



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Biologia Geral
Laboratório de Ecologia de Insetos



JOÃO GABRIEL MOTA SOUZA

BESOUROS ESCARABEÍNEOS
(COLEOPTERA: SCARABAEINAE)
ASSOCIADOS A FLORESTAS
ESTACIONAIS DECIDUAIS BRASILEIRAS

Montes Claros
2011

JOÃO GABRIEL MOTA SOUZA

BESOUROS ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA:
SCARABAEINAE) ASSOCIADOS A
FLORESTAS ESTACIONAIS DECIDUAIS
BRASILEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros como pré-requisito necessário para a conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas.

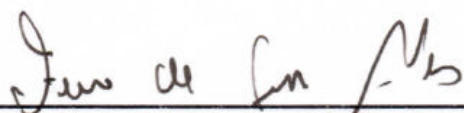
Montes Claros
2011

JOÃO GABRIEL MOTA SOUZA

BESOUROS ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA:
SCARABAEINAE) ASSOCIADOS A FLORESTAS
ESTACIONAIS DECIDUAIS BRASILEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros como pré-requisito necessário para a conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas.

APROVADA: 2 DE SETEMBRO DE 2011



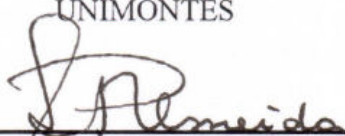
Dr. Frederico de Siqueira Neves

Orientador/UFMG



Dr. Lemuel Olívio Leite

UNIMONTES



Dra. Sabrina da Silva Pinheiro de Almeida

UFV

“Get up, stand up: stand up for your rights!

Get up, stand up: don't give up the fight...”

Robert Nesta Marley

AGRADECIMENTOS

É difícil em um pequeno texto descrever a gratidão que tenho por todos que me ajudaram e participaram desta dissertação. Portanto, agradeço muito:

Primeiramente ao meu orientador, mestre e verdadeiro amigo, Frederico Neves. Pessoa com quem posso contar sempre. Obrigado pela amizade, “coladas”, “socos no rim”, conversas francas, conversas fiadas e principalmente muita paciência;

À minha família, pessoas mais importantes da minha vida! Meu pai, fissurado em ir a campo ajudar nas coletas e às vezes me ajudando com um “paitrocínio”. À minha mãe sempre com muita responsabilidade, cobrança e ajuda nos meus estudos e aos meus irmãos sempre interessados em saber qual era a próxima viagem da Biologia;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (PPGCB) da Universidade Estadual de Montes Claros pelos ensinamentos. Em especial, aos professores e amigos: Lemuel, Nescou, Mário Marcos, Ronaldo, Maurício, Dinho, Marcílio, Magoo. E as professoras e amigas: Patrícia Abreu, Marina Beirão e Laura. Em especial ao professor Mário Marcos Espírito-Santo por permitir e apostar em mim para a realização deste projeto.

Aos membros da banca: Lemuel Leite e Sabrina Almeida. Muito obrigado pelas sugestões e críticas.

Aos meus amigos e familiares que sempre apoiaram e compreenderam as minhas decisões na minha carreira como Biólogo;

A todos integrantes e amigos do Laboratório Biologia da Conservação e aos demais amigos da UNIMONTES pelos papos científicos e descontraídos durante esses anos; Em especial aos meus companheiros: Gringo São, Serapas, Berin, Camiloca, Luquete, V8, Lucas Lora, Sam, Raissinha, Cássia, Beta, Brow, Jack, Leozim, Neiva, Paulim, Leidinha, Lílian, Thaisinha, Sanchez, dentre outros!!!

Aos meus brothers, verdadeiros amigos: BHMF Cabeção (vulgo Luiz Eduardo), Gordão (vulgo Luiz Falcão) e Cagones (vulgo Victor Oliveira) pela imensa ajuda nas análises estatísticas e discussões. A Tati (vulgo Tatianne Marques) por toda ajuda durante todo o processo da dissertação;

Ao Fernando Zagury Vaz-de-Mello pela ajuda na identificação dos besouros rola-bosta e pelos ensinamentos. Aos amigos da UFMT (Ventania, Bino e Carioca) pela amizade e companheirismo durante a minha estadia por lá;

Agradecimentos por onde eu passei durante as coletas do mestrado:

Primeiramente queria agradecer aos pilotos de aviões, aos motoristas de caminhão, as caronas, aos “busões”, aos carros alugados, as rodovias em mau estado, dentre outras pessoas e fatores, por tudo acabar bem no final e eu poder defender a minha dissertação!

