

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

FREDERICO RESENDE ALVES

**INTERAÇÕES E FUNÇÕES ECOLÓGICAS DESEMPENHADAS POR
SCARABAEINAE (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) E TÉRMITAS (ISOPTERA)
EM ÁREAS DE PASTAGEM E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA NO SUL
DE MINAS GERAIS, BRASIL**

ALFENAS-MG

AGOSTO/2015

FREDERCIO RESENDE ALVES

**INTERAÇÕES E FUNÇÕES ECOLÓGICAS DESEMPENHADAS POR
SCARABAEINAE (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) E TÉRMITAS (ISOPTERA)
EM ÁREAS DE PASTAGEM E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA NO SUL
DE MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais à Universidade Federal de Alfenas.

Orientador: Prof. Dr. Alberto José Arab Olavarrieta

ALFENAS-MG

AGOSTO/2015

FREDERICO RESENDE ALVES

**INTERAÇÕES E FUNÇÕES ECOLÓGICAS DESEMPENHADAS POR
SCARABAEINAE (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) E TÉRMITAS (ISOPTERA)
EM ÁREAS DE PASTAGEM E FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA NO SUL
DE MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais à Universidade Federal de Alfenas.

Aprovado em: 27 de agosto de 2015.

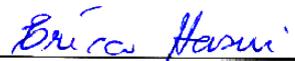
Prof. Dr. Alberto José Arab Olavarrieta
Instituição: UFABC

Assinatura:  _____

Prof.^a Dra. Kamila Ferreira Massuda
Garcia
Instituição: UNICAMP

Assinatura:  _____

Prof.^a Dra. Érika Hasui
Instituição: UNIFAL

Assinatura:  _____

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Alves, Frederico Resende.
Interações e funções ecológicas desempenhadas por
Scarabaeninae (Coleoptera: Scarabaeidae) e térmitas (Isoptera) em
áreas de pastagem e fragmentos de mata atlântica no sul de Minas
Gerais, Brasil / Frederico Resende Alves. -- Alfenas/MG, 2015.
63 f.

Orientador: Alberto José Arab Olavarrieta.
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade
Federal de Alfenas, 2015.
Bibliografia.

1. Besouros. 2. Termita. 3. Florestas. 4. Ecologia. I. Arab
Olavarrieta, Alberto José. II. Título.

CDD 577

AGRADECIMENTOS

Ao Deus a quem eu sirvo, que nunca falhou e jamais falhará.

Aos meus pais, Pedro e Rose, por todo amor, carinho e cuidado.

Ao meu irmão Juninho e sua esposa Mellina, meus sobrinhos João Pedro e Giovanna, por fazerem das idas pra casa sempre melhores.

Minha avó, por todo seu imenso amor, cuidado e orações.

Aos meus amigos de Lavras e Campo Belo, que mesmo na distância permanecem.

Aos amigos que fiz em Alfenas, sem vocês nada aqui teria valido a pena.

Ao Alberto, pela orientação, trabalho, ajuda, brincadeiras, zueiras e por estar sempre disposto a ajudar.

Ao Julio Louzada por permitir fazer uso da coleção entomológica da UFLA.

A professora Eliana Canello do Museu de Zoologia da USP pela identificação dos cupins.

A CAPES por conceder a bolsa.

Ao Edimar e Guilherme, pela ajuda no campo.

Ao Setor de Transporte pelo apoio.

A UNIFAL e o PPG-ETA, agora PPG em Ciências Ambientais e ao auxílio cedido pela FAPEMIG.

RESUMO

Besouros rola-bosta e cupins são insetos de grande importância ecológica devido aos serviços ambientais que realizam nos sistemas de solo em que vivem. A destruição do habitat causa mudanças na diversidade em ambos os grupos e algumas espécies conseguem se beneficiar desta nova realidade, tendo sua abundância aumentada. Mesmo com a destruição do habitat esses insetos continuam a realizar a remoção de fezes, mas de maneira não tão eficiente como em seus habitats preservados. Este trabalho visou analisar o efeito da fragmentação da Mata Atlântica na diversidade e na remoção de fezes de cupins coprófagos facultativos e escarabeídeos. O estudo foi conduzido na região sul - mineira próxima ao município de Alfenas, em dois sistemas de uso de solo diferentes: fragmentos florestais de Mata Atlântica e pastagens. Para coletar escarabeídeos, pitfalls foram utilizados e arenas de avaliação foram montadas para verificar a taxa de remoção de fezes. Os cupins foram capturados por coleta direta em placas de excremento nos pastos e por meio de armadilhas com malhas com aberturas diferentes, que também foram utilizadas para avaliar a taxa de remoção de fezes pelos cupins. Os resultados mostraram que os besouros rola-bosta foram mais abundantes durante a estação chuvosa. Adicionalmente, a remoção de fezes realizada por esses insetos foi maior durante o período de chuvas e nos fragmentos de bosque. Já nos cupins, a remoção de fezes foi maior durante a estiagem e nas pastagens. Térmitas coprófagas mostraram preferência por fezes secas, enquanto que os besouros preferiram fezes úmidas. Esses resultados sugerem que a inversão da preferência por fezes leva a uma competição indireta entre besouros rola-bosta e cupins. Os escarabeídeos utilizam as fezes úmidas, já que eles se alimentam do líquido rico em nutrientes e microrganismos. Quando a perda de água torna-se mais acentuada, os escarabeídeos que abandonam as massas fecais, mesmo não sendo totalmente consumidas. Já as fezes secas são exploradas pelas térmitas durante a estiagem. Neste contexto, cupins coprófagos facultativos são mais eficientes na remoção de fezes durante a estiagem. Desta maneira ocorre uma competição indireta entre eles, pois os cupins só conseguirão fazer uso das fezes em áreas e períodos onde a diversidade de besouros é menor.

Palavras-chave: Besouro rola-bosta. Cupins. Fragmentação. Funções ecológicas.

ABSTRACT

Dung beetles and termites are insects of great ecological importance due to the environmental services that they provide. Habitat fragmentation has a negative effect on both insect groups but some species can benefit by increasing their abundance. Even in degraded habitats, these insects continue to perform their environmental services, but not as efficient as occur in preserved areas. This study aimed to analyze the effect of habitat fragmentation on the diversity and feces removal of facultative coprophagous termites and dung beetles. The study was conducted in two different land use systems located in Alfenas-MG, southeastern Brazil: forest fragments of Atlantic rain forest and pastures. Dung beetles were collected by using pitfall traps and termites were captured directly from excrement plates. Feces removal was evaluated in artificial arenas (beetles) and with traps (termites) with different mesh openings. The results showed that dung beetles were more abundant during the rainy season. Additionally, the removal of feces was higher in the forest fragments during this season. On the other hand, termites removed more feces in the pastures during the dry season. Termites showed preference for dried feces whereas beetles were observed exploiting humid feces since they feed on the liquid rich in nutrients and microorganisms. The results suggest a tradeoff between food preference and removal of feces through the seasons leading to an indirect competition among these insects. When the loss of water becomes more pronounced, the dung beetles leave fecal masses which are then exploited by the termites. This effect is more pronounced in the pastures during the dry season. In this context, termites were more efficient in feces removal in degraded areas where the diversity of dung beetles is low.

Key-words: Dung beetle. Termites. Fragmentation. Ecological services.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2. 1 Fragmentação.....	9
2.2 Matriz 10	
2.3 Efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade.....	11
2.4 Funções Ecológicas.....	13
2.5 Scarabaeinae e suas funções ecológicas	14
2.6 Cupins e suas funções ecológicas	15
3 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	18
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Locais de estudo	21
4.2 Amostragens de Scarabaeinae	23
4.3 Amostragens dos cupins.....	24
4.4 Análise da taxa de remoção de fezes.....	25
4.5 Biomonitoramento das fezes de gado no campo.....	26
4.6 Análises dos dados.....	27
5 RESULTADOS	28
5.4 Diversidade de Scarabaeinae	28
5.2 Diversidades de cupins coprófagos facultativos	36
5.3 Comparações da remoção de fezes por escarabeídeos e térmitas coprófagas	39
facultativas 39	
5.4 Remoção de fezes realizada por Cupins	40
6 DISCUSSÃO	42
6.1 Diversidade de besouros rola-bosta e cupins coprófagos facultativos em paisagem fragmentadas.....	42
6.2 Remoção de fezes por escarabeídeos e térmitas coprófagas facultativas	45
6.3 Competição indireta e partição temporal do recurso alimentar	47
7 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O ambiente natural vem sofrendo grandes mudanças devido a inúmeras atividades antrópicas que tem fragmentado as florestas, conforme Dean (1997), que leva a diminuição de um hábitat contínuo ou na sua divisão em duas ou mais partes (WILCOVE; MCLELLAN; DOBSON, 1986). A causa desta destruição, geralmente, e para a construção de estradas, campos, cidades, pasto dentre várias outras atividades humanas (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). A fragmentação influencia de forma negativa a fauna e flora local, sendo uma das principais causas do declínio da biodiversidade em florestas tropicais e temperadas (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991; TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999). Entretanto, algumas espécies conseguem sobreviver neste novo ambiente devido a especializações para a vida em ecótonos (dois tipos de habitat). Mesmo que alguns não sejam afetados ou possam ser favorecidas por estas condições, a abundância de diversos grupos é significativamente reduzida em fragmentos segundo Debinsk é Holt (2000) e Bierregaard et al. (2001), já que muitos animais são sensíveis às mudanças da estrutura da vegetação e do microclima.

Gaston (1991) estima-se que existam de 5 a 10 milhões de espécies de insetos no planeta, fazendo deles, componentes fundamentais da biodiversidade do planeta, ocupando os mais variados habitats. São os principais consumidores e decompositores dos ecossistemas terrestres e representam o mais importante recurso alimentar para outros organismos, conseqüentemente são afetados pela fragmentação do habitat (MAJER, 1987; WILSON, 1987). Contudo, o conhecimento do efeito da fragmentação nas interações e funções ecológicas dentro de alguns grupos de insetos ainda é restrito, especialmente naqueles que utilizam fezes de outros animais como fonte alimentar, como os besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) e algumas espécies de cupins coprófagos facultativos (Isoptera: Blattodea).

Scarabaeinae é um grupo diverso de besouros, representados por aproximadamente 620 espécies no Brasil (VAZ-DE-MELLO, 2000). É chamado de rola-bosta devido ao fato de utilizarem fezes como seu principal recurso alimentar e para nidificação (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Esses besouros participam em várias funções ecológicas nos ambientes em que estão presentes, entre elas, a reintrodução de matéria orgânica em decomposição ao solo, o aumento de sua permeabilidade e aeração, o controle de algumas espécies de moscas prejudiciais as criações agropecuárias e de parasitas, a dispersão secundária de sementes, o

controle de formigas saúvas (*Atta* sp.) e a polinização de algumas espécies de plantas (BEATH, 1996; SAKAI; INQUE, 1999; SILVEIRA et al., 2006; NICHOLS et al., 2008).

Os cupins já são mais conhecidos pela sua importância econômica por serem pragas de materiais celulósicos, causando danos tanto em áreas urbanas como rurais. Algumas de suas funções ecológicas incluem a decomposição e ciclagem de nutrientes nas regiões tropicais, a humificação e mineralização de inúmeros componentes da lignocelulose e a remoção de fezes de mamíferos por algumas espécies (TAYASU et al., 1997; CONSTANTINO, 1999; COSTA-LEONARDO, 2002; FREYMANN, et al., 2008). Adicionalmente, a construção de seus ninhos aumenta a retenção de água, alterando a estrutura do solo, melhorando sua produtividade primária, além de criar micro habitats para outros microrganismos (STORK; EGGLETON, 1992; BÜCHS, 2003; SCHARF; TARTAR, 2008).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão apresentados os principais tópicos que foram abordados no presente trabalho.

2.1 Fragmentação

A destruição das florestas provoca mudanças biológicas e físicas nos fragmentos remanescentes, levando a perda de habitat de diversas espécies (LOVEJOY et al., 1986). Thomas, Hill e Lewis (1998) dão evidências que o tamanho das ilhas de vegetação que se encontram dentro de áreas de exploração agrícola ou fazendo borda com pastagens, está mais propenso a sofrerem emigração e até mesmo extinção de inúmeros grupos animais ali presentes. Eles possuem mais espécies raras que os entornos (KLEIN, 1989).

Oliveira (2001) diz que a fauna de um determinado local é fortemente influenciada pela modificação da estrutura da vegetação, devido à alteração das características bióticas (plantas e animais invasores e/ou oportunistas) e abióticas (luminosidade, temperatura, umidade, ventos, dentre outros) (DOUBE; WARDHALGH, 1991). Lima, Lima e Berbara (2003) diz que um ecossistema muito explorado leva a uma densidade negativa de vários organismos que vivem no solo, o que pode prejudicar a ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica. Ela é uma das principais causas da perda de biodiversidade em biomas tropicais e temperados (TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999). Feer e Hingrat (2005) predizem que fragmentos florestais pequenos possuem uma comunidade mais pobre em espécies e com indivíduos menores em tamanho.

Segundo Wilcove, McLellan e Dobson (1986), a fragmentação é resultado da diminuição de uma área contínua de floresta, devido à construção de rodovias, expansão agrícolas e inúmeras outras atividades antrópicas (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Com o aumento exponencial da destruição de habitats, um fator importante a considerar é quais das espécies típicas do habitat original continuam a existir com a área remanescente e o grau de isolamento sendo os parâmetros-chave na sobrevivência dos organismos (HANSKI, 1999; STEFFAN-DEWENTER, 2003).

2.2 Matriz

Populações de áreas isoladas são afetadas pelo efeito da borda e pela qualidade e constituição da matriz no entorno dos fragmentos (GASCON et al., 1999; EWERS; DIDHAM, 2006). Metzger (1999) e Ricketts (2001) definem matriz como sendo áreas naturais modificadas pelo homem, podendo ser transformada em pastagem ou campos cultivados, existindo entre áreas fragmentadas, aumentando ainda mais o grau de isolamento das espécies; elas possuem condições propícias para a sobrevivência de organismos capazes de tolerar essa modificação (GASCON et al., 1999).

A área, estrutura do habitat, as condições abióticas, composição de espécies (), qualidade da matriz, semelhança com o fragmento complexidade estrutural, microclima, esconderijos, disponibilidade de alimentos) (FORMAN; GODRON, 1986; WIENS, 1997; RICKETTS, 2001; PERFECTO; VANDERMEER, 2002; CARROL et al., 2004) são fatores que determinam quais espécies conseguirão sobreviver nos fragmentos. Estes parâmetros também levam a diminuição do número de espécies que poderão sofrer ou não extinção local (MARZLUFF; EWING, 2001; RICKETTS, 2001; ANTONGIOVANNI; METZGER, 2005; BERRY; TOCHER; GLEESON; SARRES, 2005).

Alguns modelos ecológicos predizem que a estrutura da matriz intervém nas taxas de migração e colonização dos fragmentos. Estudos com vertebrados e invertebrados tem fornecido provas da importância do fluxo matriz-fragmento nas taxas de colonização. Dados concisos sobre a migração de espécies entre diferentes tipos de matrizes ainda são escassos, sendo aves e borboletas com relatos mais confiáveis (HADDAD, 1999; ROLAND; KEYGHOBADI; FOWNES, 2000; RICKETTS, 2001; RIES; DEBINSKI, 2001; KRAUSS; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003; MALANSON, 2003; CHARDON; ADRIAENSEN; MATTHYSEN, 2003; VERBEYLEN; DE BRUYN; MATTYSEN, 2003; BENDER; FAHRIG, 2005; CASTELLON; SEIVING, 2006).

Diekötter et al. (2007) mostra que para o entendimento das interações e realização dos serviços ambientais pelas diferentes espécies, é necessário compreender a distribuição espacial dos organismos e o efeito de sua heterogeneidade, sendo estas definidas pela qualidade da matriz agrícola. Alguns trabalhos que comparam diferentes sistemas (pastagem e fragmento; área sombreada e de luz; cafezal, dentre outros) relatam que áreas mais

preservadas apresentam uma maior riqueza de espécie (LUCK; DAILY, 2003; VANDERMEER; PERFECTO; PHILPOTT, 2008).

