



**AMANDA FIALHO**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA MUDANÇA DE  
USO DO SOLO NA MATA SECA UTILIZANDO  
SCARABAEINAE (COLEOPTERA) COMO  
BIOINDICADORES**

**LAVRAS – MG**

**2014**

**AMANDA FIALHO**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA MUDANÇA DE USO DO SOLO NA  
MATA SECA UTILIZANDO SCARABAEINAE (COLEOPTERA) COMO  
BIOINDICADORES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Júlio Louzada

**LAVRAS – MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Fialho, Amanda.

Avaliação dos efeitos da mudança de uso do solo na mata seca  
utilizando Scarabaeinae (Coleoptera) como bioindicadores / Amanda  
Fialho. – Lavras : UFLA, 2014.

112 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada.

Bibliografia.

1. Florestas tropicais. 2. Projeto Jaíba. 3. Rola bosta. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 595.7649045222

**AMANDA FIALHO**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA MUDANÇA DE USO DO SOLO NA  
MATA SECA UTILIZANDO SCARABAEINAE (COLEOPTERA) COMO  
BIOINDICADORES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de março de 2014.

Dr. Luis Claudio Silveira	UFLA
Dra. Carla Ribas	UFLA
Dra. Sabrina Almeida	UFV
Dr. Rodrigo Fagundes Braga	UNFMG

Dr. Júlio Louzada  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

Dedico,  
Ao meu filho, Lucas...

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante esse período e pela bolsa do estágio internacional.

Aos professores do Departamento de Entomologia e do Setor de Ecologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Dr. Júlio Louzada pela orientação e seus valiosos ensinamentos.

Aos pesquisadores Federico Escobar e Matthias Rös que me receberam no INECOL - Instituto de Ecología, Xalapa, México.

Ao Dr Rodrigo Fagundes, não somente pela amizade, mas também por todo apoio em momentos decisivos da minha vida profissional.

À minha família fraterna “Rolabosteira” Dr<sup>a</sup>. Vanesca Korasaki, Dr<sup>a</sup>. Ronara Ferreira, Lívia Audino, Cristiane Queiróz, Felipe França, Cris Super, André, Wallace Beiroz, Rafaella, Fabinho, Luiza Gomide e à querida Sabrina Almeida.

Aos meus amigos inseparáveis, Vânia de Sá, Júlio César, Lino e Leo que tanto me apoiaram nos últimos momentos.

À grande amiga, Nádia Magalhães, secretária da Rural Minas, que foi meu apoio durante as coletas de campo. E a todas as pessoas que me receberam tão bem na cidade de Mocambinho, MG.

Ao Sr. Zilton Camilo do Carmo (*in memoriam*), gerente da Epamig/Mocambinho, pela confiança em me ceder espaço para trabalhar.

Aos produtores familiares do Projeto Jaíba, por desenvolver esse trabalho tão importante para todos nós.

Aos amigos do departamento de Ecologia e Entomologia da UFLA, pelos momentos inesquecíveis durante essa caminhada, principalmente, à querida Auxiliadora Jacob por seu apoio, carinho e amizade.

À minha mãe, pai e irmãos: Maria Auxiliadora Caiafa Fialho, Sebastião Anael Fialho, Alex Fialho e Anô Fialho. Agradeço a paciência e por me aceitarem mesmo com toda ausência e distância.

Ao meu tio Egidio Caiaffa (*in memoriam*) por acreditar...

À Lucas Caiafa Cardoso Reis (meu filho nessa terra), pelo companheirismo, apoio, carinho, atenção, proteção e admiração a mim dedicados.

A Deus, por permitir que eu viva esses momentos e conheça todas essas pessoas maravilhosas, durante esse pedacinho da minha vida.

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não havia pobreza no mundo e ninguém morreria de fome.”

*Mahatma Gandhi.*

## RESUMO GERAL

O norte do estado de Minas Gerais abriga uma extensa área, formada por florestas tropicais secas, conhecidas como mata seca. Em virtude da exploração agrícola, essa região sofreu transformações em sua paisagem natural, resultando em intensa heterogeneidade no uso do solo. As análises de perda de diversidade, associadas as suas conseqüências na funcionalidade dos ecossistemas, fornecem uma melhor compreensão de como as atividades humanas, em diversos graus, podem influenciar na estrutura e funcionamento do ecossistema. Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar os efeitos dos diferentes sistemas de uso do solo na estrutura da comunidade, composição e nas funções ambientais que os Scarabaeinae realizam em áreas de mata seca e sistemas agrícolas adjacentes. Foram realizadas coletas de besouros Scarabaeinae, na época das chuvas, com a instalação de armadilhas tipo pitfall, em 32 áreas, distantes entre si, no mínimo de 500 m e divididas entre cinco tipos de uso do solo (mata seca, monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo). Para estudos relacionados às funções realizadas pelos Scarabaeinae, foram utilizadas arenas de avaliação das funções ambientais, verificando os efeitos das mudanças de uso do solo na remoção de fezes, revolvimento de solo, controle de moscas. Não foram encontradas diferenças na riqueza para os sistemas de uso do solo estudados. Pelos resultados demonstra-se que o sistema natural de mata seca apresenta diferença de composição quando comparado aos demais sistemas agrícolas. Seguindo uma tendência oposta de outros estudos realizados em florestas tropicais, a biomassa e abundância de escarabeíneos foram maiores nos sistemas agrícolas do que nos sistemas natural de mata seca. Esse padrão está associado à resposta do *Dichotomius geminatus* aos sistemas agrícolas, apresentando grande dominância, o que não acontece na mata seca. As áreas de monocultivo arbóreo, agropastoril e policultivo foram as com as maiores médias de abundância e biomassa de escarabeíneos. As funções ecológicas realizadas pelos besouros (remoção de fezes, revolvimento do solo e controle potencial de moscas) se mostraram maior nos sistemas agrícolas de mata seca. Com os resultados permite-se afirmar que os sistemas agrícolas promoveram a manutenção dos Scarabaeinae e incrementaram a realização dos serviços ambientais, possivelmente, em decorrência da manutenção de sistemas mais úmidos e sombreados, o que contrasta com as áreas de mata seca, onde a luminosidade e falta de água excessiva limitam o tamanho das populações de scarabeíneos.

Palavras-chave: Floresta tropical seca. Scarabaeinae. Projeto Jaíba. Besouro rola-bosta.

## GENERAL ABSTRACT

The northern region of the state of Minas Gerais, Brazil, presents an extensive area, formed by dry tropical forests, known as dry forest. In virtue of agricultural exploration, this region has suffered transformations in its natural landscape, resulting in intense heterogeneity in soil use. The analysis of diversity loss, associated with its consequences in ecosystem functionality, provide a better understanding of how human activity, in different degrees, might influence the ecosystem's structure and functionality. This work was performed with the objective of analyzing the effects of different systems of soil use in the structure of the community, composition and environmental functions that the Scarabaeinae perform in dry forest areas and adjacent agricultural systems. Scarabaeinae beetles were collected during the rainy season, by means of the installation of pitfall traps, in 32 areas, distant from each other, in a minimum of 500 m and divided between five types of soil use (dry forest, arboreal monoculture, agropastoral, polyculture and monoculture). For studies related to the functions performed by the Scarabaeinae, environmental function evaluation arenas were used, verifying the effects of the changes of soil use in the removal of feces, soil inversion, fly control. No difference was found in richness for the studied soil use systems. With the results, it is demonstrated that the natural dry forest system presents difference in composition when compared to the other agricultural systems. Following an opposed tendency of other studies performed in tropical forests, the biomass and abundance of Scarabaeinae were higher in the agricultural systems than in natural dry forest systems. This pattern is associated to the response of *Dichotomius geminatus* to the agricultural systems, presenting large dominance, which does not occur in the dry forest. The areas of arboreal monoculture, agropastoral and polyculture were those with the highest means for Scarabaeinae abundance and biomass. The ecological functions performed by the beetles (feces removal, soil inversion and potential fly control) were the highest in the dry forest agricultural systems. With the results, it may be affirmed that the agricultural systems promoted the maintenance of Scarabaeinae and incremented the performance of environmental services, possibly due to the maintenance of more humid and shaded systems, which contrasts with dry forest areas, in which the luminosity and lack of excessive water limit the size of the Scarabaeinae population.

Keywords: Tropical dry forest. Scarabaeinae. Jaiba project. Dung beetle.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 Localização geográfica da área de estudo, Região Norte de Minas Gerais, cidade de Jaíba .....42
- Figura 2 Sistemas de uso do solo estudados .....44
- Figura 3 A) Esquema explicativo da disposição das armadilhas de queda, tipo pitfall nas áreas de coleta; B) Foto da armadilha instalada em campo .....45
- Figura 4 Curva de rarefação com extrapolação de espécies, baseada no número de indivíduos de Scarabaeinae, coletados em mata seca, monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo, distribuído em 32 áreas na cidade de Jaíba, MG, Brasil.....50
- Figura 5 Perfis de diversidade, baseados nos números de similaridade de espécies entre os sistemas de uso do solo estudados, comparados com as áreas naturais de mata seca, demonstrando comparativamente as riquezas entre os diferentes usos do solo (mata seca, monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo.....54
- Figura 6 Diagrama de Venn e análise beta, mostrando número de compartilhamentos de espécies de escarabaeíneos entre os diferentes usos do solo: MS) mata seca, A) agropastoril, MA) monocultivo Arbóreo, P) policultivo, M) monocultivo, com seus respectivos valores de beta .....55

Figura 7	Rank de espécies de besouros Scarabaeinae espécies em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil .....	57
Figura 8	Ordenação dos pontos amostrais, de acordo com a análise de componentes principais (PCO), realizada sobre a matriz de distância de Bray-Curtis de cinco sistemas de uso do solo, no Perímetro irrigado do Jaíba, Jaíba, MG, Brasil .....	58
Figura 9	Média dos valores da biomassa das espécies, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil.....	60
Figura 10	Média dos valores da abundância de espécies, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil.....	61

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1	Disposição das armadilhas em cada área de coleta. A) armadilha e que a tipo ptiffal, B) armadilha suspensa para coleta de moscas e C) arena de avaliação das funções realizadas pelos Scarabaeinae.....	81
Figura 2	Distribuição da porcentagem do efeito independente da abundância de besouros Scarabaeinae grandes e pequenos, relacionada às quatro funções ambientais realizadas por esses organismos .....	90

Figura 3	Média dos valores da porcentagem de fezes removidas (A) e solo revolvido (B) em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil.....	92
Figura 4	Média dos valores da abundância de larvas de mosca produzidas (A) e da abundância de moscas adultas coletadas (B) p em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil.....	93
Figura 5	Distribuição da porcentagem do efeito independente da abundância de besouros escarabeíneos em quatro funções ambientais realizadas pelos escarabeíneos: remoção de fezes, revolvimento do solo, controle de mosca adulta e controle de larva de mosca.....	94
Figura 6	Valor indicativo e abundância das seis espécies, com maior número de indivíduos, registradas neste estudo em cada sistema de uso do solo.....	96

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1 Caracterização das áreas de coleta e respectivo uso do solo .....43
- Tabela 2 Lista dos Scarabaeinae coletados e identificados, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, MA) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultura, M) monocultura) e respectivos valores de abundância e riqueza, na Região Norte de Minas. Jaíba, MG – Brasil..... 52
- Tabela 3 Valores do teste pareado PERMANOVA e PERMDISP para examinar as diferenças na composição de espécies e na dispersão multivariada dos pontos, respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil..... 59

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1 Lista dos Scarabaeinae coletados e identificados, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, MA) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultura, M) monocultura) e respectivos valores de abundância e riqueza, na Região Norte de Minas. Jaíba, MG – Brasil..... 87

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introdução Geral.....</b>	<b>16</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>	
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>	
<b>2.1</b>	<b>A Região Norte de Minas Gerais em um contexto socioeconômico ....</b>	<b>21</b>	
<b>2.2</b>	<b>Instalação do Distrito Irrigado do Jaíba.....</b>	<b>22</b>	
<b>2.3</b>	<b>Florestas Tropicais Secas.....</b>	<b>24</b>	
<b>2.4</b>	<b>Besouros Scarabaeinae.....</b>	<b>25</b>	
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>	
	<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Mudança no uso do solo afetando a estrutura e comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) na mata seca.....</b>	<b>36</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>38</b>	
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>40</b>	
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>40</b>	
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>	
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>41</b>	
<b>3.2</b>	<b>Amostragem.....</b>	<b>44</b>	
<b>3.3</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>46</b>	
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>	
<b>4.1</b>	<b>Padrões gerais de abundância, riqueza e biomassa.....</b>	<b>51</b>	
<b>4.2</b>	<b>Padrão de distribuição das espécies.....</b>	<b>55</b>	
<b>4.3</b>	<b>Composição das espécies e padrões de dispersão.....</b>	<b>58</b>	
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>62</b>	
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>	
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>	
	<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>Efeito da mudança de uso do solo nas funções ambientais realizadas pela comunidade de escarabeíneos na mata seca.....</b>	<b>72</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>74</b>	
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>77</b>	
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>77</b>	
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>78</b>	
<b>3.1</b>	<b>Projeto Jaíba.....</b>	<b>78</b>	
<b>3.2</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>79</b>	
<b>3.3</b>	<b>Amostragem dos escarabeíneos.....</b>	<b>80</b>	
<b>3.4</b>	<b>Arena de avaliação das funções ambientais.....</b>	<b>82</b>	
<b>3.5</b>	<b>Características funcionais dos escarabeíneos.....</b>	<b>83</b>	
<b>3.6</b>	<b>Variáveis ambientais.....</b>	<b>83</b>	
<b>3.7</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>85</b>	

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	87
<b>4.1</b>	<b>Comunidade de besouros escarabeíneos</b> .....	87
<b>4.2</b>	<b>Funções ecológicas</b> .....	90
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	97
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	103
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	104

## **CAPÍTULO 1 Introdução Geral**

### **1 INTRODUÇÃO**

As modificações nos ambientes naturais são um dos principais fatores que levam à perda de biodiversidade e da integridade funcional de ecossistemas (GLIESSMAN; GUSTAVO, 2000). O desmatamento de florestas e consequente fragmentação florestal são ocasionados, na maioria das vezes, pela ocupação humana da paisagem visando à produção agropecuária (GLIESSMAN; GUSTAVO, 2000; NICHOLS et al., 2007).

Segundo dados da FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006), restam apenas um terço das florestas tropicais em seu estado natural e a maior parte encontra-se dividida em fragmentos. Intensas atividades humanas causam transformações nas áreas nativas, anteriormente contínuas, gerando um mosaico de áreas modificadas (CHAPIN et al., 1997; LOREAU et al., 2001; HOOPER et al., 2005). O desmatamento de florestas tropicais é um processo importante que contribui com a recente preocupação com a perda da biodiversidade e o aumento das taxas de extinção de espécies (DIDHAM et al., 1996). Isso pode ser considerado alarmante do ponto de vista ambiental. Em muitos trabalhos destaca-se a preocupação de se proteger fragmentos de vegetação original, uma vez que estes são considerados importantes refúgios naturais de indivíduos, proporcionando a manutenção da fauna e flora (NICHOLS et al., 2007; QUINTERO; ROSLIN, 2005; VULINEC et al., 2006). Com a expansão e consolidação das fronteiras agrícolas, espécies que sobrevivem em habitats remanescentes são confrontadas com uma matriz de ambientes modificados, como pastagens e áreas agrícolas (GASCON; WILLIAMSON; FONSECA,

2000, TABARELLI; SILVA; GASCON, 2004). Tais mudanças afetam diretamente a riqueza de espécies e abundância de indivíduos.

Existem, também, distúrbios naturais (alagamentos por excesso de chuvas, secas, geadas, terremotos, etc) que atuam na modificação da biodiversidade e interferem de forma direta ou indireta na estrutura das comunidades (SOUSA, 1984). Esses fatores apresentam influências importantes nos processos ecológicos em nível de ecossistema, tais como produção primária e secundária, acúmulo de biomassa e energia, ciclagem de nutrientes, entre outros (SOUSA, 1984).

Regiões com estresse ambiental podem apresentar menor diversidade local, pois os fatores geradores de estresse podem funcionar como filtros ecológicos e limitar tanto a riqueza de espécies quanto a sua abundância (HOUSEMAN; GROSS, 2006) Além disso, condições climáticas severas podem proporcionar indiretamente impactos negativos sobre organismos e suas populações (EHRlich et al., 1980; SHAPIRO, 1979). Da mesma maneira, a disponibilidade de recursos, associados à estrutura do habitat, podem limitar a diversidade local e regional (BELL; MCCOY; MUSHINSKY, 1991; RICKLEFS; SCHLUTER, 1993) e afetar a diversidade de organismos associados a uma determinada vegetação (STRONG; SOUTHWOOD; LAWTON, 1984).

As mudanças de uso do solo, associadas a mudanças ambientais, como as climáticas, serão as maiores responsáveis por modificações nos padrões de distribuição da biodiversidade. Possui relevância o fato de que pequenas mudanças no meio natural podem resultar em significativas modificações nos ecossistemas (SALA et al., 2000). Além de interferir, negativamente, na biodiversidade, trazem consequências como as alterações nas funções ecológicas que esses organismos executam (GROFFMAN et al., 2006; SUDING; HOBBS, 2009).

Um dos grandes exemplos de modificações em áreas naturais já ocorridas no Brasil é, sem dúvida, a instalação do perímetro irrigado do Jaíba, na região do norte de Minas Gerais, no início da década de 1970, visando à expansão da fronteira agrícola. Este empreendimento ocorreu em consequência de um esforço político que promoveu, em um primeiro momento, a irrigação de 1.680 hectares nessa região (MORAIS, 1999), criando a área conhecida como Distrito Irrigado do Jaíba, na localidade de Mocambinho.

A região do Jaíba era, originalmente, constituída por vegetação de mata decídua, conhecida como floresta tropical seca e chamada, popularmente, como Mata Seca. A sua área natural foi altamente modificada com a instalação de cidades, assentamentos rurais e intensificação da produção agrícola. A produção de alimentos é altamente diversificada (ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS, 2004), apresentando varias formas de uso do solo, como plantações de hortaliças, frutas, cereais, grãos e espécies florestais, criação de gado e pequenos animais.

Além da produção agrícola familiar, a região do Jaíba apresenta produção agrícola em grande escala com a presença de empresas que exploram a produção de cana-de-açúcar e fruticultura. Atualmente a região apresenta 24.000 hectares irrigáveis; na Etapa I, estabeleceram-se 1.828 famílias em lotes de cinco hectares (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2001; DISTRITO IRRIGADO DO JAÍBA, 2013; MORAIS, 1999); a Etapa II é destinada para produção industrial de cana de açúcar e produção de frutas e a Etapa III está em implantação.

Torna-se necessário compreender como sistemas agrícolas podem ser manejados com o objetivo de assegurar a conservação da biodiversidade e a provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos. Avanços na interação entre produtividade agrícola, sustento rural e biodiversidade apresentam-se como prioridade nas estratégias de conservação dos dias atuais. Paisagens com grande

heterogeneidade de uso do solo dominam os cenários mundiais e, por este motivo, atenta-se para a importância da realização de estudos relacionados à biodiversidade, não apenas nas reservas florestais, mas também buscando respostas nas áreas agrícolas destas paisagens.

Os besouros rola-bosta (Coleoptera, Scarabaeinae) formam um grupo de organismos que se destaca para o estudo da biodiversidade e avaliação da integridade de ecossistemas, pois depende de recursos advindos de plantas e outros animais (e.g. frutos em decomposição, carcaças, fezes) e possui grande importância em diversos processos ecológicos (NICHOLS et al., 2008). São, também, considerados indicadores de qualidade ambiental, sendo extremamente sensíveis a mudanças ambientais (GARDNER et al., 2008; HALLFETER; FAVILA, 1993). Por meio da construção de galerias no solo, revolvimento e enterrio dos bolos fecais, proporcionam a ciclagem de nutrientes e fertilização das áreas de produção, principalmente, em áreas de pastagens (GILLARD, 1967), além de promover maior aproveitamento da área plantada (AIDAR et al., 2000). Na pecuária são importantes no controle biológico de parasitas como a mosca-do-chifre e nematoides (DOUBE; MACQUEEN; FAY, 1988; FINCHER, 1975). São, também, considerados agentes secundários de dispersão de sementes e polinizadores (BRUSSAARD; RUNIA, 1984; HAYNES; WILLIAMS, 1993; KALISZ; STONE, 1984; NICHOLS et al., 2008).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo geral de verificar os efeitos das mudanças de uso de solo na comunidade e diversidade dos besouros Scarabaeinae, assim como nas funções ecológicas que eles realizam em ambientes de florestas tropicais secas e agroecossistemas irrigados, no Norte de Minas Gerais.

Os diferentes usos de solo, aqui foram representados pelo ecossistema natural mata seca e pelos agroecossistemas: monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo. Todos os sistemas de cultivos estavam inseridos em

um mosaico de vegetação agrícola e mata seca em áreas onde se desenvolveu intensivamente a agricultura irrigada.

Para melhor entendimento do estudo, a tese está dividida em três partes: No “capítulo 1” apresenta-se o estado da arte da situação socioeconômica da região norte de Minas Gerais, o desenvolvimento da agricultura irrigada na região, uma visão geral sobre florestas tropicais secas no mundo e no Brasil e como os besouros rola-bosta podem ser ferramentas para estudos ecológicos, aprofundando o conhecimento sobre as consequências ambientais relacionadas à construção do Distrito Irrigado do Jaíba (DIJ) que surgiu após a instalação do Projeto Jaíba.

Em seguida, no “capítulo 2”, mostramos os resultados sobre as respostas da comunidade e composição específica de besouros rola-bostas encontrados na mata seca e nas áreas de agricultura irrigada.