Ao Parque Estadual da Mata Seca (PEMS) em Minas Gerais e ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) por todo o apoio logístico. Ao Luiz Falcão por toda a eficiência e disposição para trabalhar com “fezes” e me ajudar no campo;

Agradeço aos parceiros Leandro Godinho, Muriel Oliveira e Milton Silva pela ajuda na coleta no estado da Bahia. Agradeço também ao Sebastián Lacau pela hospitalidade e por “suportar” a minha estadia em Itapetinga.

À Portira Hermuche e ao “Bel” pela imensa colaboração nas coletas realizadas em Goiás. E ao Sr. Sílvio Lacerda pelo interesse e autorização para a coleta em sua propriedade.

Ao meu amigo Ricardo José pela disposição e interesse em me ajudar durante a coleta no Mato Grosso e também pela estadia em Tangará da Serra.

Ao Claudio Magalhães por toda ajuda em Recife. E a todos da Fazenda Tamanduá em Patos na Paraíba, especialmente o “Panta” e o Michel pela amizade e colaboração durante a minha passagem por lá.

Agradeço também ao Dr. Fernando Rocha, por correr da polícia, por deixar a gente sem gasolina e por toda ajuda no campo na passagem pelo estado do Rio Grande do Sul. Ao “Peludo” pelo apoio durante a coleta. A Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) do Rio Grande do Sul por permitir a realização do trabalho no Parque Estadual do Turvo.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da minha bolsa de estudo.

Agradeço também à Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), ao PPGCB da UNIMONTES e ao Inter-American Institute for Global Change Research pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra participaram e colaboraram com o meu trabalho e que torceram por mim. Meus verdadeiros agradecimentos por ajudarem a realização deste projeto de vida! Muito obrigado a todos!!!

RESUMO

A Floresta Estacional Decidual (FED) é um tipo de vegetação que perde mais de 50% das suas folhas na estação seca e abriga uma rica diversidade de organismos. Entretanto, pouco se conhece a respeito da fauna de besouros escarabeíneos e os fatores que determinam a distribuição dos mesmos nas FEDs. Assim, este trabalho teve como objetivo descrever os padrões de distribuição da comunidade de escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) em fragmentos de Florestas Estacionais Deciduais e a sua relação com o habitat vizinho em seis regiões do Brasil. Para isso, foram testadas as seguintes hipóteses: i. A composição de espécies de escarabeíneos é determinada por eventos históricos-evolutivos, assim, áreas de FEDs brasileiras apresentam uma composição similar de espécies de escarabeíneos; ii. A composição de espécies de escarabeíneos é determinada por processos ecológicos recentes, assim, áreas de FEDs brasileiras apresentam uma composição mais similar com os fragmentos vizinhos. Seis fragmentos de FEDs e seus respectivos habitats vizinhos foram amostrados nas seguintes localidades: Parque Estadual da Mata Seca, PEMS, Manga (MG); Fazenda Independência, Itambé (BA); Fazenda Sabonete, Posse (GO); Parque Estadual do Turvo, Derrubadas (RS); Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha (PB) e Pousada Curripira d'Araras, Barra dos Bugres (MT). Os besouros rola-bosta foram amostrados com armadilhas do tipo *pitfall* instalados no solo e iscados com fezes humanas. Um total de 8.555 indivíduos distribuídos em 93 espécies de escarabeíneos (83 nas FEDs e 64 nos habitats vizinhos) foi amostrado, das espécies amostradas, 58% eram compartilhadas entre as FEDs e seus habitats vizinhos. Dentre as regiões estudadas verificamos a maior riqueza de espécies no estado de Goiás (35 espécies) e a menor riqueza no Rio Grande do Sul (15 espécies). Verificamos mudanças na riqueza e abundância de besouros rola-bosta quando comparamos os diferentes estados amostrados e os fragmentos de FEDs

com seus habitats vizinhos ($p < 0,05$). De acordo com as análises de composição, os fragmentos de FEDs não apresentam