2.3 Efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade

Mesmo com a destruição de seu habitat natural, algumas espécies conseguem sobreviver e aumentar sua abundância local, se especializando em viver em ecótonos (dois tipos de habitat) (DEBINSKI; HOLT, 2000). Entretanto, a maioria dos grupos é afetada de maneira drástica, tendo suas populações diminuídas ou até mesmo extintas localmente (BIERREGAARD., 2001). Espécie que possuem abundância e taxa de dispersão baixa e que são sensíveis a distúrbios no ambiente são mais susceptíveis a desaparecerem dos fragmentos (LAURENCE; BIERREGAARD, 1997). Animais que necessitam de uma grande área para sobreviver também são extremamente vulneráveis (ROBINSON; REDFORD, 1986).

Na Mata Atlântica, Tabarelli, Matovani e Peres (1999) relata diminuição na densidade de algumas famílias de plantas: lauráceas, mirtáceas, rubiáceas e sapotáceas em fragmentos. Indiretamente, isso levará ao declínio populacional de algumas espécies animais que consome os frutos produzidos por estas plantas. Fernandez (2003) relata que machos de algumas espécies de pequenos mamíferos são os únicos a transitarem entre os fragmentos, o que pode levar a uma alteração da razão sexual entre as diferentes populações isoladas. Com o passar do tempo, as populações sobreviventes passam a sofrer com o declínio de sua variedade genética, o que pode levar vulnerabilidade das espécies e sua conseqüente extinção do local (FRANKHAM, 1995).

A destruição das florestas provoca mudanças biológicas e físicas dos fragmentos remanescentes, levando a perda de habitat de diversas espécies (LOVEJOY; BIERREGAARD; RYLANDS; MALCOM; QUINTELA; HARPER; BROWN; POWELL; POWELL; SCHUBART; HAYS, 1986). Thomas, Hill e Lewis (1998) nos dá evidências que o tamanho dos fragmentos florestais que se encontram dentro de áreas de exploração agrícola ou fazendo borda com pastagens, está mais propenso a sofrerem emigração e até mesmo extinção de inúmeros grupos animais ali presentes. Fragmentos florestais possuem mais espécies raras que os entornos (KLEIN, 1989).

O Filo Arthropoda constitui aproximadamente 75% da fauna terrestre, sendo que 89% são insetos (BUZZI; MIYAZAKI, 1993). Devido a sua elevada densidade populacional,

grande distribuição geográfica e os inúmeros papéis que possuem no funcionamento dos ecossistemas estes animais são bastante usados em estudos para avaliar os efeitos da fragmentação na fauna (EHRlich., 1980; ROSENBERG; HANKS; LEHMKUHL, 1986; SOUZA; BROWN, 1994; SCHOEREDER, 1997). Pragas florestais de longa duração têm sido um dos efeitos relacionados à fragmentação das florestas, devido às mudanças ocorridas no hábitat pela perda de área natural (ROLAND, 1993).

Para cupins e besouros rola-bosta, a fragmentação ocasiona mudanças na área, qualidade e quantidade do alimento e aumenta a distância entre habitats semelhantes. Quando menos intensa, a fragmentação resulta em um mosaico de ambientes e, conseqüentemente, numa grande heterogeneidade de espécies com aparente aumento da diversidade total devido ao aumento do número de espécies de estágios sucessionais iniciais, mas com perda de espécies clímax e da diversidade genética. Alguns trabalhos mostraram que a fragmentação pode afetar a riqueza, a diversidade e a composição da comunidade desses insetos e suas funções ecológicas. Além disso, as características da vegetação e a permeabilidade da matriz são fatores que estão correlacionados com sua distribuição (GARDNER; HERNANDEZ; BARLOW, 2008; ACKERMAN et al., 2009; SLADE; MANN; LEWIS, 2011; BRAGA et al., 2013).

Oliveira (2001) diz que a fauna de um determinado local é fortemente influenciada pela modificação da estrutura vegetacional, devido à alteração das características bióticas (plantas e animais invasores e/ou oportunistas) e abióticas (luminosidade, temperatura, umidade, ventos, dentre outros) (DOUBE; WARDHALGH, 1991). Lima, Lima e Berbara (2003) diz que um ecossistema muito explorado leva a uma densidade negativa de vários organismos que vivem no solo, o que pode prejudicar a ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica. Ela é uma das principais causas da perda de biodiversidade em biomas tropicais e temperados (TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999). Feer & Hingrat (2005) predizem que fragmentos florestais pequenos possuem uma comunidade mais pobre em espécies e com indivíduos menores em tamanho.

Em um estudo com escarabeídeos, conclui que a modificação sofrida pelos ecossistemas através da fragmentação florestal pode prejudicar não somente os grupos animais das áreas destruídas, mas também o próprio ser humano, devido ao fato que diversos grupos animais realizam serviços ambientais que não podem ser substituídos por ações antrópicas (LOUZADA, 2008).

Para besouros e cupins, os diferentes níveis de fragmentação florestal levam a perda de 40% a 70% de sua diversidade, levando a modificações da pedofauna local (WATT; STORK;

EGGLETON; SRIVASTAVA; BOLTON; LARSEN; BRËNDELL; BIGNELL, 1997). Estes grupos animais respondem de maneira rápida ao estresse do solo (PAOLETTI; FAVRETTO; STIMER; PURRIGTON; BATER, 1991). Em seu trabalho, Thomanzini e Thomanzini (2002) diz que as térmitas são um grupo importante para estudos de fragmentação, já que algum de seus recursos tem sua aparição indeterminada. Isso faz com que sua sensibilidade ao efeito da fragmentação seja alta, permitindo verificar a degradação sofrida pelo ecossistema, devido à perda de diversidade. Loranger et al. (1998) já mostra que pode ocorrer um aumento na biodiversidade de cupins em locais que sofreram fragmentação, devido à diminuição do número de organismos do solo, o que leva a uma diminuição na competição por recursos. DeSouza e Brown (1994) mostra que a riqueza de cupins é maior em áreas de floresta continua do que nos ambientes degradados.

Os estudos sobre os efeitos da fragmentação sobre a comunidades de cupins são escassos. Uma relação positiva entre espécies e tamanho de área já foi verificado (DeSOUZA, 1995). Contudo, nenhuma relação significativa em uma floresta tropical na Guiana Francesa foi encontrada (DAVIES, 2002). A especialização que as diversas espécies de cupins possuem pode ser um dos fatores que influenciam sua distribuição em habitats fragmentados (DeSOUZA; BROWN, 1994).

2.4 Funções Ecológicas

Louzada (2008) apresenta dois argumentos sobre os valores que a biodiversidade possui, sendo o primeiro no sentido econômico, que trata dos produtos obtidos para benefício humano por meio dela (energia, alimento, bioenergia, matérias-primas, dentre outros) e o segundo sendo relacionado às funções ecológicas desempenhadas em seu habitat natural, os quais ainda não foram possíveis quantificar financeiramente. Há os valores atribuídos à biodiversidade de maneira indireta, diferente daqueles estipulados como bens materiais (alimento, madeira, fármacos, dentre outros). Está relacionada às ações que os organismos realizam no ambiente em que vivem como seu papel na ciclagem de nutrientes, produção de oxigênio, dispersão de sementes, polinização, controle biológica, manutenção e formação de solos, balanço climático, despoluição de corpos d'água, fixação de carbono, entre outros (MYERS, 1996; De GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002; NICHOLS; SPECTOR; LOUZADA; LARSEN; AMEZQUITA; FAVILA, 2008). Sendo um subconjunto dessas

funções, serviços ecológicos são definidos como qualquer atributo funcional dos ecossistemas naturais que são comprovadamente benéficos para a humanidade (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002; MYERS, 1996; NICHOLS; SPECTOR; LOUZADA; LARSEN; AMEZQUITA; FAVILA, 2008). Assim, quando a biodiversidade é reduzida ocorre diminuição das funções ecológicas, fazendo com que o funcionamento dos sistemas naturais seja prejudicado (LOUZADA 2008; BRAGA, 2009).

Mesmo com sua importância já registrada, ainda é difícil colocar um valor econômico e quantificar aos serviços ambientais prestados pela biodiversidade (LOSEY; VAUGHAN, 2006; LOUZADA, 2008). Uma relação positiva entre a biodiversidade e suas funções seria um precursor para avaliar o impacto ambiental e econômico das atividades humanas em um determinado ambiente (ARMSWORTH; CHAN; DAILY; EHRLICH; KREMEN; RICKETTS; SANJAYAN, 2007).

2.5 Scarabaeinae e suas funções ecológicas

Os escarabeídeos (Coleoptera: Scarabaeinae) formam um grupo que se destaca pela sua grande biodiversidade, contendo aproximadamente 4.500 espécies já descritas, sendo conhecidas 618 no Brasil. Esses insetos podem ser coprófagos ou se alimentar de outras fontes de materiais descompostos e possuem papel fundamental na manutenção do ambiente em que vivem por meio da remoção de fezes de vertebrados para utilização como alimento e deposição de seus ovos (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HALFFTER; EDMONS, 1982).

Sua importância ecológica é baseada nos diversos processos naturais que realizam: (a) ciclagem de nutrientes (com as fezes enterradas ocorre a reintrodução de nitrogênio e outros elementos para o solo); (b) bioturbação (remoção e mistura de particulados tanto de origem animal quanto vegetal) que pode influenciar na biodiversidade do solo e na produtividade das plantas por meio da aeração e do aumento de sua porosidade, o que facilita a infiltração da água; (c) dispersão secundária de sementes no excremento removido e (d) controle de pragas bovinas, como os nematóides gastrointestinais e as larvas de moscas devido à competição com estes animais que também dependem do excremento bovino para realizar/completar seus ciclos de vida (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; WATERHOUSE, 1974; FLECHTMANN; RODRIGUES; COUTO, 1995; MILHOMEM; VAZ-DE-MELLO; DINIZ, 2003; NICHOLS; SPECTOR; LOUZADA; LARSEN; AMEZQUITA; FAVILA, 2008).

De acordo com a maneira como alocam seu recurso alimentar, os escarabeídeos são classificados em três guildas funcionais: endocoprídeos (vivem e se reproduzem no interior das fezes), paracoprídeos (fazem túneis abaixo ou ao lado do recurso) e telecoprídeos (fazem bolas de fezes e as levam para seu ninho) (CAMBEFORT; HANSKI, 1991; DOUBE, 1991; HALFFTER; EDMONDS, 1982; SCHIFFLER, 2003; LOUZADA, 2008). As diferentes guildas dos escarabeídeos para obtenção de alimento facilitam a coexistência entre espécies diferentes (HANSKI; CAMBEFORT, 1991). Esta diversificação ecológica, sazonal e de habitats tem sido considerada como um mecanismo de partição dos recursos entre os Scarabaeinae (CAMBEFORT; WALTER, 1991, DOUBE, 1991). Eles realizam diversas funções ecológicas de acordo com seu hábito alimentar e a maneira que alocam seu recurso alimentar, como por exemplo, a retirada de matéria orgânica em decomposição (fezes, frutos, folhas, carcaças, etc.) localizada sobre o solo (LOUZADA, 2008; NICHOLS et al., 2008).

Fatores como qualidade das fezes, tipo de solo, umidade (SOWIG, 1995), cooperação do parceiro e a dimensão média do corpo da fêmea estão relacionados à quantidade de fezes enterrada pelos besouros, o que adiciona nutriente (nitrogênio, enxofre, fósforo, dentre outros) ao solo favorecendo o crescimento das plantas (SOWIG, 1996; HORGAN, 2001; NICHOLS et al., 2008). A escavação realizada pelos besouros revolve uma considerável quantidade de terra para a superfície por meio da construção em diferentes profundidades e diâmetros de túneis e galerias no solo ou abaixo das fezes. Esses túneis e galerias permitem a passagem da água da chuva e de ar para o interior do solo, potencializando sua função ecológica (LOUZADA, 2008). Estudos mostram que riqueza e abundância dos rola-bosta é grandemente influenciada pela temperatura e pluviosidade do local que vive, apresentando padrão sazonal fazendo com que sejam na estação chuvosa os principais responsáveis pelos serviços ecológicos (CAMBEFORT, 1991; HERNÁNDEZ, 2007; HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO, 2009; LOPES; KORASAKI; CATELLI; MARÇAL; NUNES, 2011).

2.6 Cupins e suas funções ecológicas

Cupins (Blattodea) são insetos eussociais, que formam colônias constituídas por um casal reprodutor (rei e rainha), operários (responsáveis pelo forrageamento do alimento, cuidado do rei e a rainha e dos ovos e construção do ninho) e soldados os quais defendem a colônia contra predadores e competidores. Existem cerca de 2860 espécies de cupins que

estão distribuídas principalmente nos trópicos e subtropicais do mundo, sendo que na região Neotropical a fauna termítica é de aproximadamente 537 espécies (CONSTANTINO, 2002). Os cupins são predominantemente detritívoros e se alimentam de material celulósico ou húmus, mas de maneira semelhante, várias espécies podem utilizar fezes de mamíferos como alimento durante algumas estações do ano (FREYMANN et al., 2008).

São amplamente distribuídos pelas regiões quentes do globo (HARRIS, 1961; EGGLETON, 2000), tendo maior concentração nas áreas tropicais por encontrar um clima favorável ao seu desenvolvimento (LEE; WOOD, 1971; MATSUMOTO, 1976; LA FAGE; NUTTING 1978; WOOD, 1978; WOOD et al., 1982; EGGLETON et al., 1996). Esta abundância pode ser explicada pela simbiose com microrganismos e sua organização social desenvolvida (COSTA-LEONARDO, 2002). A chave evolutiva e os elementos ecológicos de sua biologia, como tamanho da colônia, história de vida, desenvolvimento de castas e dos ninhos, estão associados à disponibilidade de recursos alimentares (ABE 1987; LENZ, 1994). Sua dieta é bastante variada, os mais comuns são os consumidores de madeira viva (xilófagos), entretanto uma ampla gama de matéria orgânica em diferentes fases de decomposição pode ser utilizada como recurso alimentar: madeira morta, gramíneas, plantas herbáceas, serapilheira, fungos, ninhos cartonados (construído pelos cupins com saliva, solo e fezes), excrementos e carcaças de animais, líquens e até mesmo material orgânico presente no solo (LEE; WOOD, 1971; LA FAGE; NUTTING, 1978; WOOD, 1978; NOIROT, 1992; SLEAFORD; BIGNELL; EGGLETON, 1996; MIURA; MATSUMOTO, 1997, DONOVAN; EGGLETON; BIGNELL, 2001).

Os cupins possuem papel fundamental no funcionamento do ambiente em que se encontra, sendo consumidores primários e/ou decompositores (herbívoros e detritívoros) nos ecossistemas, realizando a reciclagem de nutrientes por meio da trituração, decomposição, humificação e mineralização de uma variedade de recursos celulósicos (TAYASU et al., 1997; COSTA-LEONARDO, 2002) e da remoção de fezes de mamíferos (FREYMANN; BUITENWERF; DESOUZA; OLFF, 2008). Sua atividade aumenta a retenção de água no solo; modificando sua estrutura e afetando a produtividade primária (SCHARF; TARTAR, 2008). São importantes no transporte de água e gases no solo, criando micro habitats para outros microrganismos (STORK; EGGLETON, 1992; BÜCHS, 2003).

Em alguns ecossistemas tropicais, os cupins são responsáveis por mais de 20% da mineralização do carbono. A atividade desses insetos aumenta a retenção de água no solo, afetando a estrutura e local da produtividade primária, participando na degradação desse material e da incorporação e ciclagem de nutrientes no solo, mantendo o balanço de carbono e

de outros compostos no meio ambiente (SCHARF; TARTAR, 2008). Adicionalmente, os cupins modificam a natureza e distribuição da matéria orgânica atuando também na construção de galerias subterrâneas o que modifica a textura do solo e, conseqüentemente, influenciam sua fertilidade. São importantes no transporte de água e gases no solo, criando micro habitats para outros microrganismos, mostram reações aos agrotóxicos, ao decréscimo do suprimento de matéria orgânica e aos diferentes cultivos (STORK; EGGLETON, 1992; BÜCHS, 2003).