E, por fim, no “capítulo 3” estudamos os efeitos da modificação do uso do solo sobre as funções ambientais, realizada pelo grupo dos besouros Scarabaeinae nas áreas de mata seca e em agroecossistemas irrigados.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A Região Norte de Minas Gerais em um contexto socioeconômico**

Minas Gerais está entre os estados brasileiros com as maiores disparidades regionais (QUEIRÓZ, 2001). A região Norte de Minas apresenta elevados problemas socioeconômicos e, nas últimas décadas, ações governamentais proporcionaram a diversificação da estrutura produtiva, com a implementação de quatro eixos básicos de desenvolvimento: (a) reflorestamento de eucaliptos e pinus, em diversos municípios dessa região; (b) implantação de grandes projetos agropecuários; (c) instalação de indústrias e (d) implantação de perímetros de agricultura irrigada (RODRIGUES, 2000).

Esta região está representada por uma área de 128.602 km<sup>2</sup>, distribuída entre 89 municípios. A sua economia se destaca por apresentar 92% da sua população desenvolvendo atividades relacionadas ao setor primário, com destaque para a agropecuária (PEREIRA; ALMEIDA, 2004).

Uma das características principais dessa região é a desigualdade social, percebida desde os primórdios de sua ocupação, conjuntamente com um clima quente e seco, que lhe confere semelhanças socioeconômicas em relação ao Nordeste do Brasil (OLIVEIRA, 2000). Outras características como falta de estrutura básica, como baixo percentual de domicílios com acesso ao abastecimento de água, 69,2% e rede de esgoto, 59,8%, associado a altas taxas de mortalidade infantil, (13 mortes por mil nascidos vivos), evidenciam ainda mais os problemas sociais do Norte de Minas (OLIVEIRA, 2000).

## **2.2 Instalação do Distrito Irrigado do Jaíba**

A grande carência do norte de Minas Gerais contribuiu para a decisão de incluir essa região em 1960, como área de atuação da superintendência de desenvolvimento do nordeste (SUDENE). Essa autarquia, criada no governo de Juscelino Kubitschek, tinha por principal finalidade criar condições e meios para melhorar a condição de vida das pessoas que estavam inseridas no chamado polígono das secas. Dessa forma, foi classificada como área mineira da SUDENE (AMS) (OLIVEIRA, 2000), e como tal passou a receber investimentos com o objetivo de promover o seu desenvolvimento.

Nesse contexto histórico e econômico, surge o maior projeto de investimento nas potencialidades do norte de Minas, a partir da década de 70, dando início à construção do projeto de irrigação do Jaíba, no distrito de Mocambinho, cidade de Jaíba, MG (FONSECA et al., 2011; RODRIGUES, 1998).

Como resultado de diretrizes de políticas econômicas, em 1972 o governo federal, em conjunto com o governo estadual de Minas Gerais, lançou o Projeto Jaíba, um projeto de irrigação localizado no município de Jaíba, com água captada do Rio São Francisco, em sua margem direita, (RODRIGUES, 1998). Isso se deu, por meio do Programa Nacional de Desenvolvimento (PND), que criou o Programa Polo nordeste, para o desenvolvimento da região Nordeste do país e o Planoroeste, para o desenvolvimento do Noroeste e Norte de Minas Gerais (RODRIGUES, 2001).

As primeiras frentes de assentamento para a prática da agricultura irrigada datam de 1988, em Mocambinho. Inicialmente, em uma parcela chamada de Área D, caracterizada por estar mais próxima do manancial hídrico e pelo fato de priorizar o assentamento dos habitantes nativos da região.

Com o estabelecimento do que viria a ser o maior projeto de irrigação contínua da América Latina, a região e, principalmente a cidade de Jaíba, sofreram expressiva transformação do espaço (JESUS, 2009).

Segundo Fonseca (2011), a agricultura irrigada, no contexto da região do Jaíba, contribuiu, positivamente, para o desenvolvimento (RODRIGUES, 1998).

Toda essa transformação socioeconômica na Região Norte de Minas Gerais culminou em uma grande modificação em sua paisagem natural, semelhante às fronteiras de expansão amazônicas. Segundo o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA), o projeto Jaíba apresenta o potencial para gerar a média de 130 mil empregos (dois empregos por hectare irrigado). Diante disso, a região que era originalmente constituída, principalmente, por vegetação de floresta decídua, chamada localmente de Mata Seca ou Mata do Jaíba foi altamente modificada pela ação humana. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, até o ano de 2012, foi registrada uma área de 12.068 ha de mata remanescente na região, representando pouco mais de 4,5% do total original da cidade do Jaíba (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013).

O DIJ está dividido estruturalmente por etapas temporais e espaciais, sendo a mais antiga denominada de Etapa I, formada por 1.828 famílias em lotes de cinco hectares (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2001). Os assentados na região eram de origens diversas, tanto no que se refere a território, como na heterogeneidade de uso da terra, e isso pode ser confirmado em sua característica de produzir uma ampla variedade de culturas. A maior parte da produção é voltada para a fruticultura e a principal cultura explorada atualmente na região é a banana, com, aproximadamente, 8.000 hectares de banana em produção (ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS, 2004). Considerando as áreas de culturas florestais e forrageiras como áreas de produção, registraram-se 138,8 ha

de produção florestal, 1.154,5 há de produção de forrageiras, 4.067,1 ha de fruticultura, 1.786,7 ha de olerícolas e 2.494,4 de grãos colhidos (DISTRITO IRRIGADO DO JAÍBA, 2013).

### **2.3 Florestas Tropicais Secas**

A mata seca, ou mata do Jaíba, está classificada como floresta tropical seca e pode ser descrita de diversas maneiras. Entretanto, em uma caracterização geral, pode-se defini-la como regiões de acentuada sazonalidade na distribuição de chuvas apresentando vários meses de seca (MOONEY; BULLOCK; MEDINA, 1995). Uma das características principais desse tipo de vegetação é a predominância de árvores e arbustos caducifólios, com pelo menos 50% das espécies decíduas, temperatura anual média maior 25 °C e, precipitação anual de 700 a 2000 mm (SANCHES-AZOFEIFA et al., 2005).

Apresentam um período prolongado de seca (três a seis meses) por ano, com uma precipitação média menor que 100 mm nesse período. Outra definição mais ampla diz que, além da seca, apresenta processos ecológicos fortemente sazonais (PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006). Sánchez-Azofeifa et al. (2005), em um sentido mais amplo, consideram os tipos diversos de vegetações inseridos às florestas tropicais seca do, como savanas e florestas de galeria. Em torno de 54% das florestas tropicais secas no mundo estão localizadas na América.

A extensão total de floresta tropical seca nas Américas é 519,597 km<sup>2</sup>, enquanto a América do Sul contém 268,875 km<sup>2</sup> de floresta seca (51% do total). O México tem a maior área, abrangendo 38% de todas as florestas tropicais secas do mundo, seguido da Bolívia (25%), Brasil (17%), seguidos por Colômbia e Venezuela (6,5% e 6,2%, respectivamente) (MILES et al., 2006).

Esses cinco países, em conjunto, englobam 93% das florestas tropicais secas em áreas continentais (PORTILLO-QUINTERO; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010).

Em virtude das intensas modificações antrópicas, as florestas tropicais secas estão entre os ecossistemas mais ameaçados no mundo (HOEKSTRA et al., 2005; JANZEN, 1988). Florestas secas têm sido historicamente as zonas preferenciais para a agricultura e assentamentos humanos nas Américas (EWEL, 1999; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005). Segundo Hoekstra et al. (2005), em nível global, estima-se que, aproximadamente, 48,5% dessa vegetação foram convertidas em outros sistemas de uso da terra.

Diante de tantas modificações estruturais no meio ambiente, principalmente, em decorrência da intensificação do uso dos recursos naturais, surge a necessidade de priorizar estudos relacionados à biodiversidade, que viabilizam tomadas de decisões relacionadas à preservação ambiental e sustentabilidade dos sistemas agrícolas implantados no entorno de áreas de vegetação natural. Ao enfocarmos a biodiversidade, referimo-nos não somente a todas as espécies de animais, plantas e microrganismos já existentes, mas também a suas interações no ecossistema (ALTIERI; NICHOLLS, 2004) e às funções desempenhadas pelos organismos nos diversos ambientes em que eles estão presentes (GILLER, 1967).

#### **2.4 Besouros Scarabaeinae**

Os insetos são os principais representantes da riqueza de comunidades das florestas tropicais (MAY, 1998; WILSON, 1992). Dentre eles, os besouros do esterco Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabeidae) apresentam grande destaque em estudos relacionados à biodiversidade, principalmente. Em função de sua grande diversidade (HALFFTER; EDMONDS, 1982). Este grupo apresenta,

aproximadamente, 4.500 espécies e 618 espécies são conhecidas apenas no território brasileiro (HALFFTER; EDMONDS, 1982; VAZ-DE-MELLO, 2000).

Os escarabaeíneos representam um grupo de insetos com grande importância nos mais diversos processos ecológicos (VAZ-DE-MELLO; LOUZADA, 2008; NICHOLS et al., 2008), sendo importantes na realização de diversos serviços ambientais. Os serviços realizados por integrantes vivos e que influenciam de alguma forma os processos naturais, são chamados de serviços ambientais e podem ser, por exemplo, ciclagem de nutrientes, polinização, controle biológico e formação do solo. Os Scarabaeinae proporcionam a realização desses serviços ambientais dentre eles: a ciclagem de nutrientes e a incorporação de matéria orgânica que se encontra em decomposição no solo (BANG et al., 2005; HORGAN, 2001; NICHOLS et al., 2008).

Além disso, apresentam o hábito de construir galerias em variadas profundidades no solo, para enterrar as fezes que são o recurso principal para sua sobrevivência, proporcionando as alterações das características físico-químicas do solo e incrementando a sua aeração (BANG et al., 2005; NICHOLS et al., 2008). Essa movimentação proporciona a ciclagem de nitrogênio e outros nutrientes que são de grande importância para solos agriculturáveis (BRUSSAARD; RUNIA, 1984; KALISZ; STONE, 1984). Isso favorece muito o estabelecimento de espécies vegetais nos locais onde eles ocorrem (HAYNES; WILLIAMS, 1993; MIRANDA; SANTOS; BIANCHIN, 1998).

Os escarabaeíneos atuam, ainda, como agentes de controle biológico de parasitas na pecuária, como, por exemplo, moscas hematófagas e vetoras de doenças (FINCHER, 1975; MILLER; CHI-RODRIQUEZ; NICHOLS, 1961), causadoras de consideráveis prejuízos aos produtores (BRAGA et al., 2012; DOUBE; MACQUEEN; FAY, 1988; NICHOLS et al., 2008), controle de saúvas como predadores (*Atta* sp.) (SILVEIRA et al., 2006), dispersão secundária de

sementes, pedoturbação (ANDRESSEN, 2003; BRAGA et al., 2013; VULINEC, 2002) e polinização (BEATH, 1996; SAKAY; INQUE, 1999).

A sua importância ecológica faz desses insetos uma interessante ferramenta para estudos da biodiversidade, principalmente, em estudos que visam responder como a mudança no uso do solo pode influenciar na estrutura da comunidade e nas funções ambientais associadas aos besouros do esterco (BARRAGÁN et al., 2011; BATALHA; CIANCIARUSO; MOTTA JUNIOR, 2010, CASANOVES et al., 2011).

## REFERÊNCIAS

- AIDAR, T. et al. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauna, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 817-820, 2000.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Haworth Press, 2004.
- ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, Somerset, v. 26, n. 1, p. 87-97, Feb. 2003.
- ARAUJO, T. C. A. et al. A organização social da agricultura familiar do projeto Jaíba-MG como desafio para o desenvolvimento local sustentável. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 65., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Sober, 2007. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/333.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2010.
- ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS. **Desempenho da fruticultura mineira em 2004**. Janaúba: ABANORTE, 2004. Disponível em: <<http://www.abanorte.com.br/fruticultura>>. Acesso em: 10 set. 2009.
- BANG, H. S. et al. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, v. 29, n. 2, p. 165-171, June 2005.
- BARRGÁN, F. et al. Negative impacts of human land use dung beetle functional diversity. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 3, p. e17976, Mar. 2011.
- BATALHA, M. A.; CIANCIARUSO, M. V.; MOTTA JUNIOR, J. C. Consequences of simulated loss of open Cerrado areas to bird functional Diversity. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 34-40, 2010.
- BEATH, D. D. N. Pollination of *Amorphophallus johnsonii* (Araceae) by carrion beetles (*Phaeochrous amplus*) in a Ghanaian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, San Francisco, v. 12, n. 3, p. 409-418, May 1996.

BELL, S. S.; MCCOY, E. D.; MUSHINSKY, H. R. **Habitat structure**: the physical arrangement of objects in space. London: Chapman & Hall, 1991.

BRAGA, R. F. et al. Are dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? **Ecosystems**, New York, v. 15, n. 7, p. 1173-1181, Nov. 2012.

BRAGA, R. F. et al. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 2, Feb. 2013. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0057786>>. Acesso em: 15 set. 2012.

BRUSSAARD, L.; RUNIA, L. T. Recent and ancient traces of scarab beetles activity in sandy soils of Netherlands. **Geoderma**, Amsterdam, v. 34, n. 3-4, p. 229-250, Dec. 1984.

CASANOVA, F. et al. Diversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. **Methods in Ecology & Evolution**, Hoboken, v. 2, n. 3, p. 233-237, June 2011.

CHAPIN, F. S. et al. Biotic control over the functioning of ecosystems. **Science**, Washington, v. 277, n. 5325, p. 500-504, July 1997.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Perímetro irrigado de Jaíba**. Jaíba: CODEVASF, 2001.

DIDHAM, R. K. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 11, n. 6, p. 255-260, June 1996.

DISTRITO IRRIGADO DO JAÍBA. **O projeto da irrigação de Jaíba**. Jaíba: DIJ, 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/files/PROJETO\\_JAIBA.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/files/PROJETO_JAIBA.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2013.

DOUBE, B. M.; MACQUEEN, A.; FAY, H. A. C. Effects of dung fauna on survival and size of buffalo flies (*Haematobia* spp.) breeding in the field in south Africa and Australia. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 523 - 536, Aug. 1988.

EHRlich, P. R. et al. Extinction, reduction, stability and increase: the response of checkerspot butterflies to the California drought. **Oecologia**, Berlin, v. 46, n. 1, p. 101-105, July 1980.

EWEL, J. J. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 45, n. 1-3, p. 1-21, 1999.

FINCHER, G. T. Effect of dung beetle activity on the number of nematode parasites acquired by grazing cattle. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 61, n. 4, p. 759-762, Aug. 1975.

FONSECA, A. I. A. et al. Intenções e realidade: agricultura familiar em meio século do projeto Jaíba. **Geografia**, Rio Claro, v. 1, p. 135-145, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of food insecurity in the world**. Quebec: FAO, 2006.

GARDNER, T. A. et al. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 883-893, June 2008.

GASCON, C.; WILLIAMSON, B. G.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, Washington, v. 288, n. 5470, p. 1356-1358, May 2000.

GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Austrália, v. 33, n. 1, p. 30-34, 1967.

GILLER, K. E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. 2. ed. Wallingford: Cabi International, 1997.

GLEISSMAN, S.; GUSTAVO, R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto alegre: Editora da UFRGS, 2000.

GROFFMAN, P. M. et al. Ecological thresholds: the key to successful environmental management or an important concept with no practical application? **Ecosystems**, New York, v. 9, n. 1, p. 1-13, Feb. 2006.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting Behavior of dung Beetles (Scarabaeinae)**. Veracruz: Instituto de Ecología, 1982.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biology International**, Paris, v. 27, p. 15-21, 1993.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrients cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 49, p. 119-199, 1993.

HOEKSTRA, J. M. et al. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 23-29, Jan. 2005.

HOOPER, D. U. et al. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 75, n. 1, p. 3-35, Feb. 2005.

HORGAN, F. G. Burial of bovine dung by coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from horse and cow grazing sites in El Salvador. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 37, n. 2, p. 103-111, Abr./June 2001.

HOUSEMAN, G. R.; GROSS, K. L. Does ecological filtering across a productivity gradient explain variation in species pool-richness relationships? **Oikos**, Buenos Aires, v. 115, n. 1, p. 148-154, Oct. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Infográficos: histórico**. Jaíba: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=313505&search=minas-gerais|jaiba>>. Acesso em: 13 out. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos municípios da Mata Atlântica: período 2011-2012**. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: anexo 1. Atlas dos Municípios da Mata Atlântica – período 2011-2012**. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

JANZEN, D. H. Ecological characterization of a costa Rican dry forest caterpillar fauna. **Biotropica**, Washington, v. 20, n. 2, p. 120-135, June 1988.

JESUS, S. M. **Planejamento, gestão e ordenamento territorial no médio São Francisco no Norte de Minas Gerais**. 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Social) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2009.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north central Florida. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 169-172, 1984.

LOREAU, M. et al. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. **Science**, Washington, v. 294, n. 5593, p. 804–808, Oct. 2001.

MAY, R. M. How many species are there on earth? **Science**, Washington, v. 241, n. 4872, p. 1441-1449, 1988.

MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 491-505, Mar. 2006.

MILLER, A.; CHI-RODRIGUEZ, E.; NICHOLS, R. L. The fate of Helminth eggs and protozoan cysts in human feces ingested by dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, Mclean, v. 10, p. 748–54, Sept. 1961.

MIRANDA, C. H. B.; SANTOS, J. C. C.; BIANCHIN, I. Contribuição do *Ontophagus gazella* a melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 8, p. 681-685, 1998.

MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. Introduction. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Ed.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 146–194.

MORAIS, L. F. **A sustentabilidade da agricultura irrigada no contexto do Projeto Jaiba Etapa I**. 1999. 96 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, Essex, v. 141, n. 6, p. 1461-1474, June 2008.

NICHOLS, E. et al. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, Essex, v. 137, n. 1, p. 1-19, June 2007.

OLIVEIRA, M. F. M. O processo de formação e desenvolvimento de Montes Claros e da área Mineira da SUDENE. In: OLIVEIRA, M. F. M.; RODRIGUES, L. (Org.). **Formação econômica e social do Norte de Minas**. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2000. p. 13-103.

PENNINGTON, T.; LEWIS, G.; RATTER, J. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity**. Boca Ration: CRC Press, 2006.

PEREIRA, A. M.; ALMEIDA, M. I. S. (Org.). **Leituras geográficas sobre o norte de Minas Gerais**. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2004.

PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SANCHÉZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, Essex, v. 143, n. 1, p. 144-145, Jan. 2010.

QUEIROZ, B. L. **Diferenciais regionais de salários nas microrregiões mineiras**. 2001. 191 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

QUINTERO, I.; ROSLIN, T. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in Central Amazonia. **Ecology**, Washington, v. 86, n. 12, p. 3303-3311, Dec. 2005.

RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. Species diversity: regional and historical influences. In RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. (Ed.). **Species diversity in ecological communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1993. p. 350-363.

RODRIGUES, L. Formação econômica do Norte de Minas e o período recente. In: OLIVEIRA, M. F. M.; RODRIGUES, L. (Org.). **Formação social e econômica do Norte de Minas: volume 1**. 2. ed. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2000. p. 105-172.

RODRIGUES, L. **Investimento agrícola e o grande projeto Jaíba: 1970-1996**. 1998. 337 p. Tese (Doutorado em Filosofia, Letras e Ciências Humanas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

RODRIGUES, L. Potencial da agricultura irrigada como indutora do desenvolvimento regional: o caso do projeto Jaíba no Norte de Minas Gerais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 2, p. 206-232, abr./jun. 2001.

SAKAI, S.; INQUE, T. A new pollination system: dung-beetle pollination discovered in *Orchdantha inouquei* (lowiaceae, Zingiberaceae) in srarak, Malaysia). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 86, n. 1, p. 56-61, Jan. 1999.

SALA, O. E. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, Washington, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, Mar. 2000.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. et al. Research priorities for neotropical dry forests. **Biotropica**, Washington, v. 37, n. 4, p. 477-485, Dec. 2005.

SHAPIRO, A. M. The phenology of *Pieris napi microstriate* (Lepidoptera: Pieridae) during and after the 1975-77. **Psyche**, São Paulo, v. 86, p. 1-10, 1979.

SILVEIRA, F. A. O. et al. Predation on *Atta laevigata* (Smith 1858) (Formicidae Attini) by *Canthon virens* (Mannerheim 1829) (Coleoptera Scarabaeidae). **Tropical Zoology**, Firenze, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2006.

SOUSA, W. P. The role of disturbance in natural communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, n. 1, p. 353-391, Nov. 1984.

STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Cambridge: Harvard University Press, 1984.

SUDING, K. N.; HOBBS, R. J. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 24, n. 5, p. 271-279, May 2009.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity & Conservation**, London, v. 13, n. 7, p. 1419-1425, June 2004.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Estado Atual de conhecimentos dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: PIERA, F. M.; MORRONE, J. J.; MELIC, A. (Ed.). **Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimacion de la diversidad entonologica em Iberoamerica**. Zaragoza: SEA, 2000, p. 181-195.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J. N. C. *Dichotomius schiffleri*. In: MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; DRUMMOND, G. M. (Ed.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**: volume 1. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p. 367-368.

VULINEC, K. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**, Washington, v. 34, n. 2, p. 297-309, June 2002.

VULINEC, K. et al. Primate and dung beetle communities in secondary growth rain forests: implications for conservation of seed dispersal systems. **International Journal of Primatology**, New York, v. 27, n. 3, p. 855-879, June 2006.

