN, C., PEREZ, R. & CANO, E. 2000. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. *Ecology*, 81, 1750 – 1755.
- GREENBERG, R., BICHER, P.A., ANGON, C. & REITSMA, R. 1997. Bird population in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology*, 11, 448 – 459.
- HAIRSTON, N.G., SMITH, F.E. & SLOBODKIN, L.B. 1960. Community structure, population control, and competition. *American Naturalist*, 94, 421 – 425.
- HENDRIX, S.D. 1988. Herbivory and its impact on plant reproduction. *Plant Reproductive Ecology: patterns and strategies*. (eds J. L. Doust & L. L. Doust), pp. 246 – 266. Oxford University Press, USA.
- HERNÁNDEZ, O., BEER, J. & VON PLATEN, H. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra, producción de madera (*Cordia alliodora*) y

- análisis financiero de plantaciones com diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 4, 8 – 13.
- HUNTER, M.D. 2001. Multiple approaches to estimating the relative importance of top-down and bottom-up forces on insect populations: experiments, life tables, and time-series analysis. *Basic and Applied Ecology*, 2, 295 – 309.
- HUNTER, M.D. & PRICE, P.W. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology*, 73, 724 – 732.
- INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT. 2008. Executive summary of the synthesis report.
http://www.agassessment.org/docs/SR_Exec_Sum_280508_English.htm,
 Accessed on March 27, 2012.
- JOHNSON, M.D., LEVY, N.J., KELLERMANN, J.L. & ROBINSON, D.E. 2009. Effects of shade and bird predation on arthropods and leaf damage on coffee farms in Jamaica's Blue Mountains. *Agroforestry Systems*, 76, 139 – 148.
- JOSE, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: na overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1 – 10.
- KELLERMANN, J.L., JOHNSON, M. D., STERCHO, A.M. & HACKETT, S.C. 2008. Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology*, 22, 1177 – 1185.

- KOMAR, O. 2006. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International*, 16, 1 – 23.
- KÖRBES, D., SILVEIRA, A.F., HYPPOLITO, M.A., & MUNARO, G. 2010. Alterações no sistema vestibulococlear decorrentes da exposição ao agrotóxico: revisão de literatura. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 15, 146 – 152.
- KUMAR, D. 1979. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L: a review. *Kenya Coffee*, 44, 9 – 47.
- MÄNTYLÄ, E., KLEMOLA, T. & LAAKSONEN, T. 2011. Birds help plants: a meta-analysis of top-down trophic cascades caused by avian predators. *Oecologia*, 165, 143 – 151.
- MARQUIS, R.J. & WHELAN, C.J. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leaf chewing insects. *Ecology*, 75, 2007 – 2014.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington.
- MOLS, C.M.M., VAN NOORDWIJK, A.J. & VISSER, M.E. 2005. Assessing the reduction of caterpillar numbers by Great Tits *Parus major* breeding in apple orchards. *Ardea*, 93, 259 – 269.
- PETITI, B. & MONTAGNINI, F. 2006. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233, 338 – 343.

- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. 2003. *ImageJ*, version 1.43. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://rsbweb.nih.gov/ij>.
- OBESO, J.R. 1993. Does defoliation affect reproduction in herbaceous perennials and woody plants in different ways? *Functional Ecology*, 7, 150 – 155.
- PACE, M.L., COLE, J.J., CARPENTER, S.R. & KITCHELL, J.F. 1999. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 14, 483 – 488.
- PAINE, R.T. 1980. Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49, 667 – 685.
- PERFECTO, I., ARMBRECHT, I., PHILPOTT, S.M., SOTO-PINTO, L. & DIETSCH, T.M. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. *The Stability of Tropical Rainforest Margins, Linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation*. (eds Tscharntke, T., Leuschner, C., Zeller, M., Guhadja, E. & Bidin, A.), pp. 227-264, Environmental Science Series. Springer Verlag, Berlin.
- PERFECTO, I., RICE, R., GREENBERG, R. & VAN DER VOORT, M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46, 598 – 608.
- PERFECTO, I., VANDERMEER, J.H., BAUTISTA, G.L., NUNEZ, G.I., GREENBERG, R., BICHER, P. & LANGRIDGE, S. 2004. Greater

- predation in shade coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, 85, 677 – 2681.
- PERSSON, L. 1999. Trophic cascades: abiding heterogeneity and the trophic level concept at the end of the road. *Oikos*, 85, 385 – 397.
- PHILPOTT, S., GREENBERG, R., BICHIER, P. & PERFECTO, I. 2004. Impacts of major predators on tropical agroforest arthropods : comparisons within and across taxa. *Oecologia*, 40, 140 – 149.
- PHILPOTT, S.M., SOONG, O., LOWENSTEIN, J., PULIDO, A., TOBAR-LOPEZ, L.D. & DECLERCK, F.D. 2009. Functional traits and ecosystem services: bird predation on arthropods in tropical agroecosystems. *Ecological Applications*, 19, 1858 – 1867.
- POLIS, G.A. 1994. Food webs, trophic cascades and community structure. *Australian Journal of Ecology*, 19, 121 – 136.
- POLIS, G.A., ANDERSON, W.B. & HOLT, R.D. 1997. Towards an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially sub-sided food webs. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 28, 289 – 316.
- PRIMAVESI, A. 1997. *Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura*. São Paulo, Editora Nobel.
- RICCI, M.S.F., COSTA, J.R., PINTO, A.N. & SANTOS, V.L.S. 2006. Organic cultivation of coffee cultivars grown under full sun and under shading. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 569 – 575.

- RICE, R.A. & GREENBERG, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*, 29, 167 – 173.
- ROSENTHAL, J.P. & KOTANEN, P.M. 1994. Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology and Evolution*, 9, 145 – 148.
- SCHROTH, G., FONSECA, G.A.B., HARVEY, C.A., GASCON, C., VASCONCELOS, H.L. & IZAC, A.N. 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*, Island Press, Washington, USA.
- SCHROTH, G. & SINCLAIR F.L. 2003. Impacts of trees on the fertility of agricultural soils. *Trees, Crops and Soil Fertility: concepts and research methods*. (eds Schroth, G. & Sinclair, F.L.), pp. 1 – 13. CAB International, Wallingford, UK.
- SEKERCIOGLU, C.H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 464 – 471.
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA- SINDAG. 2012. Uso de defensivos é intensificado no Brasil. http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2278. Acessed in March 2012.
- PHILPOTT, S.M. & ARMBRECHT., I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*, 31, 369 – 377.
- STATSOFT. 2004. *Statistica*, version 7.0. Windows. StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.

- TEJEDA-CRUZ, C. & SUTHERLAND, W.J. 2004. Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation*, 7, 169 – 179.
- VAN BAEL, S.A. & BRAWN. J.D. 2005. The direct and indirect effects of insectivory by birds in two contrasting neotropical forests. *Oecologia*. 143, 106 – 116.
- VAN BAEL, S.A., PHILPOTT, S., GREENBERG, R., BICHIER, P., BARBER, N., MOONEY, K. & GRUNER, D. 2008. Birds as predators in tropical agroforestry systems: a meta-analysis. *Ecology*, 89, 928 - 934.