Ferrar e Watson (1970) publicaram um trabalho pioneiro focado no uso de fezes por térmitas, contudo seus dados são restritos a região australiana. Johnson e Whitford (1975) relataram espécies desconhecidas de térmitas no deserto de Chihuahua com preferência por fezes bovinas, que quando depositados sobre o solo ocupam um perímetro maior que a maioria dos demais recursos que podem vir a ser explorados pelos cupins. Eles concluíram que sob está área ocupada ocorre pequenas mudanças na estrutura do solo (ex.: aumento/diminuição da umidade) que se encontra logo abaixo do material depositado. Isso seria o gatilho que impulsiona os cupins a utilizarem as fezes com o intuito de manter o equilíbrio do ambiente que reside.

Eles podem localizar o recurso alimentar por meio de sombras térmicas que são produzidas pelo material depositado (ETTERSHANK; ETTERSHANK; WHITFORD, 1980). No trabalho de Higashi, Abe e Burns (1992), os resultados mostram que as térmitas que se alimentam de excremento, o faz com intuito de manter o equilíbrio de nitrogênio e carbono balanceado em seu organismo.

Segundo Ferrar e Watson (1970), as térmitas possuem preferência por esterco seco. A colonização pode ter finalidade alimentícia ou para construção de ninhos cartonados (possuem fezes como parte de sua estrutura). Alguns trabalhos (COE, 1977; OMALIKO, 1981; WHITFORD; STEIBERGER; ETTERSHANK, 1982; OUÉDRAOGO; ABDOULAYE; LIJBERT, 2004) mostram uma taxa de remoção de fezes por cupins entre 12-57% durante um mês, com as maiores taxas ocorrendo durante a seca. Do mesmo modo, neste estudo tivemos as maiores taxas de remoção de fezes durante a estação seca para cupins.

3 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Nas últimas décadas, o reconhecimento da importância e da fragilidade dos biomas brasileiros cresceu timidamente junto a sociedade. Um dos mais ameaçados pela fragmentação do habitat é a Mata Atlântica. Apesar de ser protegida pela Constituição, ela continua a ser devastado devido à especulação imobiliária, extração ilegal de madeira e atividades agropecuárias. Cerca de metade da população brasileira vive em áreas originalmente cobertas pela Mata Atlântica. O crescimento urbano desordenado e geralmente ilegal tem diminuído ainda mais as áreas de cobertura florestal, gerando um grande impacto ambiental. Após séculos de desmatamento, restam menos de 10% da floresta original, a qual cobria cerca de 12% do território brasileiro (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2008).

A dizimação da Mata Atlântica brasileira é um dos problemas de conservação mais alarmantes no mundo (VIANA; TABANEZ; BATISTA, 1997). A destruição da floresta resultou na eliminação de várias populações de organismos e na perda da diversidade genética de várias espécies. Baseada na destruição quase total deste bioma e no elevado número de espécies endêmicas especializadas para o ambiente de floresta é razoável supor que muitas espécies já foram extintas antes de serem descritas, e que muitos outros vão desaparecer em breve.

A crescente demanda por alimento expendida pelo aumento da população mundial tem acarretado um sério problema de espaços disponíveis para realização da agricultura e agropecuária. Essa necessidade tem levado a destruição de inúmeras matas, seja por completo ou em partes, o que gera os fragmentos de vegetação. O funcionamento do ambiente então muda de maneira drástica com a remoção da cobertura florestal para pasto, por exemplo, deixando o solo parcial ou totalmente exposto as intempéries provocadas pelas ações abióticas do ambiente (vento, radiação solar, chuva, dentre outros). Essa destruição leva a extinção local de várias espécies. As que conseguem sobreviver nos fragmentos estão restritas àquele ambiente e, dependendo do tamanho, não conseguirão permanecer por muito tempo. Aquelas que estão ou que conseguem melhor se adaptar à nova situação do local acabam por se tornar abundantes no local, realizando as funções ambientais para o funcionamento do ambiente, mesmo este sendo agora uma lavoura ou pasto. Desta forma, o desempenho de algumas

funções ecológicas e das interações entre insetos que utilizam um mesmo recurso pode ser afetado pela degradação ambiental.

As funções ecológicas desempenhadas por cupins e escarabeídeos na exploração de fezes de vertebrados são de extrema importância já que é através destas que ocorre o perfeito funcionamento do ambiente. De acordo com a informação bibliográfica disponível, 126 espécies de cupins têm sido registradas utilizando fezes de mamíferos como fonte secundária de alimento (não são conhecidas espécies de cupins estritamente coprófagos) (GOULD; HERRICK; LEZAMA, 2001; FREYMANN et al., 2008), não há informação sobre as funções ecológicas desses insetos eussociais durante a exploração das fezes, e da sua interação com outros insetos coprófagos, como os escarabeídeos, em ambientes com diferentes níveis de degradação.

Neste projeto foi avaliada se a remoção de fezes e partição de recursos entre cupins coprófagos facultativos e escarabeídeos são afetadas pela degradação do habitat. Adicionalmente, pretendeu-se também determinar se cupins são capazes de desempenhar as mesmas funções ecológicas de escarabeídeos em fragmentos de Mata Atlântica e áreas de pastagem adjacentes utilizadas na criação de gado. Também foram analisados os efeitos da fragmentação sobre a diversidade dos dois grupos estudados.

Sendo que o grau de preservação ambiental pode afetar a variação da estrutura da comunidade desses insetos de forma diferencial (EGGLETON et al., 1996; KORASAKI et al., 2012), espera-se que: 1) a composição da comunidade de escarabeídeos e cupins coprófagos, assim como as suas interações devem ser afetadas com o aumento de degradação ambiental e 2) na ausência ou diminuição de algum dos grupos desses insetos causado pelo efeito da degradação ambiental, as funções ecológicas serão compensadas pelo outro grupo em cada tipo de habitat.

Para testarmos essas hipóteses, neste estudo pretende-se avaliar a composição da comunidade de cupins que utilizam excrementos e escarabeídeos em dois tipos de ambientes, além de relacionar os padrões encontrados com fatores ambientais exógenos que controlam o comportamento de forrageamento e procura do alimento dos cupins e escarabeídeos. De maneira mais ampla, os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) avaliar a composição da comunidade de escarabeídeos e cupins coprófagos facultativos em fragmentos de Mata Atlântica e matrizes adjacentes de pasto;
- b) avaliar a remoção de fezes nesses habitats, verificando se na ausência ou diminuição de algum dos grupos desses insetos causado pela fragmentação do habitat, as funções ecológicas serão compensadas pelo outro grupo;

- c) avaliar quais características das espécies as tornam mais vulneráveis à fragmentação e como isto varia sazonalmente;
- d) analisar as atividades destes insetos ao longo das estações do ano e relacionar os padrões encontrados com fatores ambientais exógenos que controlam o comportamento de forrageamento e procura do alimento dos cupins e escarabeídeos.

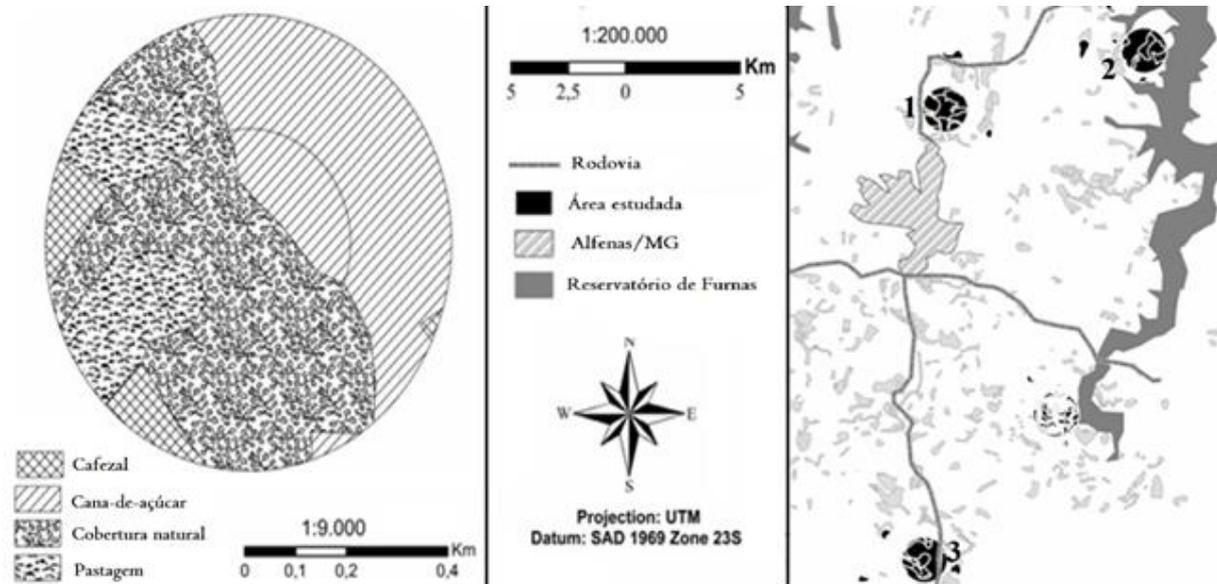
4 MATERIAIS E MÉTODOS

Será apresentado a metodologia utilizada no presente trabalho para coleta de dados e suas análises.

4.1 Locais de estudo

O estudo foi conduzido em fragmentos de Mata Atlântica e pastagens localizadas no município de Alfenas, Estado de Minas Gerais (21°25'45'' S e 45°56'50'' O) (Figura 1). A região é constituída por um mosaico de ambientes, sendo estes fragmentos florestais de Mata Atlântica, plantações de café, cana de açúcar, pastagens, possuindo a agropecuária como principal atividade econômica. Para avaliar o efeito da degradação ambiental nas interações e funções ecológicas dos cupins e escarabeídeos, serão avaliados dois sistemas de uso do solo da região: fragmentos de floresta de Mata Atlântica e pastagens para a criação de gado. De acordo com Costa (1998), estes fragmentos são definidos como fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual apresentando composição florística variável; o clima predomina como moderadamente úmido; a altitude varia de 720 a 1350 m, com temperatura por volta de 23° C, possuindo precipitação média por ano em torno de 1513mm. Adicionalmente, os fragmentos florestais da região possuem uma rica fauna de mamíferos selvagens cujos excrementos servem de fonte alimentar para os insetos coprófagos a serem estudados.

Figura 1 - Mapa com a localização dos sistemas de uso do solo que foram estudados: 1 Gaspar Lopes, Fazenda Paraíso e 3 Matão. O círculo mostra o tipo de cobertura vegetal existente nos locais estudados.



Fonte: Adaptado de Brito et al., 2014.

O fragmento da Fazenda Paraíso faz borda com uma plantação de café. O do distrito de Gaspar Lopes, durante a coleta de Agosto de 2013, fazia borda com uma plantação de milho, já em Janeiro de 2014 havia uma plantação de feijão no mesmo local. O fragmento da área conhecida como Matão era cortada por uma estrada de terra, sem nenhuma outra atividade antrópica próxima ao local de coleta. Todas as pastagens encontram-se na Fazenda Paraíso.

Estas áreas foram escolhidas para o estudo devido i) ao fato que a distância existente entre elas não iria interferir nos experimentos e ii) a similaridade no nível de degradação provocado pelo desmatamento.

Tabela1 - Métricas da paisagem dos locais de coleta.

Local	Sistema do Solo	Coordenadas	Área total do fragmento (ha)	Área (ha)
Fazenda Paraíso	Pasto 1	21° 22' 10.76"S, 45° 52' 37.4" O	36.85	11.9
	Pasto 2	21° 20' 53.81"S, 45° 52' 1.72" O		
	Pasto 3	21° 21' 15.15"S, 45° 51' 3.41"O		

Gaspar Lopes	Fragmento 1	20° 21' 5.31”S, 43° 52' 26.05” O	81.55	12.6
Fazenda Paraíso	Fragmento 2	21° 21' 16.1”S, 45° 51' 4.39”O	36.85	11.9
Matão	Fragmento 3	21°35'58.531”O, 45°52'43.475”S	20.91	11.4

Fonte: Do autor.

4.2 Amostragens de Scarabaeinae

Os besouros rola-bosta foram coletados utilizando armadilhas do tipo pitfall (Figura 2), composta por um recipiente plástico de 20 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade, uma alça de arame para sustentar um copo descartável de 20 ml onde foi colocada a isca atrativa aos besouros (fezes bovinas e suínas). Sobre o recipiente foi colocada uma tampa plástica sustentada por três palitos de bambu para proteger a armadilha contra chuvas. As armadilhas foram enterradas no chão com a abertura no mesmo nível do solo, contendo 300 ml de uma solução aquosa de sal e detergente líquido. Sendo que as duas principais fontes de alimento dos escarabeídeos são fezes de mamíferos herbívoros e onívoros (HANSKI; CAMBEFORT, 1991), cada armadilha foi iscada com aproximadamente 20 g de fezes de porco ou 20 g de fezes bovinas. Para o estudo de insetos coprófagos são utilizadas como iscas fezes de mamíferos, usualmente do ser humano e gado. No entanto, neste estudo elas foram substituídas pelas de porco, as quais apresentam propriedades atrativas similares às fezes do homem. Para maximizar o número de capturas e minimizar o número de armadilhas perdidas, cada ponto de amostragem conteve duas armadilhas distanciadas 1 m. A duração para a amostragem dos escarabeídeos foi de 10 dias. No primeiro dia as armadilhas foram montadas e iscadas e após 24h foram recolhidas. Este procedimento foi repetido nos dias seguintes à campanha, com alternância no recolhimento de 24 e 48h, no último dia de coleta ocorrendo apenas à coleta dos organismos. Nas pastagens, os experimentos foram conduzidos em locais sem atividade de gado para evitar a interferência das fezes depositadas por esses mamíferos na atratividade das armadilhas e resposta dos insetos.



Figura 2 - Armadilha tipo pitfall modificada para captura de besouros rola-bosta.
Fonte: Do autor.

Duas campanhas foram realizadas ao longo dos anos 2013 e 2014, durante a estação chuvosa (que compreende o período de Outubro até Março) e durante a estiagem (entre os meses de Abril e Setembro), ambas com 10 dias de coleta. No total, 16 pontos, oito contendo isca bovina e oito contendo isca suína, distantes 50 m da borda foram distribuídos em três quadratas de dois hectares em três fragmentos de Mata Atlântica e três pastagens adjacentes aos fragmentos. O fragmento 2 e pastagem 3, ambos localizados na Fazenda Paraíso, receberam 32 pontos cada, devido a sua área maior em relação aos demais locais de coleta; totalizando 64 pontos amostrais independentes para cada tipo de habitat. Para minimizar o efeito de borda, o primeiro ponto estava localizado 100 m adentro do local de coleta nas duas áreas. Cada ponto recebeu as armadilhas para escarabeídeos ou cupins, em diferentes épocas. Quatro arenas para testar as funções ecológicas de remoção de fezes pelos besouros também foram utilizadas (BRAGA, 2009).

Os besouros coletados foram transferidos para sacos plásticos (quantos litros) com fecho tipo zíper contendo álcool 70%; uma etiqueta de identificação com o número do ponto, dia e local da coleta e tipo de isca. A triagem foi realizada no Laboratório de Zoologia da UNIFAL, sendo armazenados em mantas. A identificação foi realizada com ajuda de chave taxonômica e comparação com a Coleção de Referência de Escarabeídeos Neotropicais do Departamento da Universidade Federal de Lavras - MG, sob supervisão do Prof. Dr. Julio Louzada.

4.3 Amostragens dos cupins

Para coletar os cupins que fazem uso de fezes foram utilizadas armadilhas confeccionadas de acordo com Gould, Herrick e Lezama (2001), que consiste em colocar 100 g de fezes dentro de uma malha de metal de tamanho variável (1 mm para controle, 3 mm para exclusão de besouros e 6 mm). A utilização de fezes bovinas apenas para este experimento foi devida à sua enorme abundância nos locais amostrados, sendo de fácil acesso para os cupins que fizeram uso delas. Os pontos que receberam as armadilhas foram divididos entre os pastos e fragmentos, sendo que cada sistema recebeu 32 armadilhas. Em cada ponto foi posto 3 armadilhas de tamanho de tela diferente (1mm, 3mm e 6mm), sendo dispostas em formato triangulas. Após esse período, as armadilhas foram coletadas junto com uma pequena quantidade desolo para verificação da presença de cupins. Posteriormente, as amostras foram transferidas para o laboratório onde foi realizada a triagem dos cupins coletados em todos os habitat e do solo removido junto com a armadilha. Os cupins foram preservados em etanol 80%%. A identificação a nível genérico foi realizada mediante a utilização da chave proposta por Constantino (1997), seguida da identificação até espécie que foi realizada no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Os cupins identificados foram depositados na Coleção Entomológica do Instituto de Ciências da Natureza, da Universidade Federal de Alfenas Unifal-MG.