## **CAPÍTULO 2 Mudança no uso do solo afetando a estrutura e comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) na mata seca**

### **RESUMO**

O norte do estado de Minas Gerais abriga uma extensa área, formada por vegetação típica de florestas tropicais secas e que sofreu grandes transformações, em virtude do estabelecimento de grandes áreas de agricultura irrigada. Observa-se que a agricultura é uma prática que leva à modificação no meio ambiente e tem por consequência a perda da biodiversidade. O experimento, que foi realizado na época das chuvas no ano 2012, foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito das modificações do uso do solo sobre a diversidade de besouros Scarabaeinae. Foram realizadas coletas em 32 áreas, distribuídas em cinco categorias de uso do solo: mata seca (seis áreas), monocultivo arbóreo (seis áreas), agropastoril (seis áreas), policultivo (8 áreas) e monocultivo (seis áreas). Em cada área foram instaladas quatro armadilhas separadas por, no mínimo 500 m, permanecendo no campo por um período de 24 horas. Para avaliar a eficiência do esforço amostral e comparar os padrões de riqueza de espécies entre os diferentes sistemas, foi construída uma curva de acumulação de espécies por extrapolação e interpolação, baseada no número de indivíduos. Para avaliar a existência de diferenças quanto à composição de espécies de Scarabaeinae entre os sistemas, foi feita análise de PCO e PERMANOVA. Não houve diferença na riqueza de espécies entre os sistemas de uso do solo. O sistema natural de mata seca apresentou diferença na composição dos demais sistemas agrícolas, que, por sua vez, não apresentaram diferenças entre si. Diferentemente dos resultados encontrados nos demais estudos realizados em florestas tropicais, a biomassa e abundância foram maiores nos sistemas agrícolas do que no sistema natural de mata seca. Apesar dos sistemas agrícolas aportarem recursos e promoverem a manutenção de algumas espécies de Scarabaeinae, ainda assim a mata seca abriga várias espécies específicas a ela, apresentando uma comunidade de Scarabaeinae diferente em relação a sua estrutura e composição. Isto mostra quanto esse tipo de vegetação, mesmo com baixa produtividade, apresenta acentuada importância para a manutenção das espécies de Scarabaeinae. Cultivos agrícolas de baixo impacto, como monocultivo arbóreo, policultivo e agropastoril, poderiam representar um refúgio para esses organismos em regiões de mata seca, podendo oferecer maior estabilidade climática, em razão do aporte de recursos para promover a produção agrícola e a umidade fornecida pela irrigação sistematizada.

Palavras-chave: Mata seca. Scarabaeinae. Conservação ambiental. Agroecossistemas irrigados.

### ABSTRACT

The northern region of the state of Minas Gerais, Brazil, presents an extensive area, formed by dry tropical forests and which suffered large transformations due to the establishment of large areas of irrigated agriculture. It is observed that agriculture is a practice that leads to the modification of the environment and presents as consequence the loss of biodiversity. The experiment, which was performed in the rainy season of 2012, was conducted with the objective of evaluating the effect of the modifications of soil use over the diversity of Scarabaeinae beetles. Samplings were performed in 32 areas, distributed in five categories of soil use: dry forest (six areas), arboreal monoculture (six areas), agropastoral (six areas), polyculture (eight areas) and monoculture (six areas). Four traps were installed in each area, separated by a minimum of 500 m, remaining in the field for a period of 24 hours. To evaluate the efficiency of the samplings and compare the species richness standards between the different systems, a species accumulation curve was constructed by extrapolation and interpolation, based on the number of individuals. To evaluate the existence of differences regarding the composition of the Scarabaeinae species between the systems, PCO and PERMANOVA analysis was performed. There was no difference in species richness between the soil use systems. The natural dry forest system presented difference in the composition of the other agricultural systems, which, in turn, did not present differences among each other. Different from the results found in other studies performed in tropical forests, the biomass and abundance were higher in the agricultural systems than in the natural dry forest system. Despite the agricultural systems providing resources and promote the maintenance of a few Scarabaeinae species, the wood still houses many species specific to it, presenting a different Scarabaeinae community in relation to its structure and composition. This shows how much this type of vegetation, even with low productivity, presents accentuated importance for the maintenance of the Scarabaeinae species. Low impact agricultural cultivations, such as arboreal monoculture, polyculture and agropastoral, might represent a refuge for these organisms in dry forest areas, offering higher climatic stability, due to the providing of resources to promote agricultural production and humidity provided by systemized irrigation.

Keywords: Dry forest. Scarabaeinae. Environmental conservation. Irrigated agroecosystems.

## 1 INTRODUÇÃO

A ação humana é um dos grandes fatores de modificação do ambiente natural e uma das suas consequências é a fragmentação florestal, resultando em perda da biodiversidade (NICHOLS et al., 2007). Além disso, as práticas agrícolas convencionais, normalmente intensivas, degradam globalmente o ambiente, proporcionam declínios da biodiversidade, e alteram os ecossistemas de maneira substancial (GLIESSMAN; GUSTAVO, 2000).

Segundo FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006), existe apenas um terço das florestas tropicais intactas, os outros dois terços restantes estão distribuídos em uma ampla variedade de uso de solo. Mesmo sofrendo efeito da antropização, fragmentos florestais que mantenham adequada cobertura vegetal original são importantes para manutenção da fauna, representando refúgios naturais (NICHOLS et al., 2007; QUINTERO; ROSLIN, 2005; VULINEC et al., 2006).

A Região Norte de Minas Gerais, Brasil, sofreu uma considerável transformação em sua paisagem natural, com a implantação da agricultura irrigada e consequente expansão da fronteira agrícola (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2001; MORAIS, 1999). O uso do solo na região é altamente heterogêneo, resultando em uma produção de alimentos diversificada com cultivos de hortaliças, frutas, cereais, grãos e espécies florestais, criação de gado e animais pequenos (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2001). Apesar de representar um grande investimento em termos de produção agrícola, muito pouco foi feito para verificar os aspectos ligados à conservação da biodiversidade da região após a implantação do projeto. A verificação dos papéis de diferentes usos do solo para conservar a biodiversidade pode ser feita por

meio de organismos indicadores e qualidade ambiental ou de biodiversidade, tais como os besouros rola-bostas.

Os besouros rola-bostas, Scarabaeinae, formam um grupo de organismos que se destacam para o estudo da biodiversidade, pois possuem grande importância em diversos processos ecológicos (NICHOLS et al., 2008). Apresentam hábitos de construir galerias no solo, revolver e enterrar os bolos fecais, principalmente de mamíferos, proporcionam a ciclagem de nutrientes e fertilização das áreas de produção, principalmente, em áreas de pastagens (GILLARD, 1967), além de promover maior aproveitamento da área plantada (AIDAR et al., 2000).

Ainda na pecuária são importantes no controle biológico de parasitas como a mosca-do-chifre e nematoides (DOUBE; MACQUEEN; FAY, 1988; FINCHER, 1975). Atuam, também, como agentes secundários de dispersão de sementes e polinizadores (BRUSSAARD; RUNIA, 1984; HAYNES; WILLIAMS, 1993; KALISZ; STONE, 1984; NICHOLS et al., 2008).

Em razão da característica de grande heterogeneidade de uso do solo, atenta-se para a importância da realização de estudos relacionados à biodiversidade, não apenas nas unidades de conservação, mas também buscando soluções de conservação nas áreas agrícolas dessa região.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Objetivou-se neste trabalho estudar os efeitos da modificação do uso do solo na estrutura da comunidade de besouros Scarabaeinae na mata seca no Norte de Minas Gerais.

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Verificar os efeitos das mudanças do uso do solo na abundância, riqueza e biomassa de besouros Scarabaeinae em áreas de mata seca antropizada;
- b) Verificar os efeitos das mudanças do uso no solo na composição de espécies de besouros Scarabaeinae em áreas de mata seca antropizada.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

O estudo foi desenvolvido, durante os meses de março a maio, no ano de 2012, em que ocorre o período das chuvas na Região de Distrito Irrigado do Jaíba, localidade de Mocambinho Etapa I (15°5'49"S 44°1'17" O, altitude de 460 m), localizado na Região Norte de Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, essa região apresenta clima quente e seco com estações chuvosas no verão (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2011).

Foram avaliadas vinte e seis áreas de produção agrícolas inseridas na Etapa I do Projeto Jaíba, Glebas A e F (Figura 1). Essa região é formada por propriedades tipicamente de agricultura familiar, com dimensão de cinco hectares, além de seis áreas naturais compreendidas nas áreas de reserva legal de Mata Seca do projeto de irrigação.

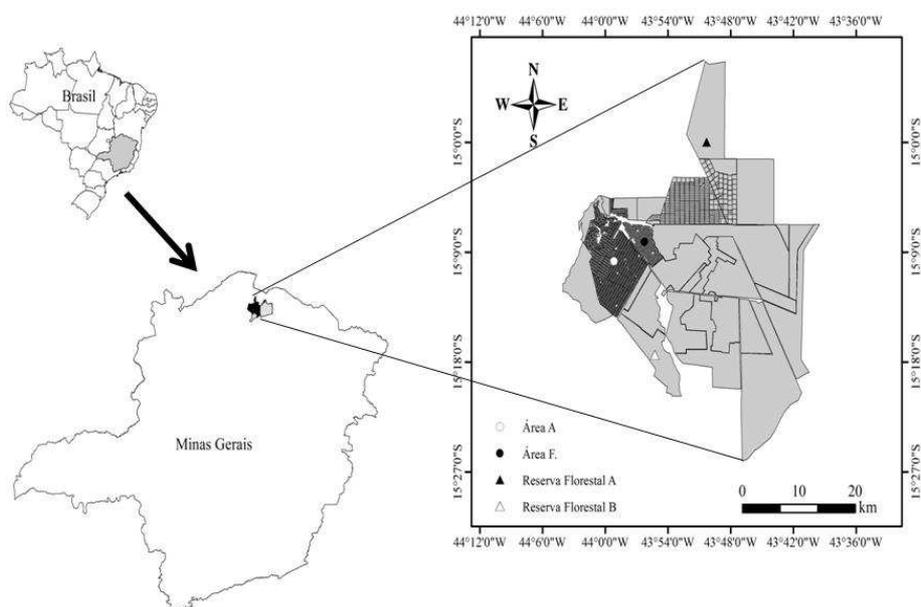


Figura 1 Localização geográfica da área de estudo, Região Norte de Minas Gerais, cidade de Jaíba

Legenda: Área A: produção agrícola; Área F: produção agrícola; Reserva florestal A e Reserva florestal B. Áreas de reserva florestal de mata seca inserida dentro do Perímetro Irrigado do Jaíba.

As propriedades agrícolas foram escolhidas de acordo com o tipo de uso do solo (Figura 2). Formaram cinco grupos: Monoculturas (seis áreas), policulturas (oito áreas), agropastoril (seis áreas), monocultivo de árvores (seis áreas), reserva legal da mata seca (seis áreas) (Tabela 1).

Tabela 1 Caracterização das áreas de coleta e respectivo uso do solo

Uso do solo	Nº de áreas	Caracterização
Mata seca	6	Áreas de reservas florestais de mata seca inseridas no Projeto Jaíba.
Monocultivo arbóreo	6	Cultivos de espécies perenes, com uma única espécie arbórea. Área total da propriedade plantada, mais de cinco anos sem uso de máquinas agrícolas no local. Baixo uso de insumos químicos, altura mínima de plantas 2m.
Agropastoril	6	Associação de cultivos agrícolas com criação de gado de corte, em pastagens introduzidas (cinco a doze animais por propriedade). Aproveitamento total da área da propriedade. Uso comum de máquinas agrícolas, com mediano uso de insumos químicos.
Policultivo	8	Cultivo de uma ou mais espécies agrícolas ao mesmo tempo (anuais ou bianuais). Uso intensivo de máquinas e insumos químicos. Área plantada de 70 a 100%. Altura de plantas máximas 1,5m.
Monocultivo	6	Cultivo de uma única espécie agrícola (anual ou bianual). Uso intensivo de máquinas agrícolas e insumos químicos. Altura máxima de planta 1,5 m.

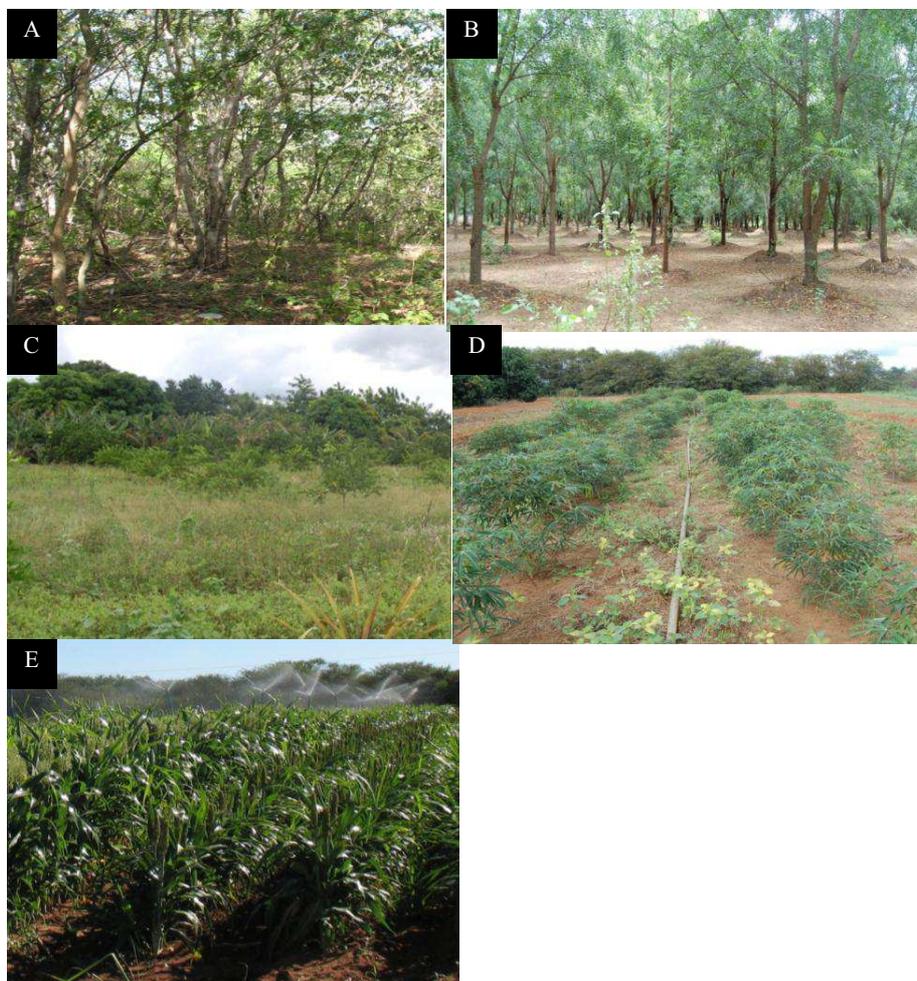


Figura 2 Sistemas de uso do solo estudados

Legenda: A – mata seca, B – monocultivo arbóreo, C – agropastoril, D – policultivo e E – monocultivo.

### 3.2 Amostragem

Foram definidos quatro pontos de coleta em cada área de estudo para coleta dos besouros do esterco (Coleoptera: Scarabaeidae). Foram instaladas 24 armadilhas na mata seca, 24 armadilhas no monocultivo arbóreo, 24 armadilhas

no agropastoril, 32 armadilhas no policultivo e 24 armadilhas no monocultivo, totalizando 128 armadilhas. As armadilhas foram distribuídas em um quadrado, com distância mínima de 50 m entre elas (Figura 3-a). Em cada um dos vértices do quadrado, instalaram-se armadilhas de queda do tipo pitfall (19 cm de diâmetro, 11 cm de profundidade), enterradas ao nível do solo e iscadas com fezes humanas (25 g). Cada armadilha foi preenchida com 250 ml de uma solução de sal mais detergente e o conjunto foi protegido com uma cobertura plástica para proteção contra chuva (Figura 3-b).

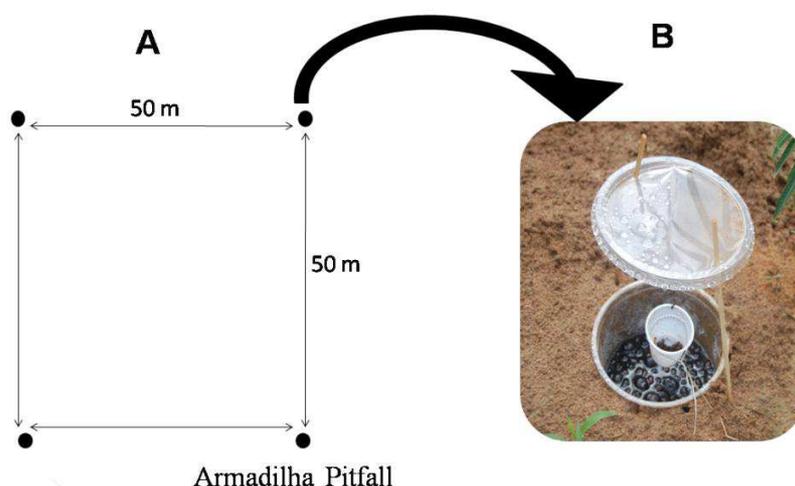


Figura 3 A) Esquema explicativo da disposição das armadilhas de queda, tipo pitfall nas áreas de coleta; B) Foto da armadilha instalada em campo

Todas as armadilhas foram instaladas pela manhã e recolhidas após 24 horas. Os besouros do esterco capturados foram acondicionados com os dados de procedência em embalagens apropriadas para o seu transporte até o laboratório da estação experimental da Epamig, no distrito de Mocambinho, onde o material foi triado. Optou-se por utilizar um período de 24 horas, em vez de amostragem mais comumente utilizada de 48 horas, para minimizar os efeitos

de um fator de confundimento relacionados à atratividade, uma vez que existe a possibilidade da isca atrativa resecar e perder a atratividade na mata seca, principalmente, em função das altas temperaturas locais.

As amostras triadas foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados da Universidade Federal de Lavras. No laboratório, os besouros foram montados em alfinete entomológico e identificados com o auxílio de microscópio estereoscópio. As espécies foram revisadas pelo Dr. Fernando A. B. Silva.

Para obter o cálculo da massa corporal para cada espécie coletada, realizou-se a pesagem em balança de precisão (0.0001 g) com uma amostra de até 30 indivíduos de cada espécie, quando possível. A média obtida, com base no peso destes indivíduos foi calculada multiplicando-se pela abundância total de cada espécie. Antes de realizar a pesagem dos exemplares, estes foram secos em estufa a uma temperatura de 60°C por uma semana, para completa secagem (GARDNER et al., 2008). Todas as licenças necessárias para as análises e coletas de campo foram obtidas junto aos órgãos competentes.

### **3.3 Análises estatísticas**

Para a estimativa da eficiência da coleta em cada amostragem em cada uso do solo, usou-se a medida de complementação da amostragem com o uso das médias dos valores das espécies coletadas (CHAO; JOST, 2012).

Para a comparação da riqueza de espécies, padronizou-se para a mesma cobertura amostral, por meio da interpolação e extrapolação da cobertura amostral das áreas de referências, que, neste caso, foram as áreas de reserva legal de mata seca (CHAO; JOST, 2012). As áreas de coletas foram comparadas com uma cobertura padronizada de  $Cm = 0.997$  (baseado em bootstrap). Os

cálculos foram realizados com auxílio do programa INEXT (CHAO; JOST, 2012; HSIEH; MA; CHAO, 2013).

Os padrões de diversidade nos sistemas de uso do solo foram feitos com a geração de perfis, usando as diversidade de ordem “ $q$  ( $^qD$ )”, conhecidas como “diversidades verdadeiras” propostas por Jost (2006) e Jost (2007). Desta forma, a diversidade é calculada com a vantagem de depender somente do valor de “ $q$ ” e das abundâncias relativas das espécies, não dependendo da forma funcional do índice que se escolhe para o cálculo, contrário às entropias (JOST, 2006). Segundo Jost (2007), os resultados apresentados são números equivalentes ao efetivo das espécies na comunidade e baseados na equação geral das diversidades verdadeiras

Pela equação descreve-se  $p_i$  como a abundancia relativa da espécie  $i$ , entendida como a abundância da espécie  $i$  dividida pela soma das abundâncias  $S$  espécies que compõem a comunidade. O exponencial “ $q$ ” representa a ordem da diversidade e tem a função de indicar a sensibilidade da diversidade das espécies raras ou abundantes. Os perfis de diversidade foram gerados considerando as ordens “ $q = 0$ ”,  $q = 1$  e  $q = 2$ . Estas três medidas permitem avaliar de forma comparativa as mudanças da diversidade nas comunidades (JOST et al., 2010). A diversidade de ordem zero ( $^0D$ ) não é afetada pela frequência das espécies e representa a riqueza das espécies em cada comunidade estudada. A diversidade de ordem 1 ( $^1D$ ) usa a frequência relativa de cada espécie, entretanto não favorece as espécies raras ou dominantes. Pode ser, também, expressada como diversidade de Shannon.  $^1D$ , apesar de não estar definida para a equação geral, seus limites existem e está representado pelo exponencial do índice de entropia de Shannon (JOST, 2006; JOST, 2007). Por fim, a diversidade de ordem 2 ( $^2D$ ), que está representada pelo inverso do equivalente de Simpson e favorece as espécies dominantes da comunidade.

Calculou-se, também, o fator de dissimilaridade  $IF_{(0,q)}$  para verificar o quanto é pronunciada a diminuição da diversidade por meio do estudo do perfil de diversidade das comunidades estudadas (JOST et al., 2010). O IF representa a relação da diversidade  ${}^0D$  (riqueza de espécies,  $S$ ) com a diversidade de outras ordens ( $q1$  e  $q2$ ). Para calcular  $IF(q0,q1)$  y  $IF(q0,q2)$  de cada perfil foram utilizadas as equações correspondentes abaixo:

$$D^q = \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{\frac{1}{1-q}} \quad (1)$$

$$IF_{0,q} = S / \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{\frac{1}{1-q}} \quad (2)$$

em que  $IF_{0,q}$  representa o fator de dissimilaridade e  $S$ , a riqueza das espécies ( ${}^0D$ ).