4.4 Análise da taxa de remoção de fezes

Para esta análise, foram utilizadas arenas, que consistiram numa área de aproximadamente 0,80 m² delimitada por uma tela de náilon (1 mm), sustentada por palitos de bambu (Figura 3). No centro foram colocadas 200 g de fezes bovinas e suínas misturadas, protegidas por uma tampa plástica sustentada por palitos de bambu para proteção contra chuva, distanciando 10 m uma da outra. A coleta abrangeu um período de 10 dias, em que o conteúdo das armadilhas foi amostrado a cada 24 horas por dois dias (BRAGA, 2009).



Figura 3 - Arena para avaliação de remoção de fezes.

Fonte: Arquivo pessoal.

Sendo que a metodologia de avaliação da remoção de fezes não é capaz de excluir os cupins que utilizam galerias subterrâneas, a análise da remoção de fezes por cupins foi realizada utilizando as armadilhas de fezes descritas por Gould, Herrick e Lezama (2001). Três tamanhos de malha de metal foram utilizados na confecção das armadilhas (1, 3 e 6 mm), levando a exclusão da maior parte das espécies de escarabeídeos e permitindo o acesso dos cupins. Foram colocadas próximas ao lugar onde as arenas permaneceram montadas. A tela com malha de 1 mm foi o controle, excluindo tanto besouro quanto cupins. Este experimento foi conduzido entre os meses de Janeiro à Agosto de 2014, abrangendo as estações seca e chuvosa. A cada 21 dias as armadilhas eram recolhidas no campo para análise da quantidade de fezes que foi removida e coleta das espécies que poderiam estar presentes nas liteiras, sendo recolocadas no dia seguinte.

4.5 Biomonitoramento das fezes de gado no campo

O biomonitoramento das placas de excremento fresca e seca foi realizado para verificar de maneira direta a presença/ausência de térmitas nas fezes encontradas nas áreas de

pastagem. Não houve ocorrência de esterco nos fragmentos. Quando encontrados, os cupins eram fotografados com câmera Nikon P510 para registro. Alguns espécimes foram coletados para identificação ao menor nível taxonômico possível.

4.6 Análises dos dados

Curvas de rarefação foram utilizadas para comparar a riqueza de espécies de escarabeídeos entre os dois tipos de uso do solo, sendo obtidas utilizando-se o programa EstimateS (COLWELL, 2005). Diferenças na composição de escarabeídeos foram analisadas por meio de uma análise multidimensionais não-métrica (NMDS) e a não similaridade foi calculada por meio do índice de Bray-Curtis (HAMMER; HARPER; RYAN., 2001), verificada posteriormente por meio da análise de similaridade ANOSIM (10.000 permutações). A ANOSIM foi também calculada utilizando o índice de Bray-Curtis, resultando no valor estatístico R e um valor do p, o qual indica a dissimilaridade entre os tipos de uso do solo. Uma análise de similaridade SIMPER foi utilizada para se determinar quais das espécies de escarabeídeos são bons discriminadores das diferenças de composição entre os tipos de uso do solo. Todos estes testes foram feitos utilizando o software estatístico PAST. À percentagem de remoção de fezes foi avaliada por meio uma ANOVA de dois fatores ($p < 0,05$), de acordo com o tipo de uso do solo e o papel de cada grupo de insetos. As comparações múltiplas a posteriori foram conduzidas utilizando o Teste de Tukey (ZAR, 1999).

5 RESULTADOS

Serão apresentados os dados obtidos pelos experimentos.

5.4 Diversidade de Scarabaeinae

Durante o período de coleta foram capturadas 54 espécies de escarabeídeos, sendo 43 nos fragmentos de Mata Atlântica e 23 nas pastagens. A diversidade de besouros rola-bosta variou entre os tipos de uso de solo avaliados, como também ao longo das estações. Durante a estação seca foram coletados 132 indivíduos, representando 24 espécies das quais 19 foram coletadas nos fragmentos de bosque e cinco nas pastagens. Nos fragmentos foram coletados 117 indivíduos enquanto nas pastagens apenas 15 besouros caíram nas armadilhas. *Dichotomius schiffleri* foi a espécie mais abundante nos dois tipos de uso do solo. Foram observados oito singletons nos fragmentos e dois nas pastagens, sendo que as espécies *Canthon* (*Glaphyrocanton*) sp, *Deltochilum brasiliense*, *Canthidium* sp, *Canthidium* sp1, *Dichotomius* aff. *carbonarius*, *Dichotomius* sp1, *Eurysternus cyanescens* e *Eurysternus parallelus* foram os específicos para fragmentos e *Canthidium decoratum* e *Dichotomius bechynei* para as pastagens durante a estiagem. Dezoito espécies foram específicas aos fragmentos de bosque e quatro foram encontradas unicamente nas pastagens (Tabela 1). De acordo com a guilda alimentar foram identificadas cinco espécies de endocoprídeos, sete paracoprídeos, três telecoprídeos e nove espécies de guilda ainda desconhecida.

Na estação chuvosa foram coletados 845 indivíduos (Tabela 2), representando 50 espécies das quais 13 foram encontradas exclusivamente nas pastagens e 23 foram específicas aos fragmentos de bosque. Tivemos 21 espécies com guilda ainda desconhecida, cinco endocoprídeos, seis telecoprídeos e 18 paracoprídeos. Os singletons foram *Canthidium* sp2, *Coprophanæus lancifer*, *Oxysternon* sp2, *Oxysternon* sp1, *Canthon* sp1 e *Eurysternus* sp1 para o pasto e *Ateuchus* sp, *Ateuchus* sp2, *Deltochilum* sp, *Dichotomius bechynei*, *Dichotomius* sp2, *Eurysternus* sp3, *Onthophagus* sp1 e *Oxysternon* sp1 nos fragmentos.

Seis espécies de besouros foram encontradas unicamente durante a estação seca e 33 espécies na estação chuvosa. Quando os dados de sistema de uso do solo e estação do ano são comparados, *Dichotomius bos* foi à espécie mais abundante no local de estudo, com 145

espécimes amostrados, ocorrendo estritamente nas pastagens. Nos fragmentos de Mata Atlântica, a espécie *D. schiffleri* foi a mais abundante, com 50 espécimes coletados. Fazendo a divisão dos besouros rola-bosta de acordo com seu tamanho (BRAGA; KORASAKI; ANDRESEN; LOUZADA., 2013), temos 41.67% espécies classificadas como pequenos, 45.84% médios e 12.49% grandes coletados na estação seca. Na estação chuvosa a ocorrência de escarabeídeos pequenos foi de 54%, médios de 32% e 14% de grandes.

A riqueza tanto na estação chuvosa como na seca foi maior nos fragmentos de bosque (baseada na análise de rarefação) (Gráfico 1 e 2). Adicionalmente, a composição foi significativamente diferente entre os fragmentos de bosque e as pastagens na estação chuvosa ($R= 0,96$; $p= 0,04$; ANOSIM) (Gráfico 3). De acordo com a análise de similaridade SIMPER, a média de dissimilaridade entre a composição de escarabeídeos entre fragmentos de bosque e pastagens para a estação seca e chuvosa foi de 93,22 e 92,01 respectivamente. A contribuição das espécies de besouros está sumarizada na Tabela 4.

Tabela 2: Riqueza, abundância, guildas e dados morfométricos de escarabeídeos coletados durante a estação seca em fragmentos de Mata Atlântica e Pastagens da região de Alfenas-MG. E: endocoprídeos (vivem e se reproduzem no interior das fezes), P: paracoprídeos (fazem túneis abaixo ou ao lado do recurso), T: para telecoprídeos (fazem bolas de fezes e as levam para seu ninho) (CAMBEFORT; HANSKI, 1991; LOUZADA, 2008) e D para as espécies com a guilda ainda desconhecida.

Tribo/Espécies	Sistema de Uso do Solo		Guilda Funcional	Comprim. (mm)	Largura Mediana (mm)	Dimensão
	Frag.	Pasto				
ATEUCHINI						
<i>Ateuchus</i> aff. <i>carbonarius</i> (Harold, 1868)	12	0	P	14.51	8.72	Médio
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre, 1886)	4	0	P	6.03	3.01	Pequeno
<i>Uroxys</i> sp	13	0	D	4.49	2.57	Pequeno
CANTHONINI						
<i>Canthon</i> (<i>Glaphyrocantthon</i>) sp	1	0	D	6.32	4.47	Pequeno
<i>Deltochilum brasiliense</i> (Castelnau, 1840)	1	0	P	24	17.9	Grande
COPRINI						
<i>Canthidium decoratum</i> (Perty, 1930)	0	1	T	5.8	2.91	Pequeno
<i>Canthidium</i> sp	1	0	D	4.83	3.05	Pequeno

Canthidium sp1	1	0	P	4.35	2.44	Pequeno
Dichotomius aff. piceus (Luederwaldt, 1930)	6	0	D	15.95	9.55	Médio
Dichotomius aff. carbonarius (Mannerheim, 1929)	1	0	P	13.69	8.16	Médio
Dichotomius aff. Spadiceus	3	0	D	17.98	9.85	Médio
Dichotomius affinis (Felsche, 1910)	11	0	T	18.36	10.85	Médio
Dichotomius bechynei (Martínez, 1973)	8	1	D	14.09	8.41	Médio
Dichotomius depressicollis	0	4	T	24.63	15	Grande
Dichotomius nisus (Olivier, 1789)	2	0	P	19.41	10.75	Médio
Dichotomius schiffleri (Vaz- de-Mello, Gavino & Louzada 2001)	26	6	D	8.7	5.25	Pequeno
Dichotomius sp1	1	0	P	27.59	16,74	Grande
ONITICELLINI						
Eurysternus caribaeus (Herbst, 1789)	5	0	E	12.87	6.45	Médio
Eurysternus cyanescens (Balthasar, 1939)	1	0	E	12.71	5.34	Médio
Eurysternus hirtellus (Dalman, 1824)	2	0	E	6.24	4.23	Pequeno
Eurysternus parallelus (Castelnau, 1840)	1	0	E	7.83	5.21	Pequeno
Eurysternus sp1	0	0	D	16.44	7.18	Médio
Eurysternus sp2	0	0	D	13.62	6.21	Médio
PHANAEINI						
Trichillum sp1	17	3	E	4.75	3.02	Pequeno
Total	117	15	132			

Tabela 3 - Riqueza, abundância, guildas e dados morfométricos de escarabeídeos coletados durante a estação chuvosa em fragmentos de Mata Atlântica e Pastagens da região de Alfenas-MG. E: endocoprídeos (vivem e se reproduzem no interior das fezes), P: paracoprídeos (fazem túneis abaixo ou ao lado do recurso), T: para telecoprídeos (fazem bolas de fezes e as levam para seu ninho) (CAMBEFORT; HANSKI, 1991; LOUZADA, 2008) e D para as espécies com a guilda ainda desconhecida.

Tribo/Espécies	Sistema de Uso do Solo		Guilda Funcional	Comprim. (mm)	Largura Mediana (mm)	Dimensão
	Frag.	Pasto				
ATEUCHINI						
<i>Ateuchus</i> aff. <i>carbonarius</i>	2	1	P	14.51	8.72	Médio
<i>Ateuchus</i> sp	1	0	D	6.38	3.48	Pequeno
<i>Ateuchus</i> sp1	23	6	P	6.29	3.14	Pequeno
<i>Ateuchus</i> sp2	1	0	P	5.79	3.19	Pequeno
<i>Ateuchus striatulus</i>	8	8	D	6.03	3.01	Pequeno
<i>Uroxys</i> sp	109	0	D	4.49	2.57	Pequeno
CANTHONINI						
<i>Canthon</i> (<i>Glaphyrocantion</i>) sp	2	0	D	6.32	4.47	Pequeno
<i>Canthon</i> aff. <i>podagricus</i> (Harold, 1868)	0	5	P	28.32	16.93	Grande
<i>Canthon</i> sp	0	3	D	5.34	3.84	Pequeno
<i>Canthon</i> sp1	3	1	P	8.96	5.12	Pequeno
<i>Canthon</i> sp2	2	0	P	7.73	4.78	Pequeno
<i>Deltochilum morbilosum</i> (Burmeister, 1848)	17	0	T	10.99	7.43	Médio
<i>Deltochilum rubripenne</i> (Gory, 1831)	13	0	P	13.3	8.9	Médio
<i>Deltochilum</i> sp	1	0	D	12.65	6.5	Médio
<i>Sybalocantion</i> sp. nov.	72	0	P	11.49	5.6	Médio
<i>Sylvicanthon foveiventris</i> (Schmidt, 1920)	20	0	P	6.29	3.91	Pequeno
COPRINI						
<i>Canthidium barbaticum</i> (Borre, 1886)	0	9	D	6.29	4.88	Pequeno
<i>Canthidium decoratum</i> (Perty, 1930)	0	3	T	5.8	2.91	Pequeno
<i>Canthidium</i> sp	20	5	P	4.83	3.05	Pequeno

Canthidium sp1	6	0	P	4.35	2.44	Pequeno
Canthidium sp2	0	1	P	8.07	5.37	Pequeno
Dichotomius (Dichotomius) mormon (Ljungh, 1799)	11	0	T	26.48	15.53	Grande
Dichotomius aff. piceus (Luederwaldt, 1930)	2	0	D	15.95	9.55	Médio
Dichotomius affinis (Felsche, 1910)	9	6	T	18.36	10.85	Médio
Dichotomius bechynei (Martínez, 1973)	1	2	D	14.09	8.41	Médio
Dichotomius bicuspis (Germar, 1824)	19	0	D	12.56	6.92	Médio
Dichotomius bos (Blanchard, 1843)	0	146	P	23.59	14.13	Grande
Dichotomius aff. carbonarius (Mannerheim, 1929)	32	0	P	13.69	8.16	Médio
Dichotomius mormon (Ljungh, 1799)	12	0	T	21.52	15.55	Grande
Dichotomius nisus (Olivier, 1789)	0	7	P	19.41	10.75	Médio
Dichotomius schiffleri (Vaz-de- Mello, Gavino & Louzada 2001)	24	5	D	8.7	5.25	Pequeno
Dichotomius sp2	1	8	T	26.39	16.72	Grande
Isocoprís inhiata (Germar, 1824)	0	33	D	28.63	17.86	Grande
ONITICELLINI						
Eurysternus caribaeus (Herbst, 1789)	22	0	E	12.87	6.45	Médio
Eurysternus cyanescens (Balthasar, 1939)	40	2	E	12.71	5.34	Médio
Eurysternus hirtellus (Dalman, 1824)	19	0	E	6.24	4.23	Pequeno

Eurysternus parallelus (Castelnau, 1840)	8	2	E	7.83	5.21	Pequeno
Eurysternus sp1	44	1	D	16.44	7.18	Médio
Eurysternus sp2	5	0	D	13.62	6.21	Médio
Eurysternus sp3	1	0	D	6.71	3.11	Pequeno
ONTHOPHAGINI						
Onthophagus sp	0	4	D	7.1	4.94	Pequeno
Onthophagus sp1	1	0	P	6.7	3.63	Pequeno
Onthophagus sp2	2	0	P	6.04	4	Pequeno
PHANAEINI						
Coprophanæus lanciafer (Linné, 1767)	0	1	P	36.5	17.8	Grande
Eutrichillum hirsutum (Paulian, 1939)	0	3	D	3.51	2.01	Pequeno
Oxysternon sp1	1	1	D	8.8	5.6	Pequeno
Oxysternon sp2	0	1	D	8.34	6.41	Pequeno
Oxysternon sp3	2	0	D	17.21	10.55	Médio
Trichillum sp	9	12	E	4.51	2.99	Pequeno
Trichillum externepunctatum (Borre, 1886)	0	4	D	3.27	2.1	Pequeno
Total	565	280	845			

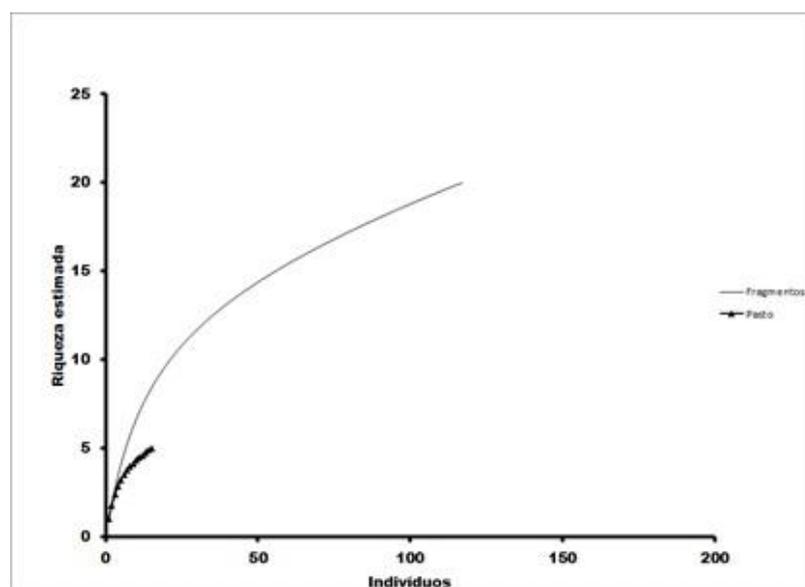


Gráfico 1 - Curva de rarefação para as espécies capturadas de besouros nos diferentes sistemas de uso do solo durante a Estação Seca.

Fonte: Do autor.

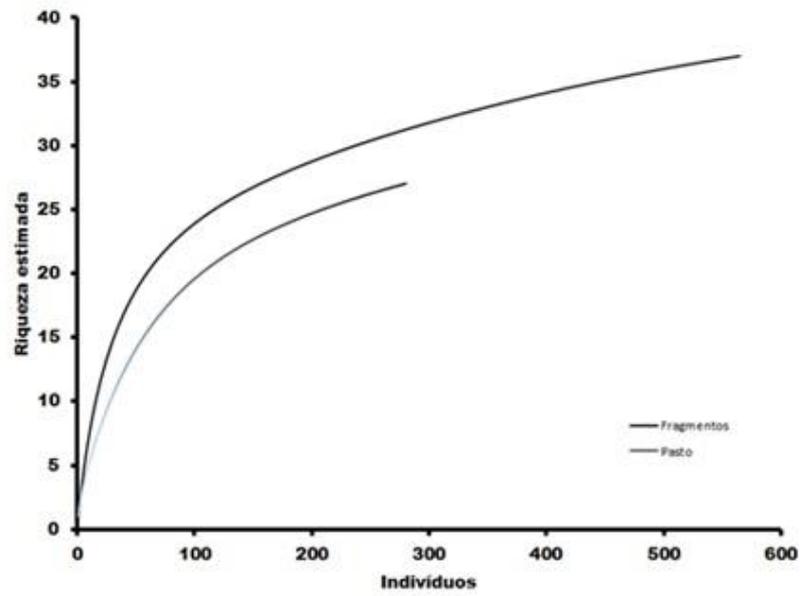


Gráfico 2 - Curva de rarefação para as espécies capturadas de besouros nos diferentes sistemas de uso do solo durante a Estação Chuvosa.

Fonte: Do autor.

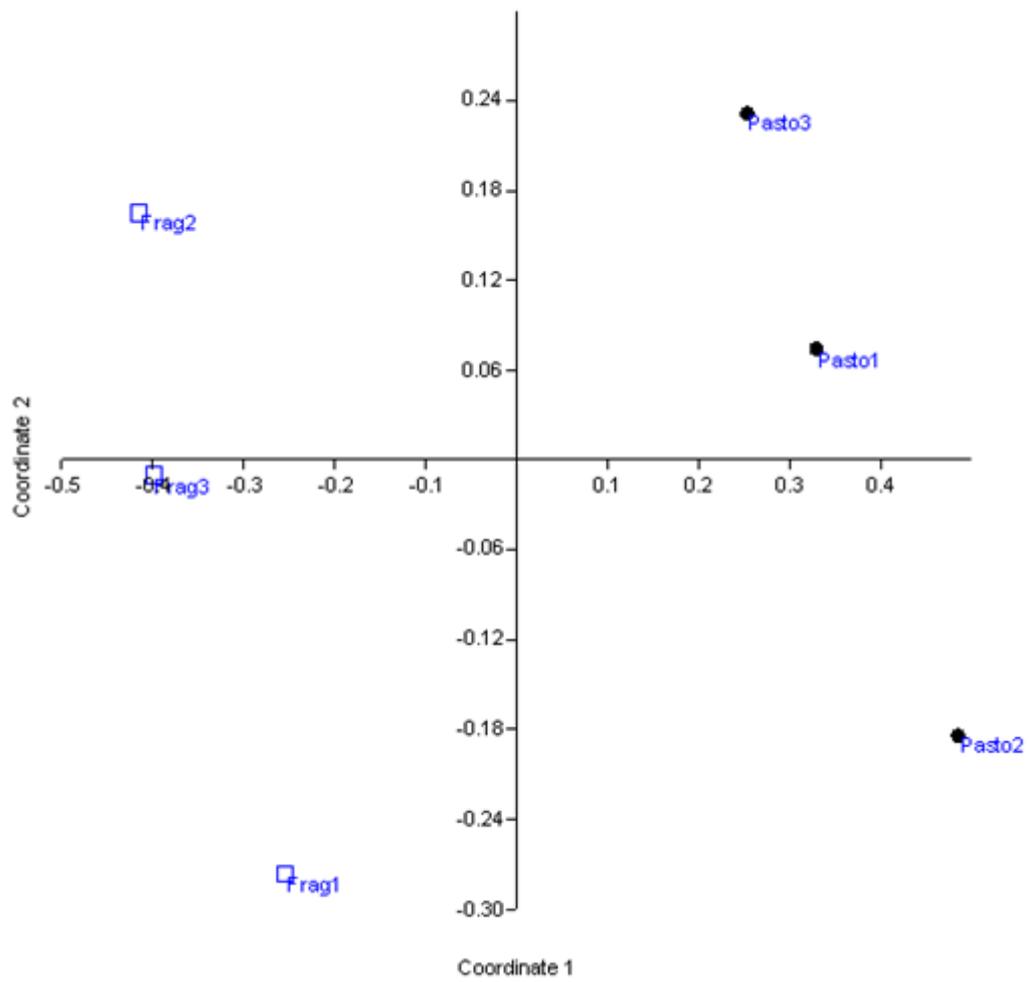


Gráfico 3 - Análise não-métrica multidimensional (NMDS) de escarabeídeos baseado em matriz binária de dados e índice de Bray-Curtis.

Fonte: Do autor.

Tabela 4 - Contribuição das principais espécies de escarabeídeos à diferença de similaridade entre fragmentos de bosque e pastagens para as duas estações do ano.

Espécies	Estação	Contribuição (%)
Dichotomius schiffleri		17.97
Trichillum sp1		12.06
Ateuchus aff. carbonarius	Seca	8.55
Dichotomius aff. piceus		8.22
Uroxys sp		8.15
Dichotomius bos		17.37
Uroxys sp		10.62
Eurysternus sp1	Chuvosa	7.895
Sybalocanthon sp. nov.		6.276
Dichotomius carbonarius		5.727

Fonte: Do autor.

5.2 Diversidades de cupins coprófagos facultativos

Durante o monitoramento (Figura 4) realizado na estação seca foram examinadas 123 placas de fezes secas e 55 de fezes úmidas (Tabela 4) sendo que apenas nas placas de excremento secas (39 amostras) foi observada atividade de cupins. Para duas espécies coletadas só foi possível a identificação em nível de subfamília, sendo elas Apicotermitinae e Syntermitinae. Nesta estação foram observadas sete espécies nas placas de excremento: *Cornitermes* sp1, *Embiratermes heterotypus*, *Heterotermes tenuis*, *Neocapritermes opacos*, *Procornitermes araujoi*, *Silvestritermes euamignathus*, *Silvestritermes* sp1 e *Syntermes nanus*.

Durante a estação chuvosa, 60 fezes úmidas (sem ocorrência de cupins) e 59 amostras de excremento seco foram verificadas, com 28 ocorrências. Três gêneros foram amostrados, contando com quatro espécies: *P. araujoi*, *E. heterotypus* e *Silvestritermes* sp1 e uma ninfa de *Procornitermes*, a qual não foi possível identificar a espécie. Duas espécies das subfamílias Syntermitinae e Rhinotermitidae foram coletadas, porém não foi possível a sua identificação. Nas placas de excremento úmidas não foi encontrado nenhum cupim.



Figura 4 - Cupins destacados por círculos em branco sobre fezes secas em área de pastagem.
Fonte: Do autor.

Já nas armadilhas, seis espécies foram coletadas (Tabela 5): *Dihoplotermes inusitatus*, *E. heterotypus*, *Nasutitermes sp1*, *Ruptitermes reconditus*, *Ruptitermes sp.* e *P. araujoi*, este não teve incidência nos fragmentos. No pasto apenas as espécies *R. reconditus* e *P. araujoi* foram coletados. Em ambas áreas a espécie de maior ocorrência foi *R. reconditus*.

Tabela 5 - Número de espécies de cupins coletadas em cada sistema do solo para as estações seca e chuvosa.

Ano	Estação	Sistema de uso do solo	Número de espécies coletadas
2013	Seca	Fragmento	6
			9
2014	Chuvosa	Fragmento	5
			4

Fonte: Do autor.

Houve ocorrência térmita no solo amostrado dos dois sistemas de solo. Das 34 armadilhas dos fragmentos, em 18 houve incidência de cupins, sendo 13 do solo e 5 de fezes, havendo ocorrência de todas as espécies citadas. Para a tela de 3 mm houve incidência das espécies *R. reconditus*, *E. heterotypus*, *D. inusitatus* e ninfa de *Nasutitermes*. Na de 6 mm houve incidência de *P. araujoi*, *R. reconditus*, *R. sp1* e ninfa de *Nasutitermes*. Na tela de 1 mm não houve ocorrência de cupins. Na separação por estações do ano, temos na estiagem oito espécies coletadas e seis espécies no período das chuvas (Tabela 6).

Tabela 6 - Espécie de cupins presentes nos sistemas de pasto e fragmento durante as estações seca e chuvosa, onde (+) indica presença e o (-) ausência.

Sistema de uso do Solo	Estação		Espécies
	Seca	Chuvosa	
Pastagem	+	-	<i>Silvestritermes euamignathus</i>
	+	-	<i>Silvestritermes sp1</i>
	+	-	<i>Embiratermes heterotypus</i>
	+	-	<i>Heterotermes tenuis</i>
	+	-	<i>Neocapritermes opacos</i>
	+	-	<i>Syntermes nanus</i>
	-	+	<i>Procornitermes araujoi</i>
	+	+	<i>Ruptitermes reconditus</i>
Fragmentos de Mata Atlântica	+	-	<i>Silvestritermes sp1</i>
	-	+	<i>Embiratermes heterotypus</i>
	-	+	<i>Procornitermes araujoi</i>
	+	+	<i>Ruptitermes reconditus</i>
	-	+	<i>Ruptitermes sp1</i>
	-	+	<i>Dihoplotermes inusitatus</i>

Fonte: Do autor.

5.3 Comparações da remoção de fezes por escarabeídeos e térmitas coprófagas facultativas

Durante o período de estudo foi observada uma redução da percentagem de remoção de fezes pelos besouros nas pastagens acompanhados pelo aumento da percentagem de remoção dos cupins ($F= 16,65$; $GL= 1$; $p< 0,001$; Anova de dois fatores), sendo mais evidente durante a estação seca (Gráficos 4 e 5). Para o cálculo da quantidade de fezes removidas por cupins, foram utilizado apenas os dados obtidos com a malha de 3 mm, por elas fazerem exclusão da maior parte das espécies de besouros que não conseguem atravessá-la devido ao seu tamanho.

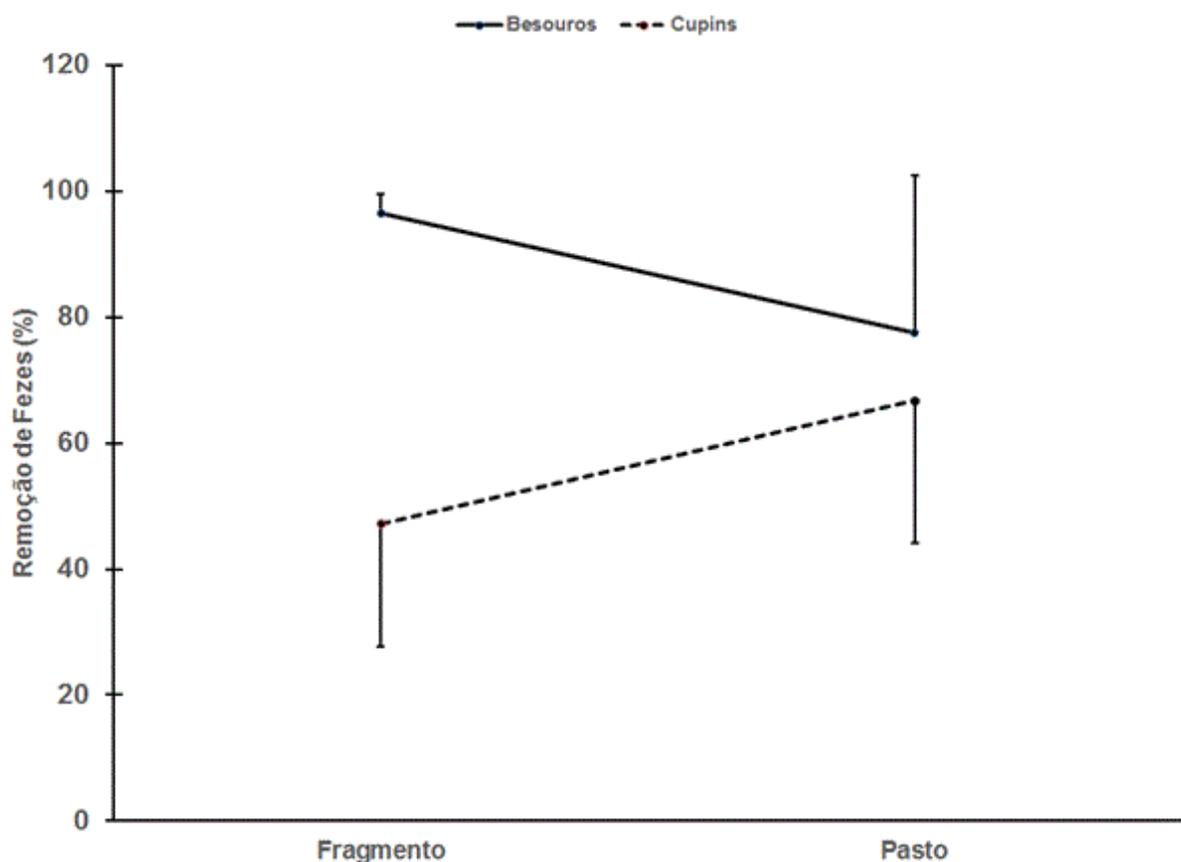


Gráfico 4 - Média da percentagem da remoção de fezes dos besouros e cupins na estação chuvosa.

Durante a estação chuvosa foi observada uma redução significativa da percentagem de remoção das fezes pelos besouros ($p= 0,018$; Teste de Tukey) e uma tendência ao aumento da remoção pelos cupins ($p= 0,058$; Teste de Tukey) nas pastagens. Por outro lado, besouros

removeram mais fezes nos fragmentos de bosque do que os cupins ($p < 0,001$; Teste de Tukey) mas essa diferença não foi observada nas pastagens ($p = 0,315$; Teste de Tukey). Na estação seca, também foi observada uma redução significativa da porcentagem de remoção de fezes pelos besouros nas pastagens ($p < 0,001$; Teste de Tukey) e um aumento da remoção dos cupins ($p = 0,011$; Teste de Tukey). Da mesma forma, besouros foram mais eficientes na remoção de fezes nos fragmentos de bosque ($p < 0,001$; Teste de Tukey), porém nas pastagens esses insetos removeram fezes de forma similar ($p = 0,979$; Teste de Tukey).