Para analisar a variação na composição de espécies entre a mata seca e os sistemas de uso do solo estudados, calculou-se a diversidade beta verdadeira ( ${}^qD_\beta$ ), por meio da partição multiplicativa, seguindo a proposta de Whittaker (JOST, 2007). Logo, ( ${}^qD_\beta$ ) representa o número efetivo e comunidades que estão sendo comparadas em uma região, podendo variar de um (para o caso das comunidades serem iguais) até o número máximo de comunidades que estão sendo comparadas (para o caso das comunidades que não compartilham nenhuma espécie) (JOST, 2007).

Também foi realizado um diagrama de Venn, demonstrando quantas espécies foram compartilhadas entre a mata seca e os sistemas de uso do solo. Portanto, quanto maior a quantidade de espécies compartilhadas com o fragmento de mata seca, mais alto o valor para conservação da biodiversidade desses ambientes.

Com a finalidade de comparar os padrões de dominância de espécies nos diferentes sistemas, foi realizado um *rank* de abundância das espécies com uso da abundância relativa, com auxílio do programa EstimateS 8.0 (COWELL, 2010), a fim de minimizar a influência de espécies raras na análise.

Para avaliar o efeito do uso do solo sobre a riqueza, utilizaram-se modelos lineares generalizados (GLM) tendo a riqueza, abundância e biomassa como variável resposta e os diferentes sistemas de uso do solo como variável determinante. Sempre que encontrada a diferença estatística, foi efetuado um teste de contraste de médias. Essas análises foram realizadas com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

As diferenças espaciais nas assembleias de Scarabaeinae, nos diferentes usos do solo estudado, foram verificadas com dados da composição de espécies por meio da análise de coordenadas principais (PCO), baseadas na matriz (com valores de abundância) de similaridade de Bray-Curtis.

Diferenças estatísticas na composição de espécies entre os diferentes sistemas de uso do solo foram medidas por meio da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), por comparações múltiplas pareadas. Foi utilizada, também, a dispersão multivariada (PERMDISP) para testar a homogeneidade da variância dos valores de dispersão entre os sistemas. Essas análises foram realizadas usando o software Primer v.6 com PERMANOVA + (CLARKE; GORLEY, 2006).

#### 4 RESULTADOS

Para a comparação da riqueza de espécies, padronizou-se para a mesma cobertura amostral (comparando-se as proporções iguais da comunidade, por meio da extrapolação e interpolação da cobertura amostral das áreas referência que, neste caso, foram as áreas de reserva legal de mata seca (CHAO; JOST, 2012) (Figura 4).

O método demonstrou que não houve diferença das espécies esperadas para todas as áreas, para cada uso de solo e variou entre 16 espécies em áreas de monoculturas e 25 espécies em áreas de monocultura arbórea.

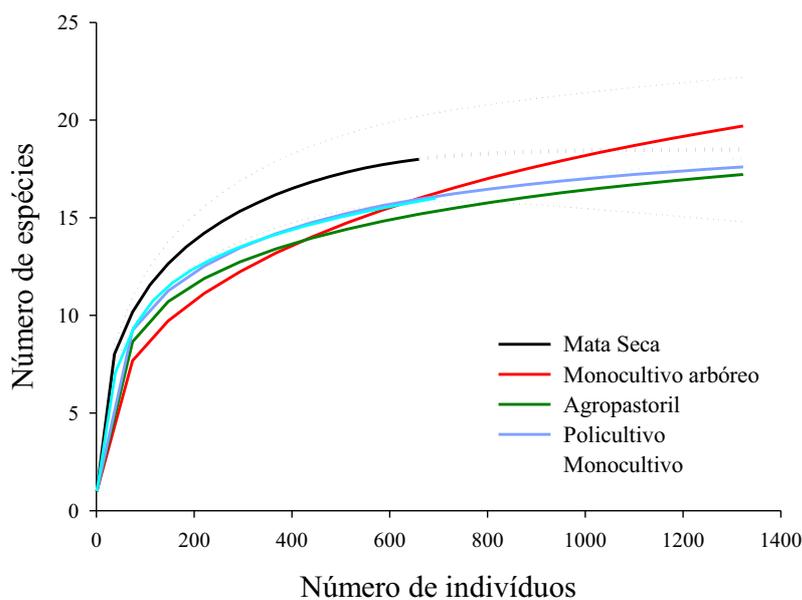


Figura 4 Curva de rarefação com extrapolação de espécies, baseada no número de indivíduos de Scarabaeinae, coletados em mata seca, monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo, distribuído em 32 áreas na cidade de Jaíba, MG, Brasil

Legenda: A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95% da riqueza observada na mata seca.

#### **4.1 Padrões gerais de abundância, riqueza e biomassa**

Foram coletados 9.046 indivíduos de Scarabaeinae, pertencentes a 32 espécies distribuídas em 16 gêneros e seis tribos: Ateuchini (5 gêneros, 6 espécies), Deltochilini (3 gêneros, 12 espécies), Coprini (3 gêneros, 6 espécies), Onthophagini (2 gêneros, 5 espécies) Oniticellini (1 gênero, 1 espécie), e Phanaeini (2 gêneros, 2 espécies). A tribo Deltochilini apresentou maior riqueza de espécies, sendo representada por 12 espécies (321 indivíduos) e a tribo Coprini apresentou a maior abundância de indivíduos com 6.689 indivíduos coletados (6 espécies).

Nas áreas florestais de mata seca foi encontrado um número baixo de espécies (18 espécies) e o menor número de indivíduos (661), isso representou o total de 7,31% da abundância total. As áreas de produção agrícolas apresentaram maior abundância e o monocultivo arbóreo teve maior riqueza de espécies (25 espécies) e conjuntamente a maior abundância (3.231 indivíduos), seguido da produção agropastoril com 19 espécies e 2.849 indivíduos. O policultivo apresentou riqueza de espécie igual à área de mata seca (18 espécies), entretanto com uma abundância muito maior (1.610 indivíduos) e o monocultivo apresentou menor número de espécie de todos os usos do solo estudado (16 espécies) e foi pouco mais abundante do que as áreas naturais de mata seca (694 indivíduos) (Tabela 2).

Tabela 2 Lista dos Scarabaeinae coletados e identificados, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, MA) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultura, M) monocultura) e respectivos valores de abundância e riqueza, na Região Norte de Minas. Jaíba, MG – Brasil

	MS	MA	A	P	M	Total
<b>Ateuchini</b>						
<i>Agamopus viridis</i> Boucomont, 1928	-	-	1	1	1	3
<i>Ateuchus semicribratus</i> (Harold, 1868)	341	600	122	32	17	1112
<i>Canthidium aff. humerale</i> (Germar, 1813)	-	9	110	54	6	179
<i>Canthidium</i> sp.	-	82	132	251	3	468
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	-	15	11	9	52	87
<i>Uroxys</i> sp.	76	1	2	-	-	79
<b>Deltochilini</b>						
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1843	2	11	29	2	2	46
<i>Canthon histrio</i> (Lepelletier de Saint Fargeau & Audinet-Serville, 1828)	17	-	-	-	-	17
<i>Canthon lituiratus</i> (Germar, 1813)	-	1	16	6	1	24
<i>Canthon pilluliforme</i> (Blanchard, 1845)	-	-	-	1	-	1
<i>Canthon quinquenaculatus</i> Castelnau, 1840	1	38	-	-	-	39
<i>Canthon</i> sp.	63	7	72	24	-	166
<i>Canthon</i> sp.1	-	-	7	-	-	7
<i>Deltochilum aff. caucaratum</i> Bates, 1870	8	-	-	-	-	8
<i>Deltochilum (Deltohyboma)</i> sp.	4	-	-	-	-	4
<i>Deltochilum enceladum</i> Kolbe, 1893	2	-	-	-	-	2
<i>Deltochilum verruciferum</i> Felsche, 1911	2	1	1	-	-	4
<i>Pseudocanthon aff. xanthurum</i> (Blanchard, 1845)	-	3	-	-	-	3

“Tabela 2, conclusão”

	MS	MA	A	P	M	Total
<b>Coprini</b>						
<i>Dichotomius aloctaceus</i> (Felsche, 1901)	-	1	-	-	-	1
<i>Dichotomius boos</i> (Blanchard, 1845)	-	5	3	10	8	26
<i>Dichotomius geminatus</i> (Arrow, 1913)	45	2100	2176	608	495	5424
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	10	155	67	204	13	449
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	66	131	63	337	20	6117
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre, 1880)	66	131	63	337	20	617
<i>Digithonphagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	-	1	-	-	-	1
<i>Onthophagus bucculus</i> Mannerheim, 1829	5	7	-	4	3	19
<i>Onthophagus</i> sp.	1	3	4	8	15	31
<i>Onthophagus</i> sp.1	3	3	3	3	12	24
<i>Onthophagus</i> sp.2	-	2	6	4	1	13
<b>Oniticellini</b>						
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	13	5	-	-	-	18
<b>Phanaeini</b>						
<i>Coprophanæus jasius</i> (Olivier, 1789)	-	1	-	-	-	1
<i>Oxysternon</i> sp.	-	1	-	-	-	1
<b>Abundância</b>	<b>661</b>	<b>3231</b>	<b>2849</b>	<b>1610</b>	<b>695</b>	<b>9046</b>
<b>Riqueza</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	

Não foi possível responder qual tipo de uso do solo apresentou maior diversidade quando se compararam as áreas naturais de mata seca com os diferentes sistemas de uso do solo: monocultivo arbóreo, agropastoril e

policultivo. A análise de perfil demonstrou ter maior similaridade de espécies típicas e de dominância entre a mata seca e o policultivo (Figura 5).

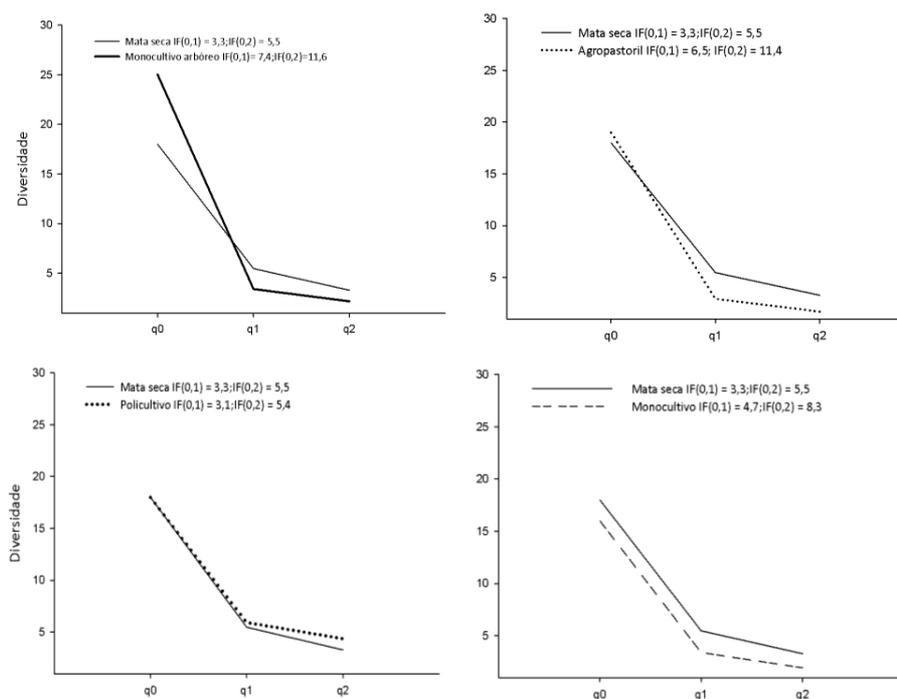


Figura 5 Perfis de diversidade, baseados nos números de similaridade de espécies entre os sistemas de uso do solo estudados, comparados com as áreas naturais de mata seca, demonstrando comparativamente as riquezas entre os diferentes usos do solo (mata seca, monocultivo arbóreo, agropastoril, policultivo e monocultivo)

O diagrama de Veen (Figura 6) entre a mata seca e os sistemas de uso do solo, demonstrou uma considerável semelhança entre os sistemas. A menor diferença foi encontrada entre as áreas de mata seca e os sistemas de uso do solo monocultivo arbóreo ( $\beta = 1.35$ ), em razão de um maior compartilhamento de espécies. A área de Mata Seca compartilhou maior número de espécies com o monocultivo arbóreo (78% das espécies). Contudo, o manejo agrícola

monocultivo foi o que apresentou menor compartilhamento de espécies com as áreas de naturais (50% das espécies) (Figura 3).

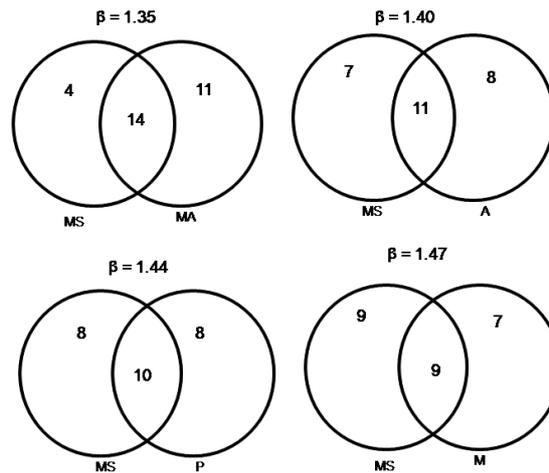


Figura 6 Diagrama de Venn e análise beta, mostrando número de compartilhamentos de espécies de escarabaeineos entre os diferentes usos do solo: MS) mata seca, A) agropastoril, MA) monocultivo Arbóreo, P) policultivo, M) monocultivo, com seus respectivos valores de beta

#### 4.2 Padrão de distribuição das espécies

O padrão de distribuição das espécies foi semelhante entre os sistemas de uso do solo estudados, entretanto, esse padrão foi menos evidente nas áreas naturais de mata seca. A espécie *Dichotomius geminatus* foi a mais abundante, nos sistemas de uso do solo antropizados, mostrando-se dominante e no monocultivo arbóreo foi responsável por 65% da abundância, no agropastoril 76,4% e no monocultivo 71%. No policultivo essa espécie contribuiu com 37% sendo equivalente em valor ao *Dichotomius nisus*. Entretanto, no sistema natural de mata seca, essa espécie foi a quinta mais abundante (Figura 7), representando

apenas 6,8% do total dos indivíduos. A espécie de maior abundância no sistema natural de mata seca foi *Ateuchus semicribratus* que contribuiu com 51,6% total de indivíduos. Dentre os sistemas de uso do solo antropizados apenas o monocultivo arbóreo apresentou abundância mais expressiva dessa espécie com 18% do total dos indivíduos coletados, para os outros sistemas agrícolas não foi maior de 4% (Figura 7).

Quanto à distribuição de biomassa de escarabaeíneos, nos sistemas de uso do solo estudados, a espécie *Dichotomius geminatus* contribuiu para incrementar a biomassa dos sistemas antropizados, sendo maior no monocultivo com cerca de 90% da biomassa e para os outros: monocultivo arbóreo 80%, agropastoril 85% e policultivo 90%. Para o sistema natural de mata seca apresentou o menor valor com 6,8% do total da biomassa (Figura 7).

As áreas de mata seca apresentaram composição distinta dos demais sistemas estudados, e as espécies apresentaram distribuição da biomassa mais igualitária, quando comparadas com os demais sistemas de uso do solo. Da mesma forma *Dichotomius geminatus* contribuiu com maior biomassa em relação às outras espécies nos sistemas de uso do solo, monocultivo arbóreo, agropastoril e monocultivo (Figura 7).

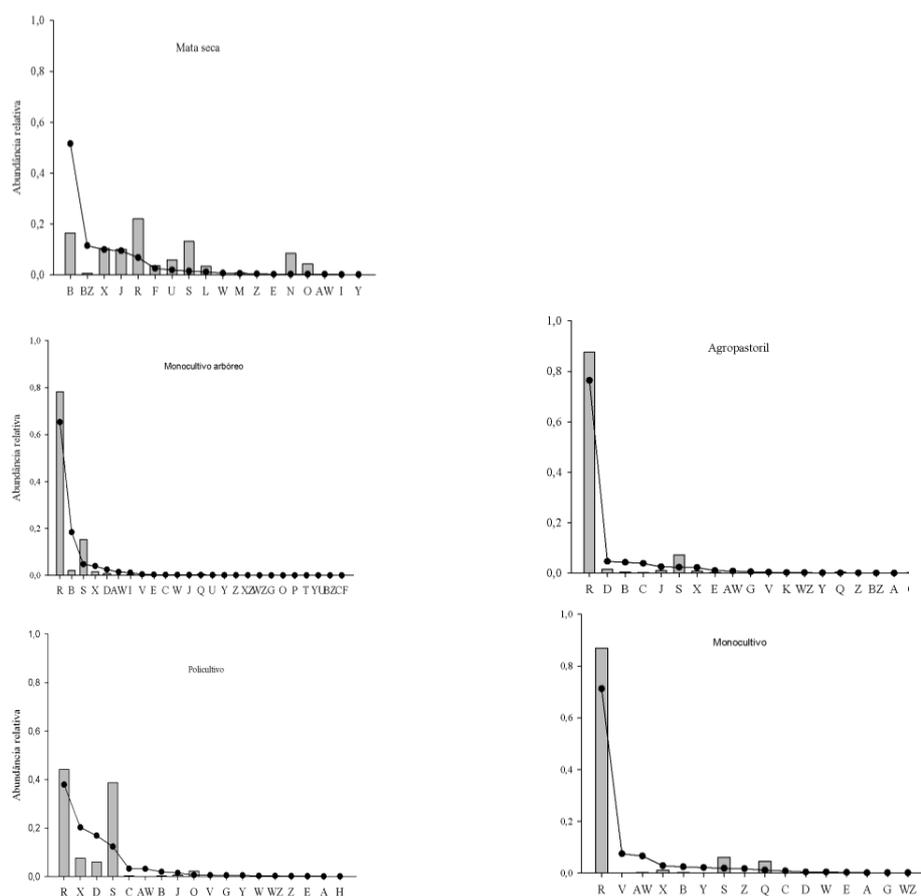


Figura 7 Rank de espécies de besouros Scarabaeinae espécies em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Legenda: A) *Agamopus viridis*, B) *Ateuchus semicribratus*, C) *Canthidium aff. humerale*, D) *Canthidium sp.*, E) *Canthon chalybaeus*, F) *Canthon histrio*, G) *Canthon lituratus*, H) *Canthon pilluliforme*, I) *Canthon quinquenaculatus*, J) *Canthon sp.1*, K) *Canthon sp.2*, L) *Deltochilum aff. caucaratum*, M) *Deltochilum (Deltohyboma) sp.*, N) *Deltochilum enceladum*, O) *Deltochilum verruciferum*, P) *Dichotomius aloctaceus*, Q) *Dichotomius bos*, R) *Dichotomius geminatus*, S) *Dichotomius nisus*, T) *Digithonphagus gazella*, U) *Eurysternus caribaeus*, V) *Genieridium bidens*, X) *Ontherus appendiculatus*, W) *Onthophagus bucculus*, Y) *Onthophagus sp.1*, Z) *Onthophagus sp.2*, WZ) *Onthophagus sp.3*, YU) *Oxysternon sp.*, XZ) *Pseudocanthon aff. xanthurum*, AW) *Trichillum externepunctatum*, BZ) *Uroxys sp.*, CF) *Coprophanæus jasius*.

### 4.3 Composição das espécies e padrões de dispersão

A análise de PCO mostra claramente a formação de dois grupos com relação à composição de espécies: áreas naturais de mata seca e os sistemas de cultivos agrícolas podem ser visualizados no mapa de ordenação por PCO (Figura 8). Os dois eixos da PCO explicam 56,1% da variação dos dados.

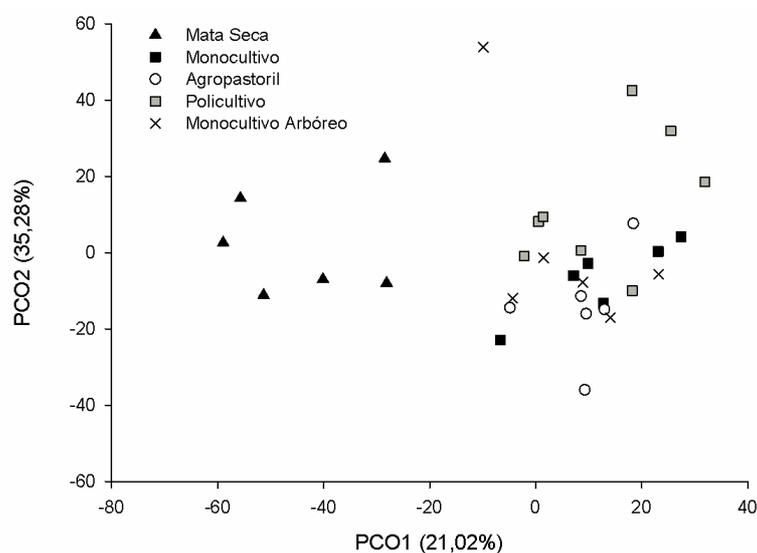


Figura 8 Ordenação dos pontos amostrais, de acordo com a análise de componentes principais (PCO), realizada sobre a matriz de distância de Bray-Curtis de cinco sistemas de uso do solo, no Perímetro irrigado do Jaíba, Jaíba, MG, Brasil

A comunidade de Scarabaeinae mostrou diferenças significativas entre os sistemas de uso do solo (PERMANOVA, pseudo -  $F = 4,64$ ,  $p = 0,001$ ) (Tabela 3).