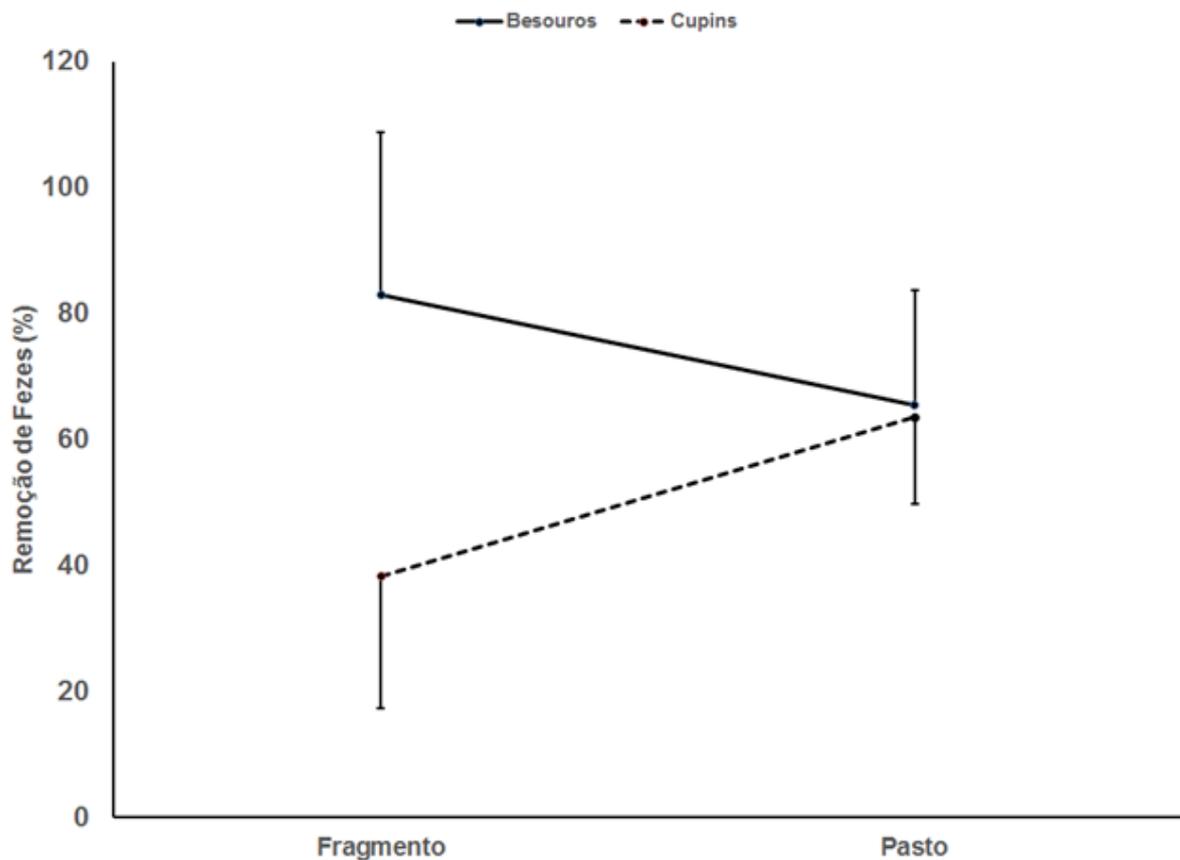


Gráfico 5 - Média da porcentagem da remoção de fezes dos besouros e cupins na estação seca
Fonte: Do autor.

5.4 Remoção de fezes realizada por Cupins

De acordo com o teste F com 5% de significância, a interação entre os fatores local e tela apresentou efeito significativo sobre a remoção das fezes pelos cupins ($p < 0,05$). Portanto, existe efeito conjunto entre os locais e as telas. Quando utilizada a tela de 1 mm, a remoção de fezes pelos cupins foi estatisticamente igual nos locais estudados (pastagem e

fragmentos). Quando utilizada a tela de 3 mm, a remoção de fezes pelos cupins nos fragmentos foi menor que nos pastos, conforme teste de Tukey a 5% de significância. Quando utilizada a tela de 6 mm, a remoção de fezes pelos cupins foi estatisticamente igual nos locais estudados (pastagem e fragmentos).

Tanto nos fragmentos quanto nos pastos, verificou-se que as três telas influenciaram diferentemente na remoção das fezes pelos cupins. A tela de 6 mm proporcionou a maior remoção de fezes, seguida da tela de 3 mm e a tela de 1 mm levou a uma menor quantidade removida.

6 DISCUSSÃO

6.1 Diversidade de besouros rola-bosta e cupins coprófagos facultativos em paisagem fragmentadas

A fragmentação florestal pode causar a perda de 40% a 70% da diversidade de besouros e cupins, causando modificações na pedofauna local, já que estes grupos animais respondem de maneira rápida ao estresse do solo (WATT et al., 1997; PAOLETTI et al., 1991).

Os besouros rola-bosta são susceptíveis à fragmentação florestal, que limita a sua movimentação e dispersão (KELIN, 1989; HALFFTER et al., 1992). No local de estudo, os escarabeídeos apresentam maior riqueza e abundância nos fragmentos de bosque, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Mesmo sendo áreas menores, eles ainda preservam algumas características de locais preservados - luminosidade filtrada pelas árvores, serapilheira, algumas espécies de mamíferos que ainda permanecem nessas áreas fornecendo seu recurso, dentre outros – o que favorece a sua existência.

A composição de espécies entre fragmentos e pastagens é diferente entre as estações do ano. *D. schiffleri* foi à espécie que apresentou maior contribuição (17.97%) durante a estiagem, com incidência de 81.25% nos fragmentos e 18.75% nas pastagens de indivíduos coletados. No período de chuvas, *D. bos* foi à espécie com maior ocorrência, mas sua incidência foi apenas nas áreas de pasto. Teve uma contribuição de 17.37% na composição de espécies durante a estação chuvosa. *D. bos* tem distribuição por toda região neotropical da América do Sul (Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Colômbia), sendo uma espécie de grande resistência a degradação de seu habitat natural, tendo incidência em diferentes sistemas de solo (AIDAR et al., 2000; FLECHTMANN et al., 1995; KOLLER et al., 1999; KOLLER et al., 2007, LOUZADA et al., 2007; MARCHIORI et al. 2001; MENDES & LINHARES, 2006; RODRIGUES; MARCHINI, 2000; RONQUI; LOPES, 2006; SILVA et al., 2007).

D. bos são animais grandes com tamanho médio maior que 21 mm, enquanto *D. schiffleri* não alcança 10mm. Essa diferença no tamanho pode ser um dos fatores que levou a

diferença na composição de espécies entre as estações. De acordo com Chpaman (1998), animais menores consomem uma menor quantidade de alimentos, pois gastam menos energia, assim, na estiagem quando a quantidade de fezes úmidas diminui, *D. schiffleri* que são besouros pequenos ainda conseguem manter seus níveis de abundância elevados, já que necessitam de uma menor quantidade de alimento para sua sobrevivência e reprodução. Durante as chuvas, *D. bos* que são animais de tamanho corporal mais elevado, necessitam de uma maior quantidade de alimento para suprir sua demanda energética

A resistência do *D. bos* a degradação ambiental, também pode ser um fator que o permite sobreviver e multiplicar-se em áreas de pastos ativos, já que são locais com grande quantidade de alimento disponível quando comparados aos fragmentos de bosque, onde as maiores partes da diversidade de mamíferos que eram a fonte de onde provinha seu recurso já desapareceram. As chuvas aumentam a disponibilidade de alimento para o gado, conseqüentemente, isso leva a uma maior produção de massa fecal que ficará disponível para os besouros rola-bosta. Já *D. schiffleri* é considerada uma espécie intolerante a degradação do seu ambiente natural (VIEIRA et al., 2008). Essa intolerância pode ter sido o fator que fez com que mais de 80% dos espécimes coletados tivessem ocorrência nos fragmentos florestais. Uma razão do por que da incidência de espécimes de *D. schiffleri* terem sido coletados nos pastos pode ser a proximidade das pastagens com fragmentos florestais nos locais onde o estudo foi conduzido, podendo ser indivíduos perdidos ou em busca de alimentos já pouco abundante no interior dos fragmentos.

Mesmo com a destruição de seu habitat natural, algumas espécies de cupins conseguem adaptar e sobreviver em um ambiente novo e hostil. Apesar das espécies capturadas fazerem uso de excrementos como recurso alimentar, não existe registro de espécies de cupins estritamente coprófagas (FREYMANN et al, 2008). A riqueza de cupins coprófagos facultativos durante a estiagem foi maior do que na estação chuvosa, possivelmente devido ao fato do recurso alimentar ser mais abundante neste período, já que a abundância de escarabédeos diminui drasticamente na seca. De acordo com Loranger et al. (1998), pode ocorrer um aumento na biodiversidade de cupins em locais degradados causada pela diminuição do número de organismos do solo e da competição por recursos.

Embiratermes heterotypus e *Ruptitermes reconditus* ocorreram em ambas às estações e nos dois sistemas de uso do solo, provavelmente por serem generalistas e de grande distribuição por quase todo Brasil vivendo diretamente no solo ou mesmo fazendo uso de ninhos feitos por outras espécies (CONSTANTINO, 1999; ACCIOLI, 2007).

Durante a estiagem houve maior ocorrência de espécies de cupins coprófagos facultativos, com seis espécies capturadas nos fragmentos e nove nas pastagens durante a seca. Nas chuvas cinco espécies estiveram presentes nos fragmentos e quatro nos pastos. Esses dados mostram uma diminuição do número de espécies de térmitas coprófagas facultativas durante o período em que a abundância de besouros rola-bosta é maior. No período das chuvas a abundância de escarabeídeos aumenta, enquanto na estiagem ela diminui (HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO, 2009; LOPES et al., 2011). Isto pode ser a causa do número de espécies de cupins que utilizam fezes aumentarem nesta época, já que o recurso seria mais abundante. O maior número de placas de excremento secas encontrada durante a estação seca, provavelmente, e devido a temperaturas mais altas, fazendo com que elas percam água mais rapidamente; isso também pode ser um dos fatores que fazem os cupins que fazem uso de fezes terem preferência por fezes secas.

Essa inversão que ocorre na abundância dos dois grupos durante as estações pode ser devido à partição indireta das placas de excremento como recurso entre eles. Na estação chuvosa quando os besouros rola-bosta são mais abundantes a remoção das fezes é mais eficiente, fazendo com que a quantidade que possa ficar disponível para os cupins seja baixa. Durante esse período os recursos primários das térmitas (capim, serapilheira e madeira) são mais abundantes e fáceis de serem alcançados. Já na estiagem quando a abundância de escarabeídeos diminui e o recurso dos cupins torna-se mais escasso, as fezes passam a ser uma alternativa para as térmitas, que podem fazer uso dela para alimentação extraindo a celulose restante da digestão das fezes dos mamíferos. A partição do recurso massa fecal de acordo com a forma em que este se encontra (úmido ou seco), que permite uma coexistência entre besouros rola-bosta e cupins coprófagos facultativos, ocorrendo, apenas uma competição indireta entre eles.

Comparando a diversidade das espécies de besouros rola-bosta coletados em cada sistema de uso do solo durante as estações seca e chuvosa, fica claro que ocorre uma perda significativa da riqueza de espécies dos fragmentos para as pastagens. Mesmo com o aumento da abundância de algumas espécies nos pastos, não ocorre uma compensação na realização dos serviços ambientais por elas (BRAGA, 2009); não é possível manter o equilíbrio do ambiente natural em áreas antropizadas (ASSIS-JÚNIOR, 2000) com uma maior densidade populacional e menor riqueza, já que a complexidade deste tipo de ambiente supera grandemente a de uma área degradada.

Os cupins tiveram maior riqueza durante a estação chuvosa em áreas que apresentaram certo grau de preservação. Sendo os fragmentos áreas mais preservadas em

relação ao pasto, a chuva faz com que a abundância de alimentos (capim, madeira, fungos) disponíveis para as térmitas seja maior nesta área, fazendo com que não gastem muita energia no forrageamento de locais mais distantes, como pastagens. A fragmentação do ambiente leva a perda de diversidade de cupins nos fragmentos durante a estiagem e aumento no sistema de pastagem.

Cupins invertem suas riquezas entre as estações, sendo maior na estiagem, enquanto os escarabeídeos apresentam maior riqueza durante o período de chuvas. Sendo grupos que possuem grande importância na manutenção do ambiente em que vivem, devido às funções ambientais que realizam sem eles o que resta do equilíbrio ambiental nos locais degradados entraria em colapso, levando a extinção local de ainda mais espécies locais.

6.2 Remoção de fezes por escarabeídeos e térmitas coprófagas facultativas

Alguns trabalhos relatam uma taxa de remoção de fezes por cupins entre 12 e 57% durante um mês, com as maiores taxas ocorrendo durante a seca. Escarabeídeos da Amazônia brasileira tem uma proporção de 64.71g de solo revolvido para cada 17.84 g de fezes removidas (COE, 1977; OMALIKO, 1981; WHITFORD et al., 1982; OUÉDRAOGO et al, 2004; BRAGA, 2013). Essas comparações mostram o quão importante estes dois grupos são para a remoção de fezes e reintrodução de nutrientes no solo.

Durante a seca, ocorre uma redução da percentagem de remoção de fezes pelos besouros nas pastagens acompanhada pelo aumento da remoção por cupins, sendo mais evidente neste período. Na estação chuvosa foi observada uma redução significativa da percentagem de remoção pelos besouros nos pastos e uma tendência ao aumento da retirada pelos cupins no mesmo sistema. Esses dados deixam claro que não existe uma compensação na realização dos serviços ambientais por parte das espécies remanescente de besouros rola-bosta no sistema de pastagem, mesmo com o aumento de suas abundâncias.

Escarabeídeos foram mais eficientes na remoção de fezes nos fragmentos, porém nos pastos as térmitas e escarabeídeos retiraram de forma similar. Fragmentos são locais que relativamente ainda apresentam características de um habitat não degradado, exibindo até algumas espécies remanescente de mamíferos que fornecem o alimento natural dos escarabeídeos. Fezes bovinas não são tão ricas em nutrientes quanto de primatas, por

exemplo. Talvez este seja um dos fatores que permitem a existência dos besouros rola-bosta dentro dos fragmentos florestais.

Na estiagem a abundância de escarabeídeos decai, ocorrendo uma redução significativa da porcentagem de retirada de fezes por eles nas pastagens, entretanto ocorre um aumento da remoção por cupins. Uma provável razão disto acontecer, deve-se ao fato de existir uma maior disponibilidade do recurso nos pastos devido ao trânsito constante de gado e as placas de excremento secarem mais rapidamente, tornando-as atrativas para as térmitas, já que estas têm preferência por esterco seco (FERRAR & WATSON, 1970).

A interação entre os fatores local e tela apresentou efeito significativo sobre a remoção das fezes pelos cupins. Na malha de 1 mm a remoção foi estatisticamente igual nos dois sistemas estudados. Com uma tela de 3 mm a remoção nos fragmentos foi menor que nos pastos. Já na malha de 6 mm a remoção foi estatisticamente igual nos locais estudados, sendo que está proporcionou uma maior remoção quando comparada com as outras duas. Assim como houve um menor número de espécies de cupins coletados nos fragmentos (duas espécies) em relação às pastagens (sete espécies), também houve uma maior quantidade de fezes removidas nos pastos durante a estiagem. A disponibilidade de fezes de gado ser maior nos pastos do que excremento de outros mamíferos nos fragmentos na época da seca pode ser o fator responsável por esse modelo de remoção. Existe uma relação entre o número de espécies de cupins no local com a eficácia na realização deste serviço ambiental.

A tela de 6 mm durante a estiagem permitiu uma maior remoção de excremento, contudo, uma malha maior permite a passagem não apenas de cupins, mas vários outros componentes da fauna edáfica do solo que fazem uso de fezes para alguma finalidade conseguiriam entrar e remover certa quantidade, não sendo então tributado apenas a cupins a execução deste serviço ambiental em telas deste tamanho.