Os sistemas de uso do solo apresentaram diferenças na homogeneidade de variância da dispersão multivariada dos pontos (PERMDISP,  $F = 1,7875$ ,  $p = 0,3$ ). O valor da dispersão multivariada diferiu, significativamente, apenas entre

a mata seca e agropastoril ( $t = 2,4434$ ;  $p = 5,20E^{-02}$ ) e mata seca e policultivo com a significância de ( $t = 0,57$ ,  $p = 0,05$ ). Também apresentaram diferenças nos sistemas agrícolas monocultivo e policultivo ( $t = 1,2043$ ;  $p = 2,59E^{-01}$ ) e para o agropastoril e policultivo ( $t = 3,07$ ;  $p = 1,30E^{-02}$ ) (Tabela 1). Para realização dessas análises utilizou-se o software Primer v.6 com PERMANOVA + (CLARKE; GORLEY, 2006).

Tabela 3 Valores do teste pareado PERMANOVA e PERMDISP para examinar as diferenças na composição de espécies e na dispersão multivariada dos pontos, respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Sistema de uso do solo	Permanova		Permdisp	
	t	P	t	P
Mata seca x Monocultivo	2,8586	0,004*	1,2594	0,307
Mata seca x Agropastoril	3,0616	0,004*	2,4424	0,520
Mata seca x Policultivo	2,9819	0,001*	0,5743	0,588
Mata seca x Monocultivo arbóreo	2,3697	0,002*	0,6010	0,614
Monocultivo x Agropastoril	1,2774	0,169	1,3376	0,296
Monocultivo x Policultivo	1,6085	0,040*	1,2043	0,259
Monocultivo x Monocultivo arbóreo	1,0553	0,384	0,4488	0,816
Agropastoril x Policultivo	1,9032	0,016	3,0700	0,013
Agropastoril x Monocultivo arbóreo	1,2110	0,230	1,4367	0,378
Policultivo x Monocultivo arbóreo	1,1502	0,236	0,3153	0,804

Nota: Valores seguidos de \* destacam a significância encontrada ( $<0,05$ ).

A riqueza de espécies não apresentou diferenças significativas entre os diferentes usos do solo ( $F = 0,778$ ;  $p = 0,5493$ ). O número de indivíduos capturados apresentou diferenças estatísticas ( $F = 4,4703$ ;  $p = 0,0067$ ) e a mata seca apresentou o menor número de indivíduos (661) diferenciando dos demais sistemas de uso da terra. O monocultivo de espécies arbóreas (3.231) e sistema agropastoril (2.849) não diferiram entre si na abundância e foram diferentes dos sistemas policultivo (1.609) e monocultivo (695) que não diferiram entre si.

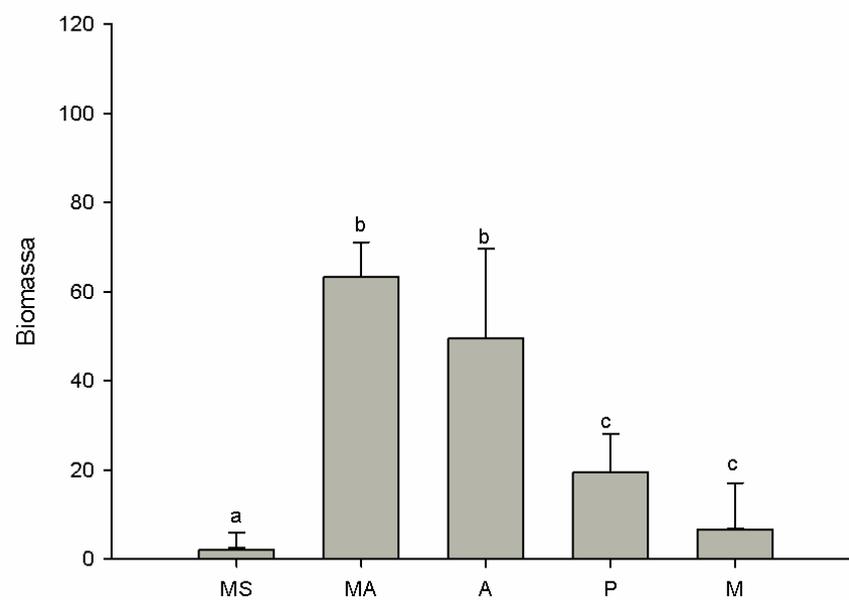


Figura 9 Média dos valores da biomassa das espécies, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Legenda: As letras diferentes demonstram resultados, significativamente, diferentes, pelo teste de contraste de médias ao nível de significância 0,05.

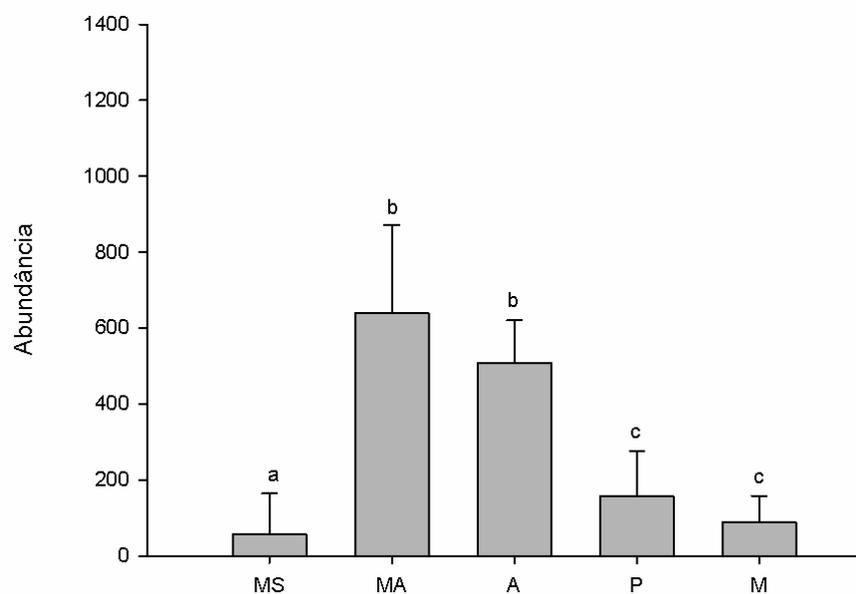


Figura 10 Média dos valores da abundância de espécies, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Legenda: As letras diferentes demonstram resultados, significativamente, diferentes, pelo teste de contraste de médias ao nível de significância 0,05.

Em relação à biomassa, os sistemas de uso da terra apresentaram diferenças significativas ( $F = 5.2712$ ;  $p = 0.0026$ ). A área natural de mata seca foi diferente dos demais com o menor valor médio de biomassa, os sistemas de uso do solo monocultivo de espécies arbóreas e agropastoris não diferenciaram entre si, sendo diferentes dos sistemas de uso do solo policultivo e monocultivo, que, por sua vez, não diferiram entre si (Figura 9).

## 5 DISCUSSÃO

As áreas de mata seca são conhecidas por sua acentuada heterogeneidade de habitats, associada às condições climáticas adversas, com sazonalidade na distribuição de chuvas (MOONEY et al., 1995). Esse tipo de vegetação pode permanecer vários meses por ano em situação de seca, com uma precipitação média de 100 mm e uma temperatura média maior que 25 °C (MOONEY et al., 1995; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; SANCHES-AZOFEIFA et al., 2005). Além disso, apresenta predominância de árvores e arbustos caducifólios, com pelo menos 50% das espécies decíduas (SANCHES-AZOFEIFA et al., 2005).

As características típicas desse tipo de vegetação sugerem a formação de um sistema de baixa produtividade, uma vez que as dificuldades climáticas são refletidas na formação de recursos importantes para a sobrevivência dos organismos, assim como as características da paisagem influenciam os padrões de distribuição e processos ecológicos das populações (BRENNAN et al., 2002; DUNNING; DANIELSON; PULLIAM, 1992). Nesse caso, os atributos ecológicos explicam melhor os resultados do que condições locais, como o tamanho da área (JULES; SAHANI, 2003; NUMA et al., 2009).

Essas características podem explicar o porquê das áreas de mata seca apresentarem número reduzido de espécies e abundância, quando comparadas aos resultados dos outros sistemas de uso do solo. Apesar de apresentar número de espécies igual ao policultivo e o monocultivo arbóreo ser o sistema de uso do solo como maior valor de espécies encontradas, não houve diferença estatística para a riqueza de espécies entre os diferentes sistemas de uso do solo.

Entretanto, as diferenças foram significativas para a abundância e biomassa das espécies e a mata seca foi o sistema de uso do solo com menor valor de média para a abundância e biomassa. Dentre os sistemas antropizados, o

monocultivo arbóreo e o agropastoril apresentaram maior abundância e biomassa de espécies de Scarabaeinae. É interessante entender que o monocultivo arbóreo baseia-se na produção espécies vegetais perenes, tem por característica maior necessidade de intensificação de uso e recursos na implantação da lavoura (uso de máquinas para preparo do solo e cuidados constantes nos primeiros meses de desenvolvimento das plantas). Entretanto, ao completar o seu desenvolvimento, essa demanda diminui muito e quase não há a necessidade de intervenção no local, o que faz com que esse ambiente se torne adequado para muitas espécies de besouros Scarabaeinae.

Pelos perfis de diversidade demonstrou-se que as áreas naturais apresentam maior diferença entre a mata seca e o monocultivo e as curvas não se sobrepõem em nenhum dos pontos. Isso evidencia que as diferenças na composição das áreas existem realmente, principalmente, por se tratar de sistemas que estão em extremos de graus de uso do solo. Mesmo com o aporte de recursos fornecidos pela produção agrícola, a composição dos escarabeíneos, os quais ocupam os sistemas de uso do solo apresentaram-se diferenciados.

Nossos resultados contrastam com os resultados mais comuns em estudos ecológicos comparativos entre áreas de florestas e agricultura, onde a modificação dos habitats naturais para sistemas mais simples resulta na redução do número de indivíduos de Scarabaeinae ((SHAHABUDDIN; CHRISTIAN; TSCHARNTKE, 2005). Entretanto, observa-se que simplificações de uso do solo como agroflorestas e florestas secundárias possibilitam a manutenção de um número elevado de espécies de borboletas e plantas de sub-bosque, pássaros e borboletas, respectivamente (SCHULZE et al., 2004). Mesmos assim, segundo Perfecto et al. (1997), ainda não está bem esclarecida qual a importância da transformação de áreas naturais de florestas em áreas de agroflorestais para a perda de biodiversidade (GRIES et al., 2011).

A produção agropastoril, por sua vez, representa um tipo de sistema de produção com menor necessidade de aporte de insumos externos à propriedade (GLIESSMAN; GUSTAVO, 2000). Além de ser uma área de produção com menor necessidade de uso de máquinas agrícolas, pois não existe a necessidade de revolvimento do solo, a associação da produção vegetal com a produção animal apresenta um sistema produtivo adequado para manutenção da biodiversidade de Scarabaeinae, pois aportam os recursos necessários para a manutenção desses organismos nas áreas, principalmente, pela ocorrência na área de fezes produzidas pelos animais criados com objetivo principal de produção de carne ou leite.

Os sistemas de uso do solo policultivo e monocultivo apresentaram valores intermediários para as médias de abundância e biomassa dos Scarabaeinae. Esses sistemas de produção representam o extremo na necessidade de manejo, para viabilizar a produção agrícola, demandando intenso aporte de insumos e revolvimento do solo para implantação e colheita da lavoura, além de serem áreas de cultivos mais abertos quando comparados aos outros. Essas características de manejo refletem na estrutura da paisagem e, dessa forma, fazem com que apresentem menores condições de manutenção da biodiversidade quando comparados aos sistemas de cultivo monocultivo arbóreo e agropastoril.

Segundo Andresen (2007), não foram verificadas diferenças no total da abundância de besouros escarabeídeos em florestas primárias e secundárias. Entretanto, quando se comparam florestas com áreas abertas como, por exemplo, o pasto, estas últimas, invariavelmente, apresentam menor número de indivíduos (GARDNER et al., 2008). Além disso, em alguns estudos demonstra-se que sistemas simplificados podem proporcionar vantagens a determinadas espécies que, eventualmente, têm sua população elevada, ultrapassando as populações em sistemas naturais (DAVIS et al., 2001; ESCOBAR, 2004; ESCOBAR et al., 2008).

Quanto à composição da comunidade e padrões de dispersão das espécies, os resultados deste estudo evidenciaram diferenças significativas entre o sistema natural de mata seca e os sistemas antropizados. Podemos entender, com base nesses dados que, apesar dos sistemas agrícolas aportarem recursos, e promoverem a manutenção dos Scarabaeinae, ainda assim algumas espécies se mostram características dos ambientes naturais e são encontradas, especificamente, dentro da mata seca. Mostram, assim, o quanto esse tipo de vegetação, mesmo com baixa produtividade, apresenta acentuada importância para a manutenção das espécies de Scarabaeinae em um contexto regional, uma vez que áreas de produção agrícola podem suportar uma fauna totalmente diferente da floresta nativa (ESCOBAR, 2004).

Nas áreas de mata seca, a inserção de sistemas agrícolas poderia ser um fator de incremento para a biodiversidade de besouros Scarabaeinae, uma vez que esses apresentam um maior incremento de recursos, em virtude da irrigação constante e acréscimo de nutrientes para promover a produção agrícola. Em estudos demonstra-se que florestas primárias apresentam maior abundância quando comparadas com áreas abertas de pastagens, isso pode ser explicado por se tratar de sistemas de uso do solo considerados extremos em suas diferenças estruturais. Sistemas de cultivo que representam menor impacto como o monocultivo arbóreo pode ser um refúgio para esses organismos em regiões de mata seca, isso pode ocorrer em razão desse tipo de cultivo apresentar características estruturais próximas as das áreas de mata seca e oferecer maior umidade à prática da irrigação.

## 6 CONCLUSÃO

Não foram encontradas diferenças entre a riqueza das áreas naturais de mata seca e os ambientes agrícolas estudados, mesmo entre os ambientes considerados extremos de uso do solo (moncultivo arbóreo e monocultivo convencional). Foram comprovadas diferenças entre a composição dos besouros Scarabaeinae coletados na mata seca e os ambientes agrícolas. Assim como para a biomassa e abundância, as áreas agrícolas apresentaram maior número de indivíduos coletados. As áreas agrícolas funcionam como aporte de recursos e tornam primordial, para a sobrevivência dos escarabeíneos, locais com características climáticas extremas como é o caso das florestas tropicais secas.

## REFERÊNCIAS

AIDAR, T. et al. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauna, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 817-820, 2000.

ANDRESEN, E. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 12, n. 6, p. 639-650, 2007.

BRENNAN, J. et al. Focal patch landscape studies for wildlife management optimizing sampling effort across scales. In: LIU, J.; TAYLOR, W. (Ed.). **Integrating landscape ecology into natural resource management**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p. 68-91.

BRUSSAARD, L.; RUNIA, L. T. Recent and ancient traces of scab beetles activity in sandy soils of Netherlands. **Geoderma**, Amsterdam, v. 34, n. 3-4, p. 229-250, Dec. 1984.

CHAO, C.; JOST, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, Washington, v. 9, n. 12, p. 2533-2547, Dec. 2012.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Primer v6**: user manual/tutorial. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2006.

COLWELL, R. K. **EstimateS**: statistical estimation of species richness and shared species from samples: version 8.2, user's guide and application. Cambridge: University of Connecticut, 2010. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 5 maio 2013.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Perímetro irrigado de Jaíba**. Jaíba: CODEVASF, 2001.

COWELL, R. Wind power, landscape and strategic, spatial planning: the construction of "acceptable locations" in Wales. **Land use Policy**, Guildford, v. 27, n. 2, p. 222-232, Apr. 2010.

DAVIS, A. J. et al. Dung beetles as indicators of change in the forests of norther Borneo. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 593-616, June 2001.

DOUBE, B. M.; MACQUEEN, A.; FAY, H. A. C. Effects of dung fauna on survival and size of buffalo flies (*Haematobia* spp.) breeding in the field in south Africa and Australia. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 523-536, Aug. 1988.

DUNNING, J.; DANIELSON, B.; PULLIAM, H. Ecological processes that affect population in complex landscapes. **Oikos**, Buenos Aires, v. 65, n. 1, p. 169-175, Oct. 1992.

ESCOBAR, F. Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape. **Tropical Zoology**, Firenze, v. 17, n. 1, p. 123-136, 2004.

ESCOBAR, F. et al. Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, n. 6, p. 1584-1592, Dec. 2008.

FINCHER, G. T. Effect of dung beetle activity on the number of nematode parasites acquired by grazing cattle. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 61, n. 4, p. 759-762, Aug. 1975.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of food insecurity in the world**. Quebec: FAO, 2006.

GARDNER, T. A. et al. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 883-893, June 2008.

GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Austrália, v. 33, n. 1, p. 30-34, 1967.

GLEISSMAN, S.; GUSTAVO, R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto alegre: Editora da UFRGS, 2000.

GRIES, R. et al. Evaluating impacts and conservation value and native tree afforestation in Cerrado grasslands using dung beetles. **Insect Conservation and Diversity**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 175-185, May 2011.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrients cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 49, p. 119-199, 1993.

HSIEH, T. C.; MA, K.; CHAO, A. Basic data information. **iNEXT online**, Índia, 2013. Disponível em: <<http://chao.stat.nthu.edu.tw/inext/>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Jaíba**. Brasília: INMET, 2011. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

JOST, L. Entropy and diversity. **Oikos**, Buenos Aires, v. 113, n. 2, p. 363-375, May 2006.

JOST, L. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. **Ecology**, Washington, v. 88, n. 10, p. 2427-2439, Oct. 2007.

JOST, L. et al. The relation between evenness and diversity. **Diversity**, Bethesda, v. 2, n. 2, p. 207-232, 2010.

JULES, E.; SHAHANI, P. A broader ecological context to habitat fragmentation: why matrix habitat is more important than we thought. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 14, n. 3, p. 459-464, June 2003.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north central Florida. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 169-172, 1984.

MOONEY, H. A. et al. (Ed.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

MORAIS, L. F. **A sustentabilidade da agricultura irrigada no contexto do Projeto Jaíba Etapa I**. 1999. 96 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

NERY, J. A. **Estudo da evolução da agricultura irrigada no Norte do Estado de Minas e seus efeitos**. Montes Claros: EMATER, 2003.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, Essex, v. 141, n. 6, p. 1461-1474, June 2008.

NICHOLS, E. et al. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, Essex, v. 137, n. 1, p. 1-19, June 2007.

NUMA, C. et al. Effect of landscape structure on the spatial distribution of mediterranean dung beetle diversity. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 15, n. 3, p. 489-501, May 2009.

PENNINGTON, T.; LEWIS, G.; RATTER, J. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity**. Boca Ration: CRC Press, 2006.

PERFECTO, I. et al. Arthropod biodiversity loss and the transformtion of a tropical agro-ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 6, p. 935-945, 1997.

QUINTERO, I.; ROSLIN, T. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in Central Amazonia. **Ecology**, Washington, v. 86, n. 12, p. 3303-3311, Dec. 2005.

R DEVELOPEMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 22 ago. 2010.

RODRIGUES, L. Potencial da agricultura irrigada como indutora do desenvolvimento regional: o caso do projeto Jaíba no Norte de Minas Gerais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 2, p. 206-232, abr./jun. 2001.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. et al. Research priorities for neotropical dry forests. **Biotropica**, Washington, v. 37, n. 4, p. 477-485, Dec. 2005.

SCHULZE, C. H. et al. Biodiversity indicator group of Tropical land-use systems: comparing plants, birds, and insects. **Ecological Applications**, Tempe, v. 14, n. 5, p. 1321-1333, Oct. 2004.

SHAHABUDDIN, et al. Diversity and body size of dung beetles attracted to different dung types along a tropical land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. **Journal of Tropical Ecology**, San Francisco, v. 26, n. 1, p. 53-65, Jan. 2010.

SHAHABUDDIN; CHRISTIAN, H. S.; TSCHARNTKE, T. Changes of dung beetle communities from rainforest towards agroforestry systems and annual cultures in Sulawesi (Indonesia). **Biodiversity and Conservation**, London, v. 14, n. 4, p. 863-877, Apr. 2005.

SILVEIRA, F. A. O. et al. Predation on *Atta laevigata* (Smith 1858) (Formicidae Attini) by *Canthon virens* (Mannerheim 1829) (Coleoptera Scarabaeidae). **Tropical Zoology**, Firenze, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2006.

SOUSA, W. P. The role of disturbance in natural communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, n. 1, p. 353-391, Nov. 1984.

VULINEC, K. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**, Washington, v. 34, n. 2, p. 297-309, June 2002.

VULINEC, K. et al. Primate and dung beetle communities in secondary growth rain forests: implications for conservation of seed dispersal systems. **International Journal of Primatology**, New York, v. 27, n. 3, p. 855-879, June 2006.

### **CAPÍTULO 3 Efeito da mudança de uso do solo nas funções ambientais realizadas pela comunidade de escarabeíneos na mata seca**

#### **RESUMO**

As florestas tropicais seca representam um importante exemplo de ecossistema que sofreu intensas mudanças de uso do solo. As análises de perda de diversidade, associadas as suas consequências na funcionalidade dos ecossistemas, fornecem a compreensão de como as atividades humanas, em diversos graus, podem influenciar na sua estrutura e funcionamento. Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar os efeitos da mudança de uso do solo nas funções ambientais que os Scarabaeinae realizam, utilizando um mosaico de áreas de produção agrícola irrigadas, que, originalmente, era coberto por vegetação de mata seca. Foram realizadas coletas em 32 áreas distribuídas em cinco categorias de uso do solo: mata seca (seis áreas), monocultivo arbóreo (seis áreas), agropastoril (seis áreas), policultivo (8 áreas) e monocultivo (seis áreas). Para estudo da biodiversidade, foram instaladas em cada área quatro armadilhas separadas por no mínimo 500 m, que foram retiradas após 24 horas para triagem e identificação das espécies coletadas. Em seguida, foram instaladas duas arenas com um bloco de 600 g de fezes ao centro (humanas+suínas) por área, separadas por 70 m cada uma para avaliação das funções realizadas pelos Scarabaeinae. Após 24 horas procedeu-se à verificação do peso das fezes que restaram e do solo revolvido pelos escarabeíneos. A composição, a abundância e a biomassa da comunidade de Scarabeíneos, na mata seca, apresentaram diferença em relação aos outros sistemas de uso da terra. A maior taxa de remoção de fezes foi observada nos sistemas de monocultivo arbóreo, monocultivo e agropastoril, enquanto a mata seca apresentou o menor valor de remoção de fezes, o revolvimento do solo foi maior nos sistemas agropastoril e monocultivo e a menor foi verificada para a mata seca. Os resultados são contraditórios quando comparados aos padrões relatados em outros trabalhos realizados no Brasil frente à mudança de uso da terra. No entanto, deve-se ressaltar que a Mata Seca é um sistema marcado pelo déficit hídrico em um período do ano. Adicionalmente, as áreas agrícolas em que coletamos os besouros e suas funções são áreas irrigadas, esse fator pode ter contribuído para os resultados contrastantes encontrados em outros estudos.

Palavras-chave: Mata seca. Scarabaeinae. Conservação Funções ecológicas. Agroecossistemas irrigados.

### ABSTRACT

Dry tropical forests represent an important example of ecosystem, which underwent intense soil use changes. The analysis of diversity loss associated to its consequences in the functionality of the ecosystems, provide the understanding of how human activities, in various degrees, might influence its structure and functionality. This work was conducted with the objective of analyzing the effects of the change in soil use in the environmental functions that the Scarabaeinae perform, using a mosaic of irrigated agricultural production areas, which, originally, was covered by dry forest vegetation. Samplings were performed in 32 areas distributed in five soil use categories: dry forest (six areas), arboreal monoculture (six areas), agropastoral (six areas), polyculture (eight areas) and monoculture (six areas). For the study of biodiversity, in each area, four traps were installed, separated by a minimum of 500 m, and were removed after 24 hours for triage and identification of the collected species. Subsequently, two arenas with a block of 600 g of feces (human + swine) was installed at the center per area, separated by 70 m each, for the evaluation of the functions performed by the Scarabaeinae. After 24 hours, the weight of the remaining feces and of the soil revolved by the Scarabaeinae was verified. The composition, the abundance and the biomass of the Scarabaeinae community in the dry forest presented difference in relation to the other soil use systems. The highest feces removal rate was observed in the arboreal monoculture, monoculture and agropastoral systems, while the dry forest presented the lowest value of feces removal, soil revolving was highest in the agropastoral and monoculture systems and the lowest was verified for the dry forest. The results are contradictory when compared to the standards reported in other works conducted in Brazil because of the change in soil use. However, it must be highlighted that the dry forest is a system marked by the water deficit during a period of the year. In addition, the agricultural areas from which we collected the beetles and its functions are irrigated areas. This factor might have contributed for the contrasting results found in other studies.

Keywords: Dry forest. Scarabaeinae. Conservation. Ecological functions. Irrigated agroecosystems.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, cada vez mais, evidenciam-se os efeitos da interferência humana em ambientes naturais, resultando na perda, em larga escala, tanto da biodiversidade como dos serviços e funções ecossistêmicos (GLIESSMAN; GUSTAVO, 2000; GROFFMAN et al., 2006; SUDING; HOBBS, 2009). Um dos fatores responsáveis pelas modificações nos padrões de biodiversidade e da integridade de ecossistemas tem sido as mudanças do uso do solo (SALA et al., 2000).

As florestas tropicais secas são consideradas ecossistemas únicos e que abrigam uma biodiversidade exclusiva, já que se encontram e estão adaptados a regiões com deficiência hídrica, clima severo e precipitação anual distribuída em um curto período do ano (FERNANDES, 2002). Por este motivo, é uma vegetação tipicamente decídua, onde, pelo menos, 50% das plantas perdem as folhas durante as épocas secas do ano (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005).

As florestas tropicais secas representam um grande exemplo de sistema natural que sofreu intensas mudanças de uso do solo e, por este motivo, estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo (HOEKSTRA et al., 2005; JANZEN, 1988). Estima-se que quase metade desse ecossistema (48%) já sofreu conversão para outros sistemas de uso da terra (HOEKSTRA et al., 2005). Mesmo estando ameaçado, é considerado, também, um dos ecossistemas menos protegidos mundialmente (JANZEN, 1988; MURPHY; LUGO, 1986).

Entretanto, são poucos os estudos de diversidade relacionados a esses ecossistemas, quando comparados número de estudos realizados nas florestas tropicais úmidas e apenas 14% dos trabalhos são conduzidos nas florestas tropicais secas e 86% dedicados aos estudos em florestas tropicais úmidas (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005).

Verificamos, então, a necessidade de intensificar os estudos relacionados às florestas tropicais secas e nos sistemas agrícolas implantados no entorno, a fim de viabilizar a tomada de decisões para a preservação ambiental e sustentabilidade destes ecossistemas.

Além de estudos relacionados à biodiversidade, atualmente tem sido mais reconhecida a importância das funções ecológicas que esses organismos realizam (TILMAN, 2001), gerando dados que fortaleçam planos de conservação ambiental (FISHER et al., 2009; LOREAU, 2010). Dessa forma, podem-se elaborar estratégias que visam a um melhor aproveitamento dos recursos naturais, beneficiando a produção agrícola e optando por sistemas de plantio que beneficiem a biodiversidade.

Os besouros Scarabaeinae tem se apresentado uma ferramenta interessante para se trabalhar com conservação ambiental, principalmente, por serem considerados bons bioindicadores de mudanças ambientais (SPECTOR; AYZAMA, 2003), apresentando elevada sensibilidade a mudanças no uso do solo (GARNDER et al., 2008; HALFFTER; FAVILA, 1993).

Esse grupo se destaca nos estudos sobre a biodiversidade e a avaliação da integridade de ecossistemas, pois são dependentes de recursos produzidos por outros organismos como: frutos em decomposição, carcaças, fezes de vertebrados. Atuam em diversos processos ecológicos como: fertilização das áreas de produção agrícola e ciclagem de nutrientes, pois constroem galerias no solo, em certa profundidade e enterram seus recursos alimentares, aeração do solo, pois revolvem o solo durante a escavação (GILLARD, 1967; NICHOLS et al., 2008).

Apresentam importância, também, na pecuária, pois promovem a integridade e maior aproveitamento da área plantada de pastagens (AIDAR et al., 2000; DAVIS et al., 2001), atuam no controle biológico de parasitas, como a mosca-do-chifre e nematoides (BRAVAN, 1976; DOUBE; MACQUEEN; FAY,

1988; FINCHER, 1975), além disso, são considerados agentes secundários de dispersão de sementes e polinizadores (BRUSSAARD; RUNIA, 1984; HAYNES; WILLIAMS, 1993; KALISZ; STONE, 1984; NICHOLS et al., 2008).

Dessa forma, neste trabalho foram avaliados os efeitos de diferentes sistemas de uso do solo nas funções ambientais que os Scarabaeinae realizam em áreas de mata seca e sistemas agrícolas irrigados localizados na Região Norte de Minas Gerais, assim como verificar a ocorrência de Scarabaeinae com potencial bioindicador para as mudanças do uso do solo.

## **2 OBJETIVO**

Analisar os efeitos dos diferentes sistemas de uso do solo nas funções ambientais que os Scarabaeinae realizam em áreas de mata seca e sistemas agrícolas com intenso uso da irrigação.

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Avaliar o efeito do uso do solo na remoção de fezes, revolvimento do solo e no controle de moscas e larvas de moscas realizadas pelos besouros Scarabaeinae;
- b) Verificar o efeito do uso do solo associado às variáveis ambientais na abundância de besouros Scarabaeinae grandes e pequenos;
- c) Verificar quais variáveis ambientais estudadas apresentam influências nas funções ambientais (remoção de fezes e revolvimento de solo) realizadas pelos Scarabaeinae em diferentes sistemas de uso do solo;
- d) Identificar espécies de besouros Scarabaeinae que possam atuar como indicadoras das mudanças no uso do solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Projeto Jaíba

A região norte do estado de Minas Gerais foi incluída nos anos 1960, como área de atuação da superintendência de desenvolvimento do nordeste, dessa forma foi classificada como área mineira da SUDENE (AMS) (OLIVEIRA, 2000) e, como tal, passou a receber investimentos com o objetivo de promover o seu desenvolvimento. Iniciou-se a partir da década de 1970 a construção do projeto de irrigação do Jaíba (FONSECA et al., 2011, RODRIGUES, 2000). Por meio de diretrizes de políticas econômicas, o governo federal lançou o que viria a ser o maior projeto de irrigação continuada da América Latina, localizado no município de Jaíba, com água captada do Rio São Francisco, em sua margem direita, atuando em conjunto com o governo estadual de Minas Gerais (RODRIGUES, 1998).

A cidade de Jaíba surgiu em decorrência desse Projeto, atraindo cada vez mais contingente populacional, com acelerada urbanização desse espaço (RODRIGUES, 1998), configurado pelo planejamento para ocupação e desenvolvimento da bacia hidrográfica do rio São Francisco, culminando em intensas modificações em sua paisagem natural, semelhante as fronteiras de expansão amazônicas. Segundo o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA), com o potencial de geração de uma média de 130 mil empregos (dois empregos por hectare irrigado).

Estruturalmente o DIJ apresenta-se dividido por etapas temporais e espaciais, com objetivo criar um centro de produção agroindustrial, potencializando a produção por meio da estimulação da agricultura convencional com alto uso de insumos agrícolas. A Etapa I se estabeleceu com 1.828 famílias, em lotes de cinco hectares divididos entre áreas A e F (COMPANHIA DE

DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2001). Os assentados na região eram de origens diversas, tanto no que se refere a território, como na heterogeneidade de uso da terra, e isso pode ser confirmado em sua característica de produzir uma ampla variedade de culturas.

Durante os anos de 2005 a 2010, a produção agrícola aumentou e a maior parte da agricultura irrigada é voltada para a fruticultura, sendo a principal cultura explorada atualmente na região a banana. Segundo a ABANORTE (ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS, 2004), há, aproximadamente, 8.000 hectares de banana em produção. Considerando as áreas de culturas florestais e forrageiras como áreas de produção, registraram-se 138,8 ha de produção florestal, 1.154,5 ha de produção de forrageiras, 4.067,1 ha de fruticultura, 1.786,7 ha de olerícolas e 2.494,4 de grãos colhidos (DISTRITO IRRIGADO DO JAÍBA, 2013).

### **3.2 Área de estudo**

O estudo foi desenvolvido durante os meses de março e maio de 2012, que corresponde à temporada das chuvas na região do Distrito Irrigado do Jaíba, localidade de Mocambinho, Etapa I (15°5'49"S 44°1'17"W, altitude de 460 m), localizado na região norte do estado de Minas Gerais. Essa região apresenta clima Tropical Seco, com estações chuvosas no verão, segundo a classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica média está em torno de 700 mm ao ano (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2011). Essa é uma área de grande desenvolvimento agrícola, com produção diversificada de alimentos.

Foram avaliadas 26 áreas de produção agrícola, inseridas na Etapa I do Projeto Jaíba, Glebas A e F seis áreas de vegetação original de mata seca. Essa região é formada por propriedades tipicamente de agricultura familiar com dimensão média de 5 hectares, além de seis áreas naturais compreendidas nas

áreas de reserva biológica da Mata Seca. As propriedades foram escolhidas, de acordo com o seu tipo de uso do solo, sendo estas representadas por cinco grupos de usos do solo: Monoculturas (6n), policulturas (8n), agropastoril (6n), monocultivo arbóreo (6n) e áreas nativas de mata seca (6n). As áreas constaram de um mínimo de 0,6 km a um máximo de 23 km de distância, estando espalhadas por um raio de 30 km de área.

### **3.3 Amostragem dos escarabeíneos**

Foram definidos quatro pontos de coleta em cada área de estudo para coleta dos besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) os quais foram distribuídos em um design quadrado, com distância mínima de 50 m entre as armadilhas (Figura 1-a). Em cada um dos vértices do quadrado, foram instaladas armadilhas de queda do tipo pitfall (19 cm de diâmetro, 11 cm de profundidade) enterradas ao nível do solo e iscadas com fezes humanas (25 g). Cada armadilha foi preenchida com 250 ml de uma solução de sal + detergente e o conjunto foi protegido com uma cobertura plástica para proteção contra chuva. As armadilhas do tipo pitfall é uma das metodologias mais eficientes para amostragem das espécies de Scarabaeinae (HALFFTER; FAVILA, 1993; LOBO; MARTÍN PIEIRA; VEIGA, 1988).

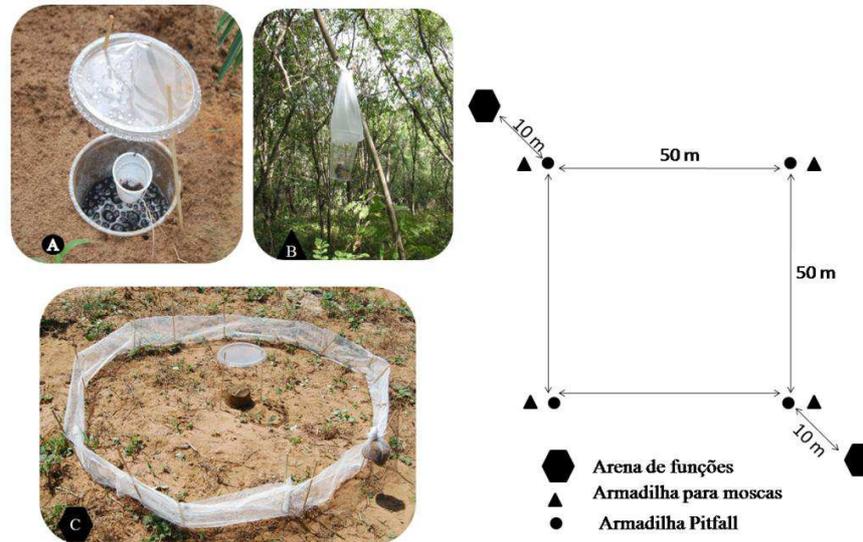


Figura 1 Disposição das armadilhas em cada área de coleta. A) armadilha e que a tipo pitfall, B) armadilha suspensa para coleta de moscas e C) arena de avaliação das funções realizadas pelos Scarabaeinae

Todas as armadilhas foram instaladas no horário matinal e recolhidas após 24 horas. Os besouros escarabeíneos capturados foram acondicionados com os dados de procedência em sacos plásticos e encaminhados ao laboratório da estação experimental da Epamig, no distrito de Mocambinho, onde o material foi triado.

As amostras triadas foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados da Universidade Federal de Lavras. No laboratório, os besouros foram montados em alfinete entomológico e identificados com o auxílio de microscópio estereoscópio. As espécies foram revisadas pelo taxonomista Dr. Fernando A. B. Silva. Os espécimes voucher

estão depositados na Coleção de Referência de Escarabeíneos Neotropicais (CREN) da UFLA.

### **3.4 Arena de avaliação das funções ambientais**

Juntamente com os pitfalls, foram instaladas quatro armadilhas para a captura de moscas, uma ao lado de cada pitfall (Figura 1-b). Após a retirada das armadilhas de mosca e de escarabeíneos, foram instaladas, em cada uma das áreas, duas arenas de avaliação de funções ambientais (BRAGA et al., 2012), separadas em 100m. As arenas, para estudar as funções ambientais, foram compostas por uma tela de nylon de 1.0 m de diâmetro e 0.20 m de altura. Foram verificadas as seguintes funções ambientais executadas pelos Scarabaeíneos: incorporação de fezes no solo, revolvimento do solo e controle de larvas e adultos de moscas.

Para a avaliação da remoção de fezes foi depositada uma massa fecal de 600 g, ao centro da área delimitada da arena. A massa fecal foi formada com uma mistura de fezes humanas (40%) e de porco criado com restos de alimentos (lavagem) (60%). As arenas foram instaladas sempre no horário matutino e foram expostas à comunidade de besouros escarabeíneos por um período de 24 horas. Após esse período, procedeu-se à coleta da massa fecal remanescente e o diferencial de peso final resultou na realização da função ambiental, representado pelo total de fezes removido por esses besouros. Foi recolhido, também, o solo revolvido pelos besouros, esse material ficou em estufa a 60°C por três dias e foi pesado para obtenção da quantidade de solo removido.

Para a captura de adultos e larvas de moscas, foi utilizada a versão modificada de Ferreira (1978), que foi adaptada por Braga et al. (2013). A armadilha foi iscada com 20 g de fezes (40% fezes humanas e 60% fezes de porco). Na armadilha as moscas entram pelas aberturas da base da armadilha e

ovipositam na porção de esterco, mas ficam retidas na parte superior plástica quando tentam sair. Após 24 horas de exposição, cada armadilha de mosca foi retirada, os adultos foram contados e as larvas ficaram mais 24 horas para crescimento e, assim, facilitar a contagem. Após esse período as larvas foram contadas. Ambos os adultos e as larvas foram utilizados como um indicador da comunidade de moscas (BRAGA et al., 2013).

### **3.5 Características funcionais dos escarabeíneos**

Os besouros foram, também, separados em pequeno e grande conforme sua biomassa. Para obter o cálculo da massa corporal para cada espécie coletada, os besouros foram secos em estufa 60°C por uma semana, para completa secagem, após realizou-se a pesagem em balança de precisão (0.0001 g) com uma amostra de até 30 indivíduos de cada espécie quando possível. Foi utilizada a média obtida com base no peso desses indivíduos.

### **3.6 Variáveis ambientais**

As variáveis ambientais escolhidas para realização dos trabalhos foram:

- a) Quantidade de irrigação (IRRI), contabilizada em horas dia na média de um mês, as informações foram recolhidas diretamente na área de trabalho;
- b) Porcentagem de areia do solo (%ARE), representada pela quantidade de areia, contida no solo e expressa em dag/kg; análises de textura das amostras de solo foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos, no Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras, MG – Brasil;

- c) Densidade de vegetação (DVEG), para determinar a densidade da vegetação do sub-bosque e a heterogeneidade local (dimensão fractal) de cada sistema e foram tiradas fotos da vegetação segundo a metodologia descrita por Nobis (2005). Para fotografar a estrutura da vegetação foi utilizada uma câmera digital Nikon D40, com uma lente “olho de peixe” de 52 mm e um pano branco (1 x 1 m). O pano foi esticado rente ao solo e a fotografia foi tirada com a máquina a 3 m de distância e a 1 m do nível do solo. As fotos foram analisadas pelo programa SIDELOOK (NOBIS, 2005), que calcula diversas variáveis de vegetação da imagem. Foi considerada a porcentagem de *pixels* pretos (relativos à vegetação) e brancos (referentes ao pano) para o cálculo da densidade e a dimensão fractal. A densidade da vegetação foi calculada usando a seguinte fórmula:  $DV = Aq \cdot (PP/PB) / Lq$ . Onde, DV = densidade da vegetação; Aq = área do quadro (pano) = altura multiplicada pela largura do quadro; PP = *pixels* pretos; PB = *pixels* brancos e Lq = largura do quadro;
- d) Porcentagem da área plantada (%APL), computado como a área total de cultivo na propriedade, verificada por meio de informações obtidas no local de coleta;
- e) Capacidade de infiltração da água no solo (CIA), a verificação da capacidade de infiltração da água no solo foi realizada com o auxílio de um cano de PVC de 150 mm de diâmetro e 0.30 m comprimento, graduado com uma manga transparente sobre uma régua graduada em mililitros. O cano de PVC foi introduzido no solo de forma a penetrar 0.10 m, em seguida verteu-se um volume conhecido de água (1 litro) e procedeu-se à marcação do tempo de infiltração (minutos).

### 3.7 Análises estatísticas

Para verificar o efeito do uso do solo sobre as variáveis resposta de comunidades de escarabeíneos e funções ecológicas (taxas de remoção de fezes, revolvimento do solo, ocorrência de adultos e larvas de mosca) utilizaram-se modelos lineares generalizados (GLMs), onde as diferentes formas de uso do solo foram consideradas como variável determinante.

Utilizou-se a estrutura de distribuição de erros Binomial para analisar os dados referentes à remoção de fezes, por se tratar de dados de proporção.

Quando ocorria sub ou sobredispersão, utilizou-se a distribuição quasi-Binomial. Para a quantidade de moscas adultas, utilizaram-se erros tipo Poisson ou quasi-Poisson, quando sub ou sobredispersão foi detectada e, para as variáveis respostas: quantidade de solo revolvido e número de larvas de moscas utilizou-se a distribuição de erros do tipo normal (CRAWLEY, 2002). Para avaliar as possíveis diferenças entre os sistemas de uso da terra, foram realizadas análises de contraste as quais foram realizadas com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

Para verificar o efeito independente das variáveis ambientais (IRRI, %PAR, %PLA, DVEG, CIA) na remoção de fezes, revolvimento de solo, ocorrência de mosca adulta, ocorrência de larva de mosca e na abundância e riqueza dos besouros escarabeíneos foi utilizado o método de Partição Hierárquica (CHEVAN; SUTHERLAND, 1991). A partição hierárquica consiste em uma técnica de regressão múltipla em que todos os possíveis modelos lineares são considerados em conjunto para verificar os fatores mais prováveis de causa de efeito.