A remoção de fezes leva a execução direta e indireta de outros serviços (NICHOLS et al., 2008). A aeração do solo será feita pelos dois grupos, entretanto, as térmitas possuem maior eficácia devido a sua abundância local. Elas constroem ninhos enormes, com galerias gigantescas abaixo do solo. As fezes levadas até estas galerias promoveram a (re) introdução de nutrientes para o solo beneficiando plantas próximas (BANG et al., 2005). Em contrapartida, os besouros têm o benefício de conseguirem levar as bolas fecais para locais mais distantes. Mesmo que não consiga aerar uma área muito grande, locais mais distantes serão beneficiados por eles. Um benefício direto para o homem é o controle da mosca-do-chifre (*H. irritans*) que atacam os rebanhos. São insetos hematófagos e passam o dia picando os animais para se alimentar (BRITO et al, 2005), isso leva o animal a um estado crítico de

estresse. Estes insetos fazem uso das fezes para se reproduzir. Quando enterradas, seja por cupins ou besouros, elas se tornam inacessíveis para as *H. irritans* e também leva a morte dos ovos que já podem ter sido depositados sobre elas, acontecendo então um controle biológico natural de dois grupos sobre outro.

Temos também a dispersão secundária de sementes, que acontece de forma involuntária pelos dois grupos quando fezes de herbívoros frugívoros e dispersada. Escarabeídeos e térmitas podem promover o dispersão de sementes de diferentes tamanhos, de acordo com seu volume corporal. Besouros grandes conseguem enterrar um maior número (FEER, 1999) devido ao tamanho da bola fecal que consegue rolar. Os cupins, contudo, não conseguirão serem tão eficazes devido ao seu tamanho corporal diminuto, não permitindo retirar grandes quantidades de fezes. Andresen (2003) diz que esta capacidade de dispersar e enterrar sementes pode ter um efeito benéfico futuro para a recuperação e continuidade das florestas.

6.3 Competição indireta e partição temporal do recurso alimentar

Os besouros rola-bosta mostraram ser mais eficientes na remoção de fezes nos fragmentos e apresentaram maiores abundância e riqueza nestes sistemas quando comparados a pastagem durante o período das chuvas. Mesmo assim, ainda possuem papel fundamental na retirada de excrementos do pasto. Escarabeídeos fazem uso das fezes apenas quando estas ainda estão úmidas, pois utilizam seu líquido rico em nutrientes como recurso alimentar (CAMBEFORT, 1991). A alocação do alimento pelos besouros rola-bosta por diferentes maneiras faz com que a diversidade na exploração das fezes leve a uma redução da competição intraespecífica, permitindo que várias espécies de besouros rola-bosta coexistam sobre a mesma placa de excremento, tornando mais eficiente e rápida a execução da retirada das placas de excremento (CAMBEFORT & HANSKI, 1991; SCHEFFLER, 2002). Na estiagem, entretanto, os cupins mostraram ser os maiores responsáveis pela remoção das fezes no sistema de pastagem, mas apenas quando esta já está seca. Durante todo o estudo e com relatos de outros trabalhos, como o de Ferrar & Watson (1970), ficou clara a preferência exclusiva das térmitas por fezes secas.

A ocorrência de uma partição temporal da fonte de alimento pelos dois grupos os leva a uma competição indireta, chamada competição por exploração. Nesta temos uma

interação indireta entre os indivíduos competidores, onde uma espécie pode consumir total ou parcialmente o recurso disponível enquanto que outra que aparecer tardiamente, terá a disponibilidade deste reduzida drasticamente, podendo mesmo não mais existir no local (BEGON et al., 2007).

Como os escarabeídeos utilizam apenas as fezes frescas e os cupins passam a colonizá-las apenas quando secas uma competição direta entre eles não ocorre. Mesmo que as fezes não sejam totalmente consumidas pelos besouros, as térmitas terminarão a remoção quando secarem, fazendo a ciclagem da matéria orgânica ser mais rápida do que em áreas que estão ausentes, onde a decomposição é realizada apenas por microrganismos. Um dos prováveis atrativos que as fezes possuem para as térmitas é sua disponibilidade espacial e temporal. Mesmo que não seja previsível de quando e onde irão ser depositadas, sua aparição é mais freqüente que a de vegetação morta em áreas de pastagem (SHORROCKS & ROSEWELL, 1987; HALFFTER, 1991). Poderão se beneficiar da energia presente na massa de excremento e também da facilidade do consumo, devido ao fato que as fezes dos bovinos já possuem lignocelulose parcialmente processada pelos organismos endosimbiontes presente em seu sistema digestório.

Diferente dos escarabeídeos que são moveis, as térmitas estão restrita ao perímetro próximo ao seu ninho, não podendo realizar o forrageamento em uma área muito extensa. Não há então uma preferência dos cupins por esterco, e sim uma utilização oportuna de sua aparição na sua área de vida. Tem-se registrado 126 espécies que utilizam fezes como recurso secundário para alimentação, mas térmitas estritamente coprófagas não são conhecidas (GOULD, et al., 2001; FREYMANN et al., 2008).

7 CONCLUSÃO

A fragmentação dos sistemas florestais leva a perda da diversidade tanto de besouros rola-bosta quanto de cupins coprófagos facultativos. Essa diminuição da riqueza não é compensada pelo aumento da abundância das espécies capazes de sobreviver em um ambiente degradado para a realização dos serviços ambientais.

Durante a estação chuvosa os besouros rola-bosta são mais eficientes na remoção de fezes nos sistemas de fragmentos de bosque, enquanto os cupins cumprem esse papel na estiagem nas áreas de pastagem. Essa inversão na preferência das fezes (escarabeídeos preferem úmidas e térmitas as secas) entre os dois grupos leva a uma competição indireta entre eles. Besouros irão utilizar as placas de excremento primariamente, mas perdem interesse para os escarabeídeos quando o nível de perda de água aumenta. O que resta destas placas, quando secas passam a ser atrativas para os cupins, que farão uso dela como recurso alternativo quando seu recurso primário torna-se menos abundante durante a estiagem.

REFERÊNCIAS

- ABE, T. Evolution of the life types in termites. In: KAWANO, S.; CONNELL, J.H. & HIDAKA, T., eds. **Evolution, coadaptation, and biotic communities**. University of Tokyo Press, Tokyo, p.128-148. 1997.
- ACCIOLI, A.N.S. Revisão Taxonômica e Relações Filogenéticas do Gênero Neotropical Ruptitermes Mathews, 1977 (Isoptera: Termitidae: Apicotermitinae). **Tese de Doutorado**, UFAM, Manaus, AM. 2007.
- ACKERMAN, I. L.; CONSTANTINO, R.; GAUCH, H. G.; LEHMANN, J.; RIHA, S. J.; FERNANDES, E. C. M. 2009. Termite (Insecta: Isoptera) species composition in a primary rain forest and agroforests in Central Amazonia. **Biotropica**, v. 41, p.226-233. 2009.
- AIDAR, T.; KOLLER, W.W.; RODRIGUES, S.R.; CORREA, A.M.; SILVA, J.C.C.; BALTA, O.S.; OLIVEIRA, J.M.; OLIVEIRA, V.L. Besouros Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) Coletados em Aquidauana, MS, Brasil. **Anais da Sociedade de Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p.817-820. 2000.
- ANDRESEN, E. 2003. Effect of Forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, Copenhagen, 26(1):87-97.
- ANTONGIOVANNI, M.; METZGER, J.P. Influence of matrix habitats on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**, v.122, p.441–451. 2005.
- ARMSWORTH, P.R.; CHAN, K.M.A.; DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R.; KREMEN, C.; RICKETTS, T.H.; SANJAYAN, M.A. Ecosystem-service science and the way forward for conservation. **Conservation Biology**, Boston, n. 6, v. 21, p.1383–1384. 2007.
- ASSIS JÚNIOR, S. L. de. Sistemas agroflorestais versus monoculturas: Coleoptera, Scarabaeidae e microbiota do solo como bioindicadores de sustentabilidade. 70 p. **Tese de Doutorado em Entomologia** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2000.
- BANG, H.S.; LEE, J.H.; KWON, O.S.; Na, Y.E. JANG, Y.S.; KIM, W.H. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. **Applied Soil Ecology**, n. 29, p.165–171. 2005.

BEATH, D. D. N. Pollination of *Amorphophallus johnsonii* (Araceae) by carrion beetles (*Phaeochrous amplus*) in a Ghanaian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, n. 12, p.409–418. 1996.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia: De indivíduos a ecossistemas**, 740p., 2007.

BENDER, D.J.; FAHRIG, L. Matrix structure obscures the relationship between interpatch movement and patch size and isolation. **Ecology**, n. 86, p.1023–1033. 2005.

BERRY, O.; TOCHER, M. D.; GLEESON, D. M.; SARRES, S. D. Effect of vegetation matrix on animal dispersal: genetic evidence from a study of endangered skinks. **Conservation Biology**, n. 19, p.855–864, 2005.

BIERREGAARD, Jr., R. O.; LAURANCE, W. F., GASCON, C., BENITEZ-MALVIDO, J., FEARNSIDE, P. M., FONSECA, C. R., GANADE, G.; MALCOLM, K. R., MARTINS, M. B., MORI, S., OLIVEIRA, M., RANKIN-DE MÉRONA, J., SCARIOT, A.; SPIRONELO, W.; WILLIAMSON, B. Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. In BIERREGAARD, Jr., R. O., GASCON, C., LOVEJOY, T. E. & MESQUITA, R., **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented landscape**. Yale University Press, New Haven, EUA, 496p., 2001.

BRAGA, R.F.; KORASAKI, V.; ANDRESEN, E.; LOUZADA, J. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. **Plos One 8**: e57786. doi:10.1371/journal.pone.0057786, 2013.

BRAGA, R.F. Efeitos da alteração do uso do solo na Amazônia brasileira sobre serviços ecológicos proporcionados pelos Scarabaeinae (Coleóptera, Scarabaeidae). **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 50p., 2009.

BRITO, L.G.; BORJA, G.E.M.; OLIVEIRA, M.C.S.; NETTO, F.G.S. Mosca-dos-chifres: aspectos bio-ecológicos, importância econômica, interações parasito-hospedeiro e controle. **Comunicado técnico**. Porto Velho, RO., 2005.

BRITO, M.M.; RIBEIRO, D.B.; RANIERO, M.; HASUI, E.; RAMOS, F.N. & ARAB, A. Functional composition and phenology of fruit-feeding butterflies in a fragmented landscape: variation of seasonality between habitat specialists. **Journal of Insect Conservation**, n. 18, p.547-560, 2014.

BÜCHS, W. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 98, p.35-78, 2003.

BUZZI, Z.J.; MIYAZAKI, R.D. **Entomologia didática**. Curitiba: UFPR, 262p., 1993.

CHAPMAN, R.F. **The Insects: Structure and Function**. Cambridge University Press, 4th Edition, UK, 770p., 1998.

CAMBEFORT, Y.; HANSKI, I. Dung beetle population biology. In: HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. eds. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press, p. 36-50, 1991.

CAMBEFORT, Y.; WALTER, P. 1991. Dung beetles in tropical forests in Africa. In: HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. eds. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press, p. 198-210, 1991.

CAMBEFORT, Y. Dung beetles in tropical savannas. In: HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. eds. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press, p. 156-178, 1991.

CARROLL, C.; NOSS, R. E.; PAQUET, P. C.; SCHUMAKER, N. H. Extinction debt of protected areas in developing landscapes. **Conservation Biology**, n. 18, p.1110–1120, 2004.

CASTELLON, T. D.; SEIVING, K. E. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. **Conservation Biology**, n. 20, p.135–145, 2006.

CHARDON, J.P.; ADRIAENSEN, F.; MATTYSEN, E. Incorporating landscape elements into a connectivity measure: a case study for the Speckled wood butterfly (*Pararge aegeria* L). **Landscape Ecology**, n. 8, v.6, p.561–573, 2003.

COE, M. The role of termites in the removal of elephant dung in the Tsavo (East) National Park Kenya. **East Africa Wildlife Journal**, n.15, p.49–55, 1977.

COLWELL, R.K. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, Version 7.5**, University of Connecticut, Storrs, 2005.

CONSTANTINO, R. An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. **Zootaxa**, n.67, p.1-40, 2002.

_____ Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, n. 40, p.387-448, 1999.

COSTA, C. M. R. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para a sua conservação. Belo Horizonte. **Fundação Biodiversitas**, 1998.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro, Divisa, 128p, 2002.

DAVIES, R.G. 2002. Feeding group responses of a Neotropical termite assemblage to rain forest fragmentation. **Oecologia**, (133):2-242.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo, 484p, 1997.

DeSOUZA, F. F.; BROWN, V. K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, n. 10, p.197-206, 1994.

DeSOUZA, O. Efeitos da fragmentação de ecossistemas em comunidades de cupins. In: BERTI-FILHO, E. & FONTES, L.R. eds. **Biologia e controle de cupins**. FEALQ, Piracicaba, p.19-27, 1995.

DEBINSKI, D. M.; HOLT, R. D. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conservation Biology**, n. 14, p.342-355, 2000.

DE GROOT, R.S., WILSON, M.A.; BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, Maastricht, n. 3, v. 41, p.393-408, 2002.

DIEKÖTTER, T.; HAYNES, J. K.; MAZEFFA, D.; CRIST, O. T. Direct and indirect effects of habitat area and matrix composition on species interactions among flower-visiting insects. **Oikos**, n. 116, p.1588-1598, 2007.

DOUBE, B.M. & WARDHALGH, K.G. Habitat associations and niche partitioning in an island dung beetle community. **Acta Oecologica**, n. 12, p.451-459, 1991.

DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. **Ecology Entomological**, n. 26, v. 4, p.356-366, 2001.

EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; & HIGASHI, M. eds. **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Kluwer, Dordrecht, p.25–51, 2000.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E.; SANDS, W.A.; MAWDSLEY, N.A.; LAWTON, J.H.; WOOD, T.G.; BIGNELL, N.C. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. *Philos. Trans. Royal Society of London*, **B. Biol. Sci.**, n. 351, v. 1335, p.51-68, 1996.

ETTERSHANK G.; ETTERSHANK J.A.; WHITFORD W.G. Location of food sources by subterranean termites. **Environ. Entomol.**, n. 9, p.645–648, 1980.

EWERS, R.M.; DIDHAM, R.K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, n. 81, p.117–142, 2006.

FLECHTMANN, C. A. H.; RODRIGUES, S. R.; COUTO, H. T. Z. Controle da mosca dos-chifres (*Haematobia irritans irritans*) em Selviria, Mato Grosso do Sul: ação de insetos fimícolas em massas fecais no campo. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, n. 2, v. 39, p.237-247, 1995.

FEER, F. 1999. Effects of dung beetles (Scarabaeidae) on seeds dispersed by howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in the French Guianan rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, 3(15):129-142.

FERRAR P. & WATSON J.A.L. Termites (Isoptera) associated with dung in Australia. **Journal of Austral Entomology Society**, n. 9, p.100–102, 1970.

FERNÁNDEZ, F.G.H. de la Cueva; WAMOCK, N.; LANK, D.B. Apparent survival rates of Western Sandpiper (*Calidris mauri*) wintering in northwest Baja, California, Mexico. *Auk*, n. 120, p.55–61, 1995.

FRANKHAM, R. Effective population size/adult population size ratios in wildlife: a review. **Genetical Research**, Cambridge, n. 66, p.95–107, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, New York, 1986.

FREYMANN, B.P.; BUITENWERF, R.; DESOUZA, O. & OLFF, H. The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems. **European Journal of Entomology**, n. 105, p.165-173, 2008.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. Fundação S.O.S. Mata Atlântica/INPE, São Paulo – SP, 2008.

GARDNER, T.A.; HERNANDEZ, M.I.M.; BARLOW, J. & PERES, C.A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, n. 45, p.883–893, 2008.

GASCON, W. F.; LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD, R.O.; MALCOLM, J.R.; SOUFFER, P.C.; VASCONCELOS, H.L.; LAURANCE, B.; ZIMMERMAN, M., B.; TOCHER, M. & BORGES, S. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, n. 91, p.223–229, 1999.