Forneceu-se, assim, uma medida do efeito de cada variável que se apresenta em grande parte independente do efeito das outras variáveis (CHEVAN; SUTHERLAND, 1991; MacNALLY, 2000). Para verificar a

significância do efeito independente foi calculado, usando-se o teste de randomização utilizando 500 interações (MACNALLY, 2000). A Partição Hierárquica e o teste de randomização associados foram realizados com o auxílio do pacote estatístico hier.part disponível no programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

Para identificar espécies indicadoras, utilizou-se o Método do Valor Indicador (DUFRENE; LEGENDRE, 1997), essa análise combina medidas de especificidade da espécie estudada com o tipo de habitat e verifica a sua fidelidade ao ambiente em que está associado, e os valores dos indicadores variam de 0 (sem indicação ) a 100 ( indicação perfeito).

Para determinar as densidades e frequências das espécies dentro dos grupos de unidades amostrais estabelecidos previamente, foi realizado utilizando-se o software PC- ORD v.5 for Windows (MACCUNE; MEFFORD, 2006), assim como o procedimento de randomização de Monte Carlo foi utilizado para testar a importância do IndVal para cada espécie por meio do PC-ORD (MacCUNE, MEFFORD, 2006).

Verificaram-se os resultados com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e os valores do IndVal acima de 70% foram considerados como dadas as espécies indicadoras para a condição habitat. Espécies com valor intermediário IndVal, entre 45% e 70%, foram consideradas detectoras espécies. Considera-se que espécies detectoras apresentam a característica de se deslocar para ambientes adjacentes de forma mais rápida em caso de mudanças nas condições do habitat (MACGOEOCH; RENSBURG; BOTES, 2002).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Comunidade de besouros escarabeíneos

Foi coletado um total de 9.046 indivíduos de Scarabaeinae, pertencentes a 32 espécies distribuídas em 16 gêneros e seis tribos – Ateuchini (cinco gêneros, seis espécies), Deltochilini (três gêneros, 12 espécies), Coprini (três gêneros, seis espécies), Onthophagini (dois gêneros, cinco espécies) Oniticellini (um gênero, uma espécie), e Phanaeini (dois gêneros, duas espécies). A tribo Deltochilini apresentou maior riqueza de espécies, sendo representada por 12 espécies (321 indivíduos) e a tribo Coprini apresentou a maior abundância de indivíduos com 6.689 indivíduos coletados (seis espécies) (Tabela 1)

Tabela 1 Lista dos Scarabaeinae coletados e identificados, em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, MA) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultura, M) monocultura) e respectivos valores de abundância e riqueza, na Região Norte de Minas. Jaíba, MG – Brasil

	MS	MA	A	P	M	Total
<b>Ateuchini</b>						
<i>Agamopus viridis</i> Boucomont, 1928	-	-	1	1	1	3
<i>Ateuchus semicibratus</i> (Harold, 1868)	341	600	122	32	17	1112
<i>Canthidium aff. humerale</i> (Germar, 1813)	-	9	110	54	6	179
<i>Canthidium</i> sp.	-	82	132	251	3	468
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	-	15	11	9	52	87
<i>Uroxys</i> sp.	76	1	2	-	-	79

“Tabela 1, continua”

	MS	MA	A	P	M	Total
<b>Delthochilini</b>						
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1843	2	11	29	2	2	46
<i>Canthon histrio</i> (Lepelletier de Saint Fargeau & Audinet-Serville, 1828)	17	-	-	-	-	17
<i>Canthon lituiratus</i> (Germar, 1813)	-	1	16	6	1	24
<i>Canthon pilluliforme</i> (Blanchard, 1845)	-	-	-	1	-	1
<i>Canthon quinquenaculatus</i> Castelnau, 1840	1	38	-	-	-	39
<i>Canthon</i> sp.	63	7	72	24	-	166
<i>Canthon</i> sp.1	-	-	7	-	-	7
<i>Deltochilum aff. caucaratum</i> Bates, 1870	8	-	-	-	-	8
<i>Deltochilum (Deltohyboma)</i> sp.	4	-	-	-	-	4
<i>Deltochilum enceladum</i> Kolbe, 1893	2	-	-	-	-	2
<i>Deltochilum verruciferum</i> Felsche, 1911	2	1	1	-	-	4
<i>Pseudocanthon aff. xanthurum</i> (Blanchard, 1845)	-	3	-	-	-	3
<b>Coprini</b>						
<i>Dichotomius aloctaceus</i> (Felsche, 1901)	-	1	-	-	-	1
<i>Dichotomius boos</i> (Blanchard, 1845)	-	5	3	10	8	26
<i>Dichotomius geminatus</i> (Arrow, 1913)	45	2100	2176	608	495	5424
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	10	155	67	204	13	449
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	66	131	63	337	20	6117
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre, 1880)	66	131	63	337	20	617
<i>Digithonphagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	-	1	-	-	-	1
<i>Onthophagus bucculus</i> Mannerheim, 1829	5	7	-	4	3	19

“Tabela 1, conclusão”

	MS	MA	A	P	M	Total
<i>Onthophagus</i> sp.	1	3	4	8	15	31
<i>Onthophagus</i> sp.1	3	3	3	3	12	24
<i>Onthophagus</i> sp.2	-	2	6	4	1	13
<b>Oniticellini</b>						
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	13	5	-	-	-	18
<b>Phanaeini</b>						
<i>Coprophanaeus jasius</i> (Olivier, 1789)	-	1	-	-	-	1
<i>Oxysternon</i> sp.	-	1	-	-	-	1
<b>Abundância</b>	<b>661</b>	<b>3231</b>	<b>2849</b>	<b>1610</b>	<b>695</b>	<b>9046</b>
<b>Riqueza</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	

O efeito das variáveis ambientais, sobre a abundância dos besouros grandes, revelou que esses foram influenciados, positivamente, pela percentagem de areia e densidade da vegetação (Figura 2). Já para os besouros pequenos, a percentagem de areia no solo afetou, positivamente, tanto a abundância quanto a biomassa e a quantidade de irrigação apresentou um efeito positivo na abundância deste grupo (Figura 2).

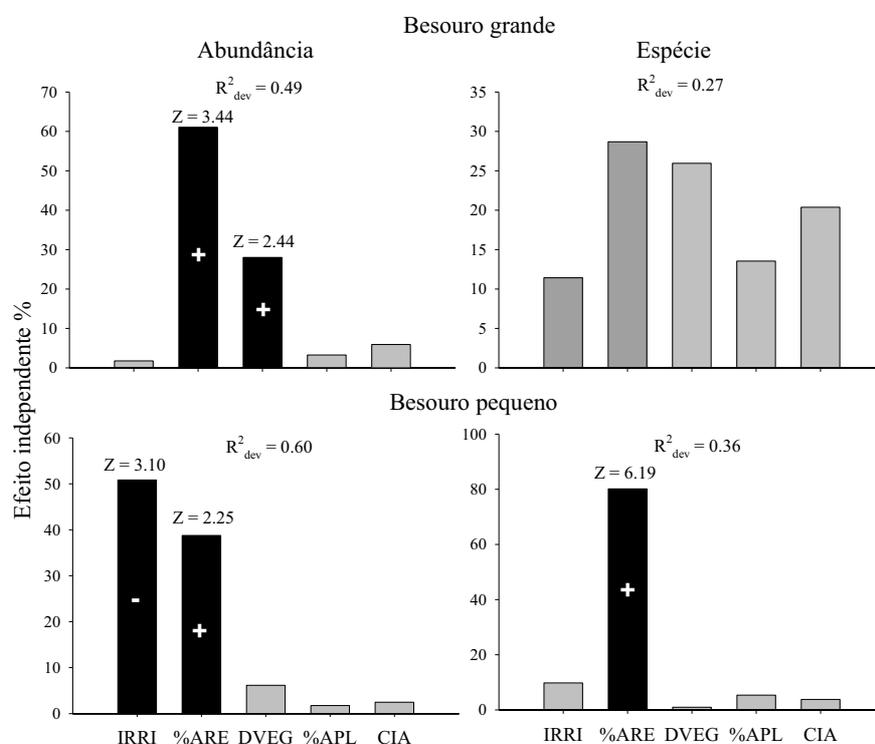


Figura 2 Distribuição da porcentagem do efeito independente da abundância de besouros Scarabaeinae grandes e pequenos, relacionada às quatro funções ambientais realizadas por esses organismos

Legenda: Barras pretas representam efeito significativo ( $p < 0.05$ ), segundo o teste de randomização. Relações positivas são representadas pelo sinal de +.  $R^2_{dev}$  representa o total de variância explicada pelo modelo linear incluindo as cinco variáveis, IRRI = horas de irrigação/dia, PARE = porcentagem de areia do solo, DVEG = densidade de vegetação, APLA = área plantada, CIA = capacidade de infiltração de água.

## 4.2 Funções ecológicas

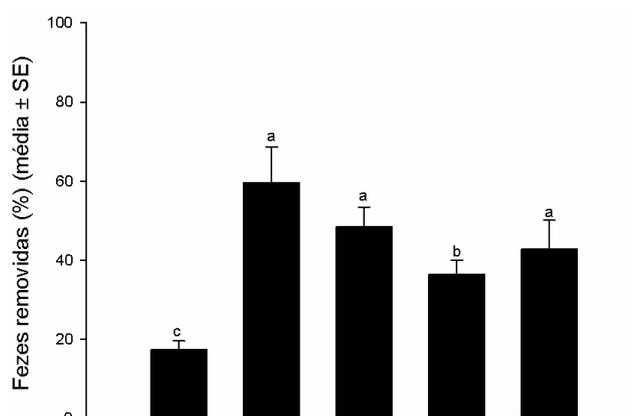
As maiores proporções de fezes removidas pelos besouros escarabeíneos foram encontradas no monocultivo arbóreo, agropastoril e monocultivo, que não apresentaram diferença na taxa de remoção de fezes entre si. A mata seca

apresentou a menor taxa de revolvimento e o policultivo apresentou valor intermediário de remoção ( $F_{2,29} = 12.126$ ;  $p = 0.00014$ , Figura 3-a).

O solo revolvido foi superior na agropastoril e no monocultivo, seguido pelo monocultivo arbóreo e policultivo que não se diferenciaram entre si e o menor valor de solo revolvido foi encontrado na mata seca ( $F_{2,29} = 15.336$ ;  $p < 0.0001$  Figura 3-b).

O número de larvas de moscas foi superior no monocultivo, os outros sistemas não apresentaram diferença no número de larvas produzidas ( $F_{1,30} = 14.22$ ;  $p = 0.00071$ , Figura 4-a). O monocultivo arbóreo apresentou maior abundância de moscas adultas, enquanto os outros sistemas apresentaram valores inferiores ( $F_{1,30} = 17.64$ ;  $p = 0.00021$ ) (Gráfico 3B).

A)



B)

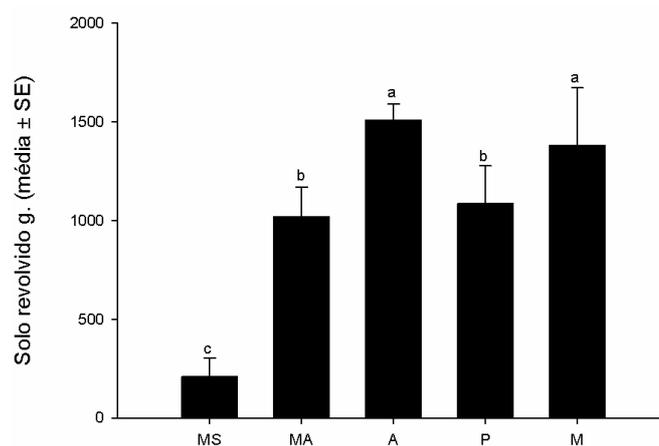
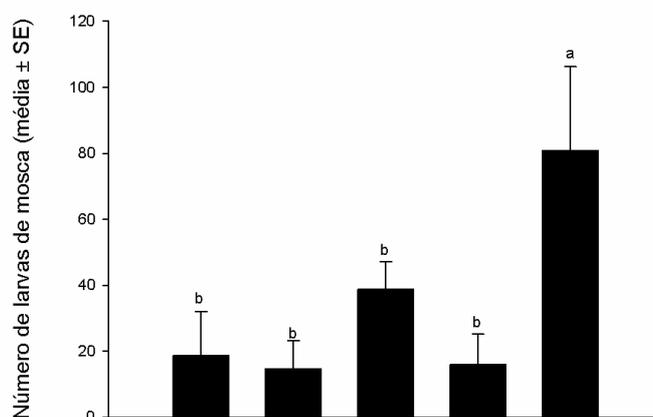


Figura 3 Média dos valores da porcentagem de fezes removidas (A) e solo revolvido (B) em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Legenda: As letras diferentes demonstram resultados significativamente diferentes, pelo teste de contraste de médias ao nível de significância 0,05.

A)



B)

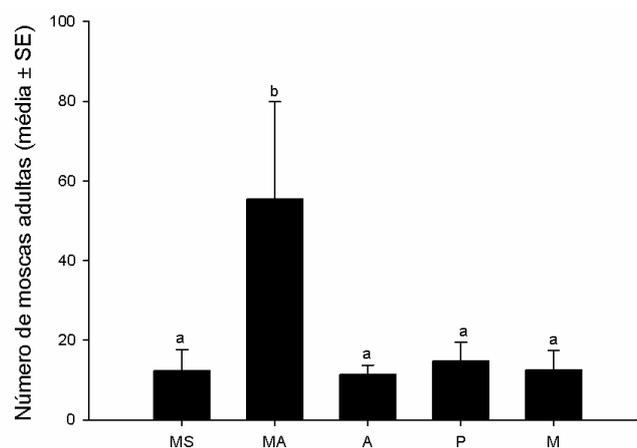


Figura 4 Média dos valores da abundância de larvas de mosca produzidas (A) e da abundância de moscas adultas coletadas (B) p em cinco sistemas de uso do solo: MS) mata seca, M) monocultivo arbóreo, A) agropastoril, P) policultivo e M) monocultivo; respectivamente, entre cinco sistemas de uso do solo, Jaíba, MG, Brasil

Legenda: As letras diferentes demonstram resultados significativamente diferentes, pelo teste de contraste de médias ao nível de significância 0,05.

O efeito das variáveis ambientais sobre a remoção de fezes e do solo revolvido revelou que essas duas funções são influenciadas positivamente pela percentagem de areia, enquanto a densidade da vegetação influencia negativamente a remoção de fezes, e a irrigação afeta positivamente a quantidade de solo revolvido (Figura 5). No entanto, nenhuma variável influenciou de forma significativa a quantidade de moscas adultas e larvas produzidas no local (Figura 5).

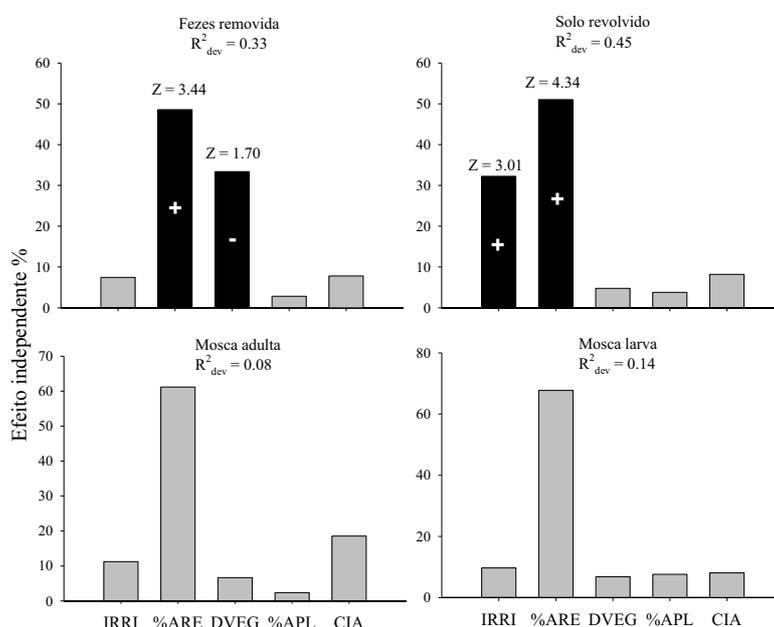


Figura 5 Distribuição da porcentagem do efeito independente da abundância de besouros escarabeíneos em quatro funções ambientais realizadas pelos escarabeíneos: remoção de fezes, revolvimento do solo, controle de mosca adulta e controle de larva de mosca

Legenda: Barras pretas representam efeito significativo ( $p < 0.05$ ), segundo o teste de randomização. Relações positivas são representadas pelo sinal de +.  $R^2_{dev}$  representa o total de variância explicada pelo modelo linear incluindo as cinco variáveis, IRRI = horas de irrigação/dia, %ARE = percentagem de areia do solo, DVEG = densidade de vegetação, %PLA = área plantada, CIA = capacidade de infiltração de água.

A análise de espécies indicadoras (IndVal) evidenciou que, das espécies mais abundantes registradas, foram seis com significância estatística e destas: *Canthidium aff. humerale* (Germar, 1813) 66,5%, *Canthon lituratus* (Germar, 1813) 59,3% e *Canthon* sp.1 50% apresentaram valor para espécie detectora para o sistema de uso do solo agropastoril e a espécie *Urox* sp. Com 64,1% apresentou valor para espécie detectora na mata seca. As espécies *Dichotomius nesus* Oliver, 1789 com 38,8 e *Ontophagus* sp. 43,1% apresentaram significância, entretanto em razão do baixo valor de IndVal não foi classificada como detectora ou indicadora (Figura 6).

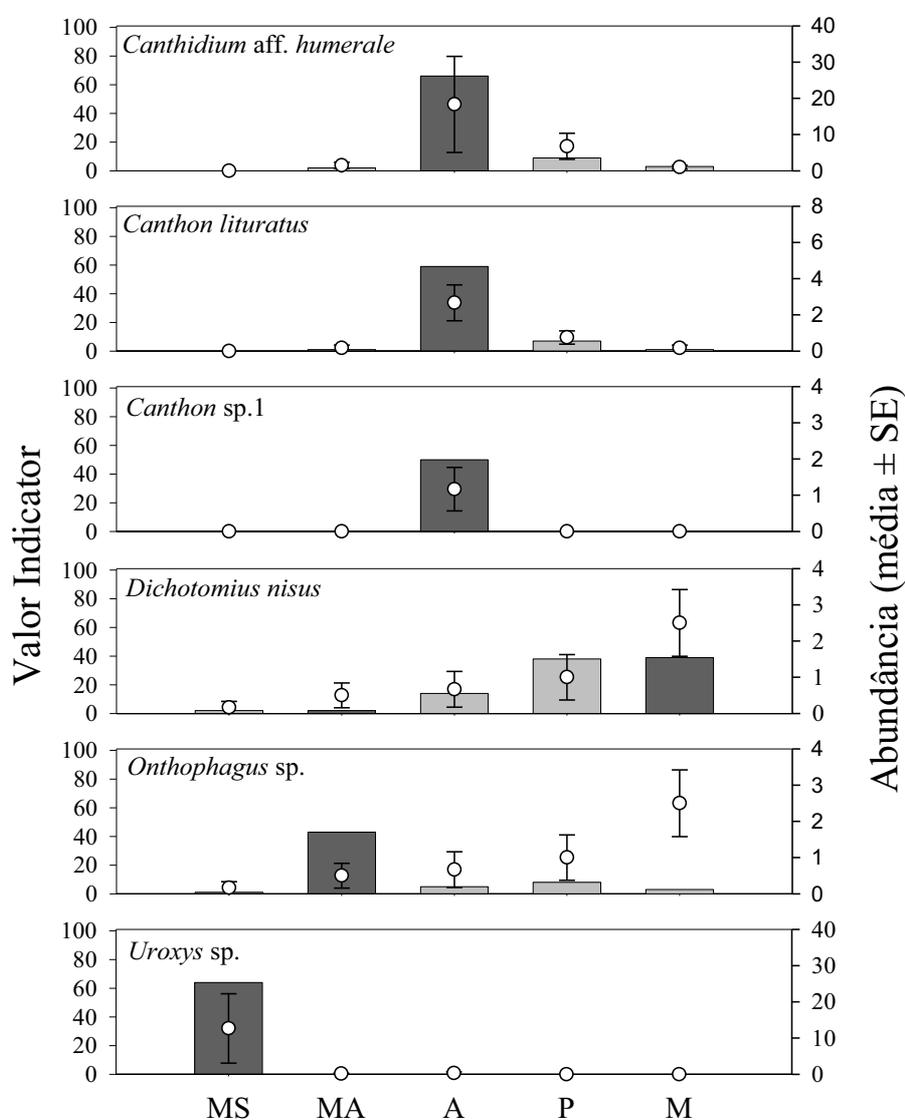


Figura 6 Valor indicativo e abundância das seis espécies, com maior número de indivíduos, registradas neste estudo em cada sistema de uso do solo

Legenda: As barras em preto representam os valores que foram significativos do valor de indicação, ao nível de significância 0,05 pelo teste do IndVal.

## 5 DISCUSSÃO

Ao contrário do esperado, os sistemas agrícolas foram aqueles que apresentaram as maiores taxas relacionadas às funções ecológicas (remoção de fezes e revolvimento de solo) em comparação ao sistema natural de mata seca. Demonstramos, também, que muitos filtros ambientais determinam a riqueza e a abundância de besouros grandes e pequenos e a ocorrência destas funções ecológicas. A maior porcentagem de areia no solo e densidade de vegetação apresenta maior abundância de besouros grandes. Entretanto, a riqueza desses besouros não foi afetada pelas variáveis ambientais.

No caso dos besouros pequenos, a maior a porcentagem de areia no solo resultou em maior abundância desses e a sua biomassa. A irrigação foi uma variável que influenciou de forma positiva a abundância de besouros pequenos. A densidade de vegetação está relacionada com a heterogeneidade do habitat e apresenta influência na distribuição espacial desse grupo de organismos, ela resulta em um conjunto de condições ambientais, como mudanças de microclimáticas, que reflete na preferência das espécies pelo habitat (HALFFTER, 1991).

As propriedades agrícolas possuem uma pequena dimensão (5 ha) e estão inseridas em um mosaico de produção diversificada, com alta influência da fruticultura e áreas de mata seca natural. Verifica-se, então, que estas podem ser uma fonte de colonizadores, uma vez que áreas florestais são importantes na realização desse papel (ALTIERI, 1993; LOUZADA et al., 2010; SAMWAYS, 1995). Além disso, em decorrência do projeto extenso de irrigação, existem os canais de água para sustentar o fornecimento para a irrigação e permeiam quase todas as áreas.

Essas diferenças estruturais produzem um ambiente diverso não somente em estrutura vegetal como também disponibilidade de água. A existência de

água, em função dos canais e tubulações em um local onde o clima é seco e com altas temperaturas servem de atrativo para pequenos animais silvestres, aves e animais domésticos. Essa alta variedade de animais em busca de água pode ser a fonte geradora do recurso que propicia a permanência de Scarabaeinae nessas áreas agrícolas.

As mesmas variáveis ambientais que influenciam a ocorrência de besouros grandes e pequenos influenciam, também, as funções (remoção de fezes e revolvimento de solo). Contudo, neste caso, temos uma menor densidade de vegetação, gera menor remoção de fezes e maior taxa de irrigação, maior revolvimento do solo, ao contrário para besouros pequenos e grandes. Uma maior densidade de vegetação oferece mais locais de escape para a sobrevivência dos besouros grandes que permanecem menos expostos ao ataque de predadores e mantém mais a umidade local e diminui a variação de temperatura. Besouros grandes são capazes de realizar mais funções ambientais do que os besouros pequenos, apresentam uma maior capacidade para cavar e enterrar sementes (ANDUAGA, 2004).

A relação positiva entre besouros pequenos com a porcentagem de areia e irrigação pode ser explicada pela facilitação da desestruturação do solo em razão do manejo, dessa forma, besouros mesmo pequenos conseguem movimentar em camadas do solo com mais facilidade e realizar as funções. Portanto, besouros pequenos em abundância são capazes de remover grandes quantidades de fezes e solo. As larvas de moscas não apresentaram o mesmo padrão das outras funções e não foram influenciadas por nenhum filtro ambiental estudado.

O controle de moscas foi a única função estudada que não foi influenciada por nenhum filtro. Além disso, não seguiu o mesmo padrão das outras funções, sendo uma evidência de que, provavelmente, outros fatores regulam a população das mesmas. Apenas o uso do solo monocultivo apresentou

significância na ocorrência de larvas de moscas, entretanto para as moscas adultas, o monocultivo foi o com menor ocorrência e o monocultivo arbóreo foi o com maior abundância de Scarabaeinae. Isso pode significar que outras variáveis influenciam a sobrevivência desses organismos. A monocultura demanda o uso de inseticidas tópicos e esse produto atua no controle dos indivíduos adultos, diminuindo a ocorrência deles na área.

Os outros tipos de uso do solo demandam pouco ou nada do uso de defensivos agrícolas, dessa forma a ocorrência de populações de moscas é resultado de variáveis como a disponibilidade de recursos e a existência de pequenos animais que as usam como recurso alimentar.

Nenhuma das espécies encontradas alcançou o valor do indicador suficiente para ser classificada como espécie indicadora pelo INdVal (VERDÚ; NUMA; HERNÁNDEZ-CUBA, 2011). Entretanto, as espécies *Canthidium aff. humerale*, *Canthon lituratus* e *Canthon* sp.1 foram determinadas como espécies detectoras nas áreas de produção agropastoril e a *Urox* sp. como detectora das áreas de mata seca. Os altos índices do IndVal definem espécies indicadoras confiáveis, não apenas por apresentar as espécies específicas de uma comunidade, mas por também existir uma alta probabilidade de serem amostradas naquele ambiente (MCGEOCH; CHOWN, 1998). No entanto, o alto nível de espécies indicadoras pode não ser útil para estudos de monitoramento das mudanças ecológicas, pois é altamente específico.

Neste caso, faz-se interessante a utilização das espécies com níveis de especificidade moderadas, que podem ser classificadas de detectoras, por apresentam diferentes graus de preferência por vários estados ecológicos (MCGEOCH; VAN RENSBURG; BOTES, 2002). Mostra-se dentro do esperado, uma vez que as áreas estudadas apresentam diferentes graus de antropização, mostrando grande heterogeneidade.

As florestas tropicais secas apresentam características interessantes para colonização humana (EWEL, 1999) e, por isso, consideradas as zonas agrícolas preferidas na América do Sul e Caribe (MOOSS; PENCE, 1995; MURPHY; LUGO, 1986; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005). As práticas agrícolas são um fator importante de modificação ambiental nas florestas tropicais secas (BENTON; VICKERY; WILSON, 2003; GREEN et al., 2005; TILMAN, 2001), principalmente, pela adoção de práticas agrícolas convencionais, associadas às estratégias intensivas de produção (irrigação, fertilização química, calagem e mecanização) que têm maior potencial para alterar, significativamente, os ambientes naturais em todo o mundo (OH; RAYMOND, 2006; RAYMOND et al., 2008; ROYER; DAVID; GENTRY, 2006). A mudança de uso do solo de natural (floresta) para antropizado (agrícola), resulta em uma simplificação na estrutura da vegetação.

Existem alguns trabalhos que demonstram relação entre o aumento da heterogeneidade ambiental e o aumento da diversidade de Scarabaeinae (COSTA et al., 2009; KRELL et al., 2003, SPECTOR; AYZAMA, 2003); e outros que contrariam esses resultados, onde maior heterogeneidade ambiental associa-se à menor diversidade nesse grupo (DAVIS; SCHOLTZ; CHOWN, 1999; JAY-ROBERT; LUMARET; LEBRETON, 2008; LUMARET; KIRK, 1991; ROMERO-ALACARAZ; ÁVILA, 2000). A maior heterogeneidade relacionada à disponibilidade de recursos e associados à estrutura do habitat pode limitar a diversidade local e regional (BELL; MCCOY; MUSHINSKY, 1991; RICKLEFS; SCHLUTER, 1993) e afetar a diversidade de organismos associados a esta vegetação (STRONG; LAWTON; SOUTHWOOD, 1984).

Dependendo da escala do habitat, o efeito do impacto negativo das modificações humanas no ambiente natural pode ser diluído, desse modo paisagens modificadas podem apresentar assembleias de escarabeíneos mais diversificada do que áreas naturais (RÖS; ESCOBAR; HALFFTER, 2012). A

instalação da agricultura de baixo impacto em áreas de mata seca pode incrementar a diversidade de Scarabaeinae. Silva, Diniz e Vaz-De-Mello (2010) encontraram resultados que demonstram a heterogeneidade influenciando negativamente na diversidade de besouros rola-bostas. Da mesma maneira, em áreas de mata seca, essa relação pode ocorrer em virtude do fato de não haver uma relação entre o aumento da heterogeneidade do habitat e o aumento da disponibilidade de recursos.

A ocorrência de irrigação associadas à agricultura familiar, considerada de baixo impacto, pode ser um ponto importante para explicar a maior diversidade de Scarabaeinae nos ambientes antropizados. A região apresenta períodos anuais de baixa precipitação e temperaturas altas, isso reduz a disponibilidade de recursos para a manutenção de muitas espécies nas áreas de mata seca. Gonzalez-Estebaneza et al. (2011) demonstraram que campos de cereais irrigados apresentaram maior diversidade de borboletas do mediterrâneo, justamente por incrementar os recursos necessários ao desenvolvimento destas regiões. Paisagens agrícolas onde predominam cultivos de baixa intensidade de uso do solo são reconhecidamente importantes para a conservação da biodiversidade em muitas regiões do mundo (ALTIERI; NICHOLLS, 2004; KREBS et al., 1999).

Neste trabalho mostrou-se um novo padrão relacionado à diversidade de Scarabaeinae na mata seca. Verificou-se que nem sempre o sistema natural vai ser aquele que sustenta maior riqueza e maior taxa de funções ecológicas. Isso acontece porque existem ecossistemas encontrados em regiões com condições limitantes. Mesmo assim, esses ecossistemas serão importantes para a biodiversidade *per se*. Esses ecossistemas naturais precisam ser conservados pelo valor intrínseco que possuem como ambiente evolutivo para as espécies adaptadas.

Os sistemas modificados podem manter funções ambientais, realizadas por besouros generalistas que conseguem ocorrer nestes locais. Contudo, a composição de espécies que encontramos será aquela encontrada em qualquer outro sistema modificado. Estudos relacionados à biodiversidade agrícola são interessantes, principalmente em áreas bioclimáticas diferenciadas, pois podem demonstrar respostas biológicas diretas ligadas às limitações ambientais associadas à intervenção humana, ampliando o conhecimento sobre a gestão agro-ambiental e apoiando a conservação da biodiversidade em agroecossistemas (WHITTINGHAM et al., 2007).

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho mostrou-se que a mata seca apresenta um padrão de diversidade diferente dos sistemas de florestas tropicais úmidas para estudos relacionados aos Scarabaeinae.

Verificamos que nem sempre um sistema natural vai ser aquele com maior riqueza e maior taxa de funções ecológicas. Esse fator pode se dar em virtude dos ecossistemas apresentarem condições limitantes ao desenvolvimento desses organismos. Mesmo assim, esses ecossistemas serão únicos pela biodiversidade própria que contêm e esta, provavelmente, não conseguirá ocorrer em sistemas modificados.

## REFERÊNCIAS

AIDAR, T. et al. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauna, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 817-820, 2000.

ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management agroecosystems**. New York: Food Product Press, 1993.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Haworth Press, 2004.

ANDUAGA, S. Impact of the activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting pasture land in Durango, Mexico. **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, n. 5, p. 1306–1312, Oct. 2004.

ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS. **Desempenho da fruticultura mineira em 2004**. Janaúba: ABANORTE, 2004. Disponível em: <<http://www.abanorte.com.br/fruticultura>>. Acesso em: 10 set. 2009.

BELL, S. S.; MCCOY, E. D.; MUSHINSKY, H. R. **Habitat structure: the physical arrangement of objects in space**. London: Chapman & Hall, 1991.

BENTON, T. G.; VICKERY, J. A.; WILSON, J. D. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 18, n. 4, p. 182-188, Apr. 2003.

BRAGA, R. F. et al. Are dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? **Ecosystems**, New York, v. 15, n. 7, p. 1173-1181, Nov. 2012.

BRAGA, R. F. et al. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 2, Feb. 2013. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0057786>>. Acesso em: 15 set. 2013.

BRUSSAARD, L.; RUNIA, L. T. Recent and ancient traces of scab beetles activity in sandy soils of Netherlands. **Geoderma**, Amsterdam, v. 34, n. 3-4, p. 229-250, Dec. 1984.

CHEVAN, A.; SUTHERLAND, M. Hierarchical partitioning. **American Statistician**, Washington, v. 45, n. 2, p. 90-96, 1991.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Perímetro irrigado de Jaíba**. Jaíba: CODEVASF, 2001.

COSTA, C. M. Q. et al. Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilha de interceptação de vôo no Refúgio Ecológico Charles Darwin, Igarassu - PE, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 88-94, 2009.

DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ, C. H.; CHOWN, S. L. Multi-scale determinants of dung beetle assemblage structure across abiotic gradients of the Kalahari-Nama Karoo ecotone, South Africa. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 35, n. 8, p. 1465-1480, Aug. 2008.

DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ, C. H.; CHOWN, S. L. Species turnover, community boundaries and biogeographical composition of dung beetle assemblages across an altitudinal gradient in South Africa. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 26, n. 5, p. 1039-1055, Sept. 1999.

DAVIS, A. J. et al. Dung beetles as indicators of change in the forests of norther Borneo. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 593-616, June 2001.

DISTRITO IRRIGADO DO JAÍBA. **O projeto da irrigação de Jaíba**. Jaíba: DIJ, 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/files/PROJETO\\_JAIBA.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/files/PROJETO_JAIBA.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2013.

DOUBE, B. M.; MACQUEEN, A.; FAY, H. A. C. Effects of dung fauna on survival and size of buffalo flies (*Haematobia* spp.) breeding in the field in south Africa and Australia. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 523 - 536, Aug. 1988.

DOVER, J.; SPARKS, T. A review of the ecology of butterflies in British hedgerows. **Journal of Environmental Management**, London, v. 60, n. 1, p. 51-63, Sept. 2000.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 67, n. 3, p. 345-366, Aug. 1997.

EHRlich, P. R. et al. Extinction, reduction, stability and increase: the responses of checkerspot butterfly (*Euphydryas*) Populations to the California drought. **Oecologia**, Berlin, v. 46, n. 1, p. 101-105, July 1980.

EWEL, J. J. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 45, n. 1-3, p. 1-21, 1999.

FERNANDES, A. Biodiversidade da caatinga. In: ARAÚJO, E. L. et al. (Ed.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Editora da UFRPE, 2002, p. 42-43.

FINCHER, G. T. Effect of dung beetle activity on the number of nematode parasites acquired by grazing cattle. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 61, n. 4, p. 759-762, Aug. 1975.

FISHER, B. et al. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 3, p. 643-653, 2009.

FONSECA, A. I. A. et al. Intenções e realidade: agricultura familiar em meio século do projeto Jaíba. **Geografia**, Rio Claro, v. 1, p. 135-145, 2011.

GARDNER, T. A. et al. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 883-893, June 2008.

GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Austrália, v. 33, n. 1, p. 30-34, 1967.

GLEISSMAN, S.; GUSTAVO, R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto alegre: Editora da UFRGS, 2000.

GONZALEZ-ESTEBANEZA, F. J. et al. Effects of irrigation and landscape heterogeneity on butterfly diversity in Mediterranean farmlands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Brisbane, v. 144, n. 1, p. 262-270, Nov. 2011.

GROFFMAN, P. M. et al. Ecological thresholds: the key to successful environmental management or an important concept with no practical application? **Ecosystems**, New York, v. 9, n. 1, p. 1-13, Feb. 2006.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomológica Mexicana**, México, v. 82, p. 195-238, 1991.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventoring and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biology International**, Paris, v. 27, p. 15-21, 1993.

HALFFTER, G.; MATHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**, México, v. 12, p. 310-312, 1966.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrients cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 49, p. 119-199, 1993.

HOEKSTRA, J. M. et al. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 23-29, Jan. 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Jaíba**. Brasília: INMET, 2011. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

JANZEN, D. H. Ecological characterization of a Costa Rican dry forest caterpillar fauna. **Biotropica**, Washington, v. 20, n. 2, p. 120-135, June 1988.

JAY-ROBERT, P. J.; LUMARET, J. P.; LEBRETON, J. D. Spatial and temporal variation of mountain dung beetle assemblages and their relationships with environmental factors (Aphodiinae: Geotrupinae: Scarabaeinae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 101, n. 1, p. 58-69, Jan. 2008.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north central Florida. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 169-172, 1984.

KREBS, J. R. et al. The second silent spring? **Nature**, London, v. 400, p. 611–612, Aug. 1999.

KRELL, F. T. et al. Spatial separation of Afrotropical dung beetle guilds: a trade-off between competitive superiority and energetic constraints (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecography**, Somerset, v. 26, n. 2, p. 210-222, Apr. 2003.

LOBO, J. M.; F. MARTÍN-PIERA & C. M. VEIGA. 1988. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col); I: Características determinantes de su capacidad de captura. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol** 25: 77–100.

LOREAU, M. Linking biodiversity and ecosystems: towards a unifying ecological theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 365, n. 1537, p. 49–60, Nov. 2010.

LOUZADA, J. et al. Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 25, n. 1, p. 631–641, Apr. 2010.

LUMARET, J. P.; KIRK, A. South temperate dung beetles. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1991. p. 97-115.

MACNALLY, R. Regression and model building in conservation biology, biogeography and ecology: the distinction between and reconciliation of 'predictive' and 'explanatory' models. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 9, n. 5, p. 655-671, May 2000.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data**: version 5.1. Oregon: Oregon State University Press, 2006.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data**: version 4.01. Oregon: Glendeden Beach, 1999.

MCGEOCH, M. A.; CHOWN, S. L. Scaling up the value of bioindicators. **Trends in Ecology Evolution**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 46–47, Feb. 1998.

MCGEOCH, M. A.; RENSBURG, B. J. V.; BOTES, B. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 39, n. 4, p. 661-672, 2002.

MCGEOCH, M. A.; VAN RENSBURG, B. J.; BOTES, A. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 39, n. 4, p. 661–672, Aug. 2002.

MOSS, P.; PENCE, A. (Ed.). **Valuing quality in early childhood services**. London: Paul Chapman Publishing, 1994.

MORAIS, L. F. **A sustentabilidade da agricultura irrigada no contexto do Projeto Jaíba Etapa I**. 1999. 96 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 67-88, 1986.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, Essex, v. 141, n. 6, p. 1461-1474, June 2008.

NOBIS, M. **SideLook 1.1**: imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. Germany: University of Technology, 2005.

OH, N. H.; RAYMOND, P. A. Contribution of agricultural liming to riverine bicarbonate export and CO<sub>2</sub> sequestration in the Ohio River basin. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 20, n. 3, p. 01-13, Aug. 2006.

OLIVEIRA, M. F. M. O processo de formação e desenvolvimento de Montes Claros e da área Mineira da SUDENE. In: OLIVEIRA, M. F. M.; RODRIGUES, L. (Org.). **Formação econômica e social do Norte de Minas**. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2000. p. 13-103.

PENNINGTON, T.; LEWIS, G.; RATTER, J. **Neotropical savannas and seasonally dry forests**: plant diversity. Boca Ration: CRC Press, 2006.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity: extinction by numbers. **Nature**, London, v. 403, p. 843–845, Feb. 2000.

PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SANCHÉZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, Essex, v. 143, n. 1, p. 144-145, Jan. 2010.

R DEVELOPEMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 22 ago. 2010.

RAYMOND, P. A. et al. Anthropogenically enhanced fluxes of water and carbon from the Mississippi River. **Nature**, London, v. 451, p. 449–452, Nov. 2008.

RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. (Eds). **Species diversity in ecological communities**: historical and geographical perspectives. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

RODRIGUES, L. **Investimento agrícola e o grande projeto Jaíba: 1970-1996**. 1998. 337 p. Tese (Doutorado em Filosofia, Letras e Ciências Humanas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

RODRIGUES, L. Formação econômica do Norte de Minas e o período recente. In: OLIVEIRA, M. F. M.; RODRIGUES, L. (Org.). **Formação social e econômica do Norte de Minas**: volume 1. 2. ed. Montes Claros: Editora da Unimontes, 2000. p. 105-172.

RODRIGUES, L. Potencial da agricultura irrigada como indutora do desenvolvimento regional: o caso do projeto Jaíba no Norte de Minas Gerais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 2, p. 206-232, abr./jun. 2001.

ROMERO-ALCARAZ, E.; ÁVILA, J. M. Effect of elevation and type of habitat on the abundance and diversity of Scarabaeoid dung beetle (Scarabaeoidea) assemblages in a Mediterranean áreas from southern Iberian peninsula. **Zoological Studies**, Taipei, v. 39, n. 4, p. 351-359, Aug. 2000.

RÖS, M.; ESCOBAR, F.; HALFFTER, G. How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 377-384, Apr. 2012.

ROYER, T. V.; DAVID, M. B.; GENTRY, L. E. Timing of riverine export of nitrate and phosphorus from agricultural watersheds in Illinois: implications for reducing nutrient loading to the Mississippi River. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 40, p. 4126–4131, 2006.

SALA, O. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, Washington, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, Mar. 2000.

- SAMWAYS, M. J. **Insect conservation biology**. London: Chapman & Hall Press, 1995.
- SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. et al. Research priorities for Neotropical dry forests. **Biotropica**, Washington, v. 37, n. 4, p. 477–485, Dec. 2005.
- SEABLOOM, E. W. Extinction rates under nonrandom patterns of habitat loss. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América**, Washington, v. 99, n. 17, p. 11229–1234, 2002.
- SHAPIRO, A. M. The phenology of *Pieris napi microstriate* (Lepidoptera: Pieridae) during and after the 1975-77. **Psyche**, São Paulo, v. 86, p. 1-10, 1979.
- SILVA, R. J. da; DINIZ, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 934-940, Nov./dez. 2010.
- SPECTOR, S.; AYZAMA, S. Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical forest–savanna ecotone. **Biotropica**, Washington, v. 35, n. 3, p. 394-404, Sept. 2003.
- STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- SUDING, K. N.; HOBBS, R. J. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 24, n. 5, p. 271-279, May 2009.
- TILMAN, D. et al. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**, Washington, v. 277, n. 5330, p. 1300-1302, Aug. 1997.
- TILMAN, D. Functional diversity. In: LEVIN, S. A. **Encyclopedia of biodiversity**. 2 ed. Nova Jersey: Academic Press, 2001. p. 109-120.
- VERDÚ, J. R.; NUMA C.; HERNÁNDEZ-CUBA, O. Influence of landscape structure on ants and dung Beetles diversity in a Medirerranean savanna-forest ecosystem. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 831-839, May 2011.

VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, Buenos Aires, v. 116, n. 5, p. 882-892, May 2007.

VIOLLE, C. et al. Phylogenetic limiting similarity and competitive exclusion. **Ecology Letters**, Oxford, v. 14, n. 8, p. 782-787, Aug. 2011.

VITOUSEK, P. M. et al. Human domination of earth's ecosystems. **Science**, London, v. 277, n. 5325, p. 494-499, July 1997.

WHITTINGHAM, M. J. et al. Should conservation strategies consider spatial generality? Farmland birds show regional not national patterns of habitat association. **Ecology Letters**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 25-35, Jan. 2007.