GASTON, K. J. The magnitude of global insects species richness. **Conservation Biology**, n. 5, p.283-296, 1991.

GOULD, K.A.; HERRICK, J.E.; LEZAMA, H. Refuse to refuge: dry season use and modification of cattle dung by subterranean termites in Guanacaste, Costa Rica. **Biotropica**, n. 33, p.121-130, 2001.

HADDAD, N.M. & BAUM, K.A. An experimental test of corridor effects on butterfly densities. **Ecological Applications**, n. 9, p.623–633, 1999.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E.; HALFFTER, V. Comparative studies on the structure of scarab guild in tropical rain forests. **Folia Entomológica Mexicana**, Cidade do México, n. 84, p.131-156, 1992.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W.D. **The Nesting Behaviour of Dung Beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach**. Instituto de Ecologia, México, DF, 176p, 1982.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, Cidade do México, (12-14):1-312.

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

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica**, 2001.

HANSKI, I. A practical model of metapopulation dynamics. **Journal of Animal Ecology**, n. 63, p.151–162, 1994.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y.. Resource partitioning. In I. HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. eds. **Dung beetle ecology**. New Jersey, Princeton University Press, p.330-349, 1991.

HARRIS, W.V. **Termites: Their recognition and control**. London, Logmans, Green & Co. Ltd. 186p, 1961.

HERNANDEZ, M.I.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, n. 53, v. 4, p.607-613, 2009.

HERNÁNDEZ, M.I.M.. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga Paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, n. 11, v. 3, p.356-364, 2007.

HIGASHI, M.; ABE T.; BURNS T.P.. Carbon-nitrogen balance and termite ecology. **Proceeding of Royal Society London (B)**, n. 249, p.303–308, 1992.

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, n. 37, p.103–111, 2001.

JOHNSON K.A.; WHITFORD W.G. Foraging ecology and relative importance of subterranean termites in Chihuahuan desert ecosystems. **Environmental Entomology**, n. 4, p.66–70, 1975.

KLEIN, B. C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. **Ecology**, Ithaca, n. 6, v. 70, p.1715-1725, 1989.

KOLLER, W.W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S.R.; ALVES, R.G.O. Besouros Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) Coletados em Campo Grande, MS, Brasil. **Anais da Sociedade de Entomologia do Brasil**, n. 28, v. 3, p.403-412, 1999.

KOLLER, W.W., GOMES, A., RODRIGUES, S.R. & GOIOZO, P.F.I. 2007. Scarabaeidae e Aphodiidae coprófagos em pastagens cultivadas em área do cerrado sul-mato-grossense. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 9(1):81-93.

KORASAKI, V.; LOPEZ, J.; BROWN, G.G.; LOUZADA, J. Using dung beetles to evaluate the effects of urbanization on Atlantic Forest biodiversity. **Insect Science**, p. 1–14, 2012.

KRAUSS, J.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. Local species immigration, extinction, and turnover of butterflies in relation to habitat area and habitat isolation. **Oecologia**, n. 137, p.591–602, 2003.

LA FAGE, J.P. & NUTTING, W.L. 1978. Nutrient dynamics of termites. In: BRIAN, M.V. eds. **Production ecology of ants and termites**. Cambridge University Press, Cambridge, p.165-232.

LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. **Tropical Forest Remnants Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. Chicago: Universidade de Chicago, 616p, 1997.

LEE, K.E. & WOOD, T.G. 1971. **Termites and soils**. Academic Press, London, 251p.

LENZ, M. Food resources, colony growth and caste development in wood-feeding termites. In: HUNT, J.H. & NALEPA, C.A. **Nourishment and evolution in insect societies**, Westview Press, Boulder, p.159-210, 1994.

LIMA, A.A.; LIMA, W.L.; BERBARA, R.L.L. Diversidade da mesofauna de solo em sistemas de produção agroecológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1, 2003. Porto Alegre. **Anais do Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2003.

LOPES, J.; KORASAKI, V.; CATELLI, L.L.; MARÇAL, C.V.M. & NUNES, M.P.B.P. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Parana, Brazil. **Zoologia**, n 28, p.72–79, 2011.

LORANGER, G.; PONGE, J.F.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P. Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). **European Journal Soil Biology**, n. 4, v. 34, p.157-165, 1998.

LOSEY, J.E. & VAUGHAN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **Bioscience**, n. 56, p.311–323, 2006.

LOVEJOY, T. E.; BIERREGAARD JR., R. O.; RYLANDS, A. B.; MALCOM, J. R.; QUINTELA, C. E.; HARPER, L. H.; BROWN JR., K. S.; POWELL, A. H.; POWELL, G. V. N.; SCHUBART, H. O. R. & HAYS & M. B.. Edge and other effects if isolation on Amazon Forest fragments. In SOULÉ, M. E. eds. **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland Sinauer Associates, 1986.

LOUZADA, J.N.C. Scarabaeidae (Coleoptera-Scarabaeidae) detritívoros em ecossistemas tropicais: diversidade e serviços ambientais. In: MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. eds. **Biodiversidade dos solos em Ecossistemas Brasileiros**. Lavras: UFLA, cap. 3, p. 299-322, 2008.

LOUZADA, J.N.C.; LOPES, F.S.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Structure and composition of a dung beetle community (Coleoptera, Scarabaeinae) in a small forest patch from Brazilian Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 9, v. 2, p.199-203, 2007.

LUCK, G.W. & DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R. Population diversity and ecosystem services. **Trends. Ecol. Evol.**, n. 18, p.331–336, 2003.

MARCHIORI, C.H.; OLIVEIRA, Â.T.; LINHARES, A.X. Artrópodes associados a massas fecais bovinas no Sul do Estado de Goiás. **Neotropical Entomology**, n. 30, v. 1, p.19-24, 2001.

MAJER, J. D. The conservation and study of invertebrates in remnants of native vegetation. In: SAUNDERS, D. A.; ARNOLD, G. W.; BURBIDGE, A. A. & HOPKINS, A. J. M. eds. **Nature conservation: the role of remnants of native vegetation**. Surrey Beatty and Sons, Sydney, Australia, 1987.

MALANSON, G.P. Habitats, hierarchical scales, and nonlinearities: An ecological perspective on linking household and remotely sensed data on land-use/cover change. In.

FOX, J.; RINDFUSS, R.R.; WALSH, S.J. & MISHRA, V. eds. **People and the Environment: Approaches for Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS**. Dordrecht: Kluwer, p.265-283, 2003.

MARZLUFF, J.M. & EWING, K. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. **Restoration Ecology**, (9):280–292, 2001.

MATSUMOTO, T. 1976. The role of termites in an equatorial rain forest ecosystem of West Malaysia. **Oecologia** (Barl.), p.153-178.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. In: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: n. 71, v. 3-1, p.445-463, 1999.

MENDES, J.; LINHARES, A.X. Coleoptera Associated with Undisturbed Cow Pats in Pastures in Southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, n. 35, v. 6, p.715-723, 2006.

MILHOMEM, M. S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; DINIZ, I. R. Técnicas de coleta de besouros copro-necrófagos no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 11, v. 38, p.1249–1256, 2003.

MIURA, T. & MATSUMOTO, T. Open-air litter foraging in the nasute termite *Longipeditermes longipes* (Isoptera: Termitidae). **Journal of Insect Behavior**, n. 2, v. 11, p.179-189, 1997.

MYERS, N. **Environmental services of biodiversity**. Proceedings of the National Academy of Science, USA, n. 7, v. 93, p.2764-2769, 1996.

NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M. E. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, Essex, n. 6, v. 141, p.1461-1474, 2008.

NOIROT, C. From wood to humus-feeding: an important trend in termite evolution. In: BILLEN, J. eds. **Biology and evolution of social insects**. University of Leuven Press, Leuven, p. 107-119, 1992.

OLIVEIRA, M. L. de. Stingless bees (Meliponini) and orchid bees (Euglossini) in terra firme tropical forests and forest fragments. In. R. O. BIERREGAARD, C.; GASCON, T.E.; LOVEJOY, T.E. & MESQUITA, R.C.G. eds. **Lessons from Amazonia: the ecology**

and conservation of a fragmented forest. Yale University Press, New Haven, Connecticut, p.208–218, 2001.

OMALIKO C.P.E. Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. **J. Range Manag.**, v. 34, p. 360–362, 1981.

OUÉDRAOGO, E.; ABDOULAYE, M.; LIJBERT, B. Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. **Applied Soil Ecology**, n. 27, p.259-267, 2004.

PAOLETTI, M.G.; FAVRETTO, M.R.; STIMER, B.R.; PURRINGTON, F.F.B; ATER, J.E. Invertebrates as bioindicators of soil use. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 34, p.341-362, 1991.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. **Conservation Biology**, n. 16, p.174-182, 2002.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.. **Biologia da Conservação**. Gráfica e Editora Midiograf. Londrina, Paraná, 2001.

RICKETTS, T.H.. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. **The American Naturalist**, n. 158, p.87–99, 2001.

RIES, L. & DEBINKI, M.M. Butterfly responses to habitat edges in the highly fragmented prairies of Central Iowa. **A. Journal of Animal Ecology**, n. 5, v. 70, p.840-852, 2001.

ROBINSON, J.G.; REDFORD, K.H. Body size, diet, and population density of Neotropical forest mammals. **Am. Nat.**, n. 128, v. 5, p.665-680, 1986.

RODRIGUES, S.R.; MARCHINI, L.C. Ocorrência de besouros coprófagos em dois diferentes ambientes. **Rev. Bras. Entomol.**, n. 44, v. 1-2, p.35-38, 2000.

ROLAND, J. Large-scale forest fragmentation increases the duration of a tent caterpillar outbreak. **Oecologia**, n. 93, p.25–30, 1993.

ROLAND, J.; KEYGHOBADI, N.; FOWNES, S. Alpine Parnassius butterfly dispersal: effects of landscape and population size. **Ecology**, n. 81, p.1642–1653, 2000.

RONQUI, D.C. & LOPES, J.. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. **Iheringia** Séria Zoologia, n. 96, v. 1, p.103-108, 2006.

ROSENBERG, D.M.; HANKS, H.V. & LEHMKUHL, D.M.. Importance of insects in environmental impact assessment. **Environmental Management** n. 10, p.773-783, 1986.

AKAI, S.; INOUE, T. A new pollinating system: Dung beetle pollination discovered in *Orchidantha inouei* (Lowiaceae, Zingiberales) in Sarawak, Malaysia. **Am. J. Bot.**, n. 86, p.56–61, 1999.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R.. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. **Conservation Biology.**, n. 5, p.18–32, 1991.

SCHARF, M.E.; TARTAR, A. Termite digestomes as sources for novel lingocellulases. **Biofuels Bioproducts & Biorefinin**, n. 2, p.540-52, 2008.

SCHEFFLER, P. Y. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) ecology in the intact and modified landscape of eastern Amazonia. **Ph.D. Dissertation**, The Pennsylvania State University, University Park, 2002.

SCHIFFLER, G. Fatores determinantes da riqueza local de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) em fragmentos de floresta estacional semidecídua. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 79p., 2003.

SCHOEREDER, J. H.. Comunidades de formigas: bioindicadores do estresse ambiental em sistemas naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Salvador, BA. **Resumos...** Salvador: SEB: EMBRAPA-CNPMF, p. 233, 1997.

SHORROCKS, B., ROSEWELL, J. Spatial patchiness and community structure: coexistence and guild size of drosophilids on ephemeral resource. In: GEE., J.H.R. & GUILER, P.S. eds. Organization of communities: past and present. Oxford, **Blackwell**, p. 29-52, 1987.

SILVA, F.A.B.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; IDE, S; MOURA, R.C. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copronecrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, n. 51, v. 2, p.228-233, 2007.

SILVEIRA, F.A.O.; SANTOS, J.C.; VIANA, L.R.; FALQUETO, S.A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. & FERNANDES, G.W. Predation on *Atta laevigata* (Smith 1858) (Formicidae Attini) by *Canthon virens* (Mannerheim 1829) (Coleoptera Scarabaeidae). **Tropical Zoology**, n. 19, p.1–7, 2006.

SLADE, E.M.; MANN, D.J. & LEWIS, O.T. 2011. Biodiversity and ecosystem functions of tropical forest dung beetles under contrasting logging regimes. *Biological Conservation*, n. 144, p.166-74.

SLEAFORD, F.; BIGNELL, D.E.; EGGLETON, P. A pilot analysis of gut contents in termites from the Mbalmayo Forest Reserve, Cameroon. **Ecological Entomology**, n. 3, v. 21, p.279-288, 1996.

SOWIG, P. Duration and benefits of biparental brood care in the dung beetle *Onthophagus vacca* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecological Entomology**, Sheffield, n. 21, p.81–86, 1996.

SOWIG, P. Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: The influence of soil type and soil moisture. **Ecography**, Copenhagen, n. 18, p.147–154, 1995.

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. **Conservation Biology**, n. 17, p.1036–1044, 2003.

STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, n. 7, p.38-47, 1992.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. A. Effects of habitat fragmentation and plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, n. 91, p.119–127, 1999.

TAYASU, I.; ABE, T.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E. Nitrogen and carbon isotope ratios in termites: an indicator of trophic habit along the gradient from wood feeding to soil feeding. **Ecological Entomology**, n. 3, v. 22, p.343-351, 1997.

THOMAS, C.D.; HILL, J.K.; LEWIS O.T. Evolutionary consequences of habitat fragmentation in a localized butterfly. **Journal of Animal Ecology**, n. 67, p.485–497, 1998.

THOMANZINI, M.J.; THOMANZINI, A.P.B.W. Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano. Rio Branco: EMBRAPA Acre, **Circular Técnica**, n.35, 41p, 2002.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; PHILPOTT, S.M. Clusters of ant colonies and robust criticality in a tropical agroecosystem. **Nature**, (451):457–459, 2008.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. 200. Estado de conhecimento dos scarabaeidae do Brasil. In: MARTÍN-PIERA, F.; MORRONE, J. J.; MELIC, A. (Org.). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000. **Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa**, p. 183-195.

VERBEYLEN, G.; DE BRUYN, L. & MATTYSEN, E. 2003. Patch occupancy, population density and dynamics in a fragmented red squirrel *Sciurus vulgaris* population, **Ecography**, n. 26, p.118–128.

VIANA, V. M., TABANEZ, A. A. J. & BATISTA, J. L. F. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In LAURANCE, W. F. & BIERREGAARD Jr, R. O. eds. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press, Chicago, EUA, 1997.

VIEIRA, L.; LOUZADA, J.N.C.; SPECTOR, S.. Effects of Degradation and Replacement of Southern Brazilian Coastal Sandy Vegetation on the Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biotropica**, n. 40, v. 6, p.719–727, 2008.

WATERHOUSE, D. F.. **The biological control of dung**. Scientific American, New York, n. 4, v. 230, p.100-109, 1974.

WATT, A.D., STORK, N.E., EGGLETON, P., SRIVASTAVA, D., BOLTON, B., LARSEN, T.B., BRENDLELL, M.D.J. & BIGNELL, D.E. Impact of forest loss and regeneration on insect and diversity. In: WATT, A.D., STORK, N.E. & HUNTER, M.D. eds. **Forests and Insects**. Chapman & Hall, London: p.273-286, 1997.

WIENS, J. Metapopulation dynamics and landscape ecology. In: HANSKY I. & GILPIN., M. eds. **Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution**. Academic, New York, p43–62, 1997.

WHITFORD, W.G.; STEIBERGER, Y.; ETTERS HANK, G. Contribution of subterranean termites to the “economy” of Chihuahuan Desert ecosystems. **Oecologia**, n. 55, p.298–302, 1982.

WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H.; DOBSON, A. P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In SOULÉ, M. E., **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity**. Michigan University, Michigan, 1986.

WILSON, E. O. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). **Conservation Biology**, n. 1, p.344-346, 1987.

WOOD T.G. Food and feeding habits of termites. In: BRIAN, M.V. eds. **Production Ecology of Ants and Termites**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 55–80, 1978.

WOOD, T.G.; JOHNSON, R.A.; BACCHUS, S.; SHITTU, M.O. & ANDERSON, J.M. Abundance and distribution of termites (Isoptera) in a riparian forest in the southern Guinea savanna vegetation zone of Nigeria. **Biotropica**, n. 1, v.14, p.25-39, 1982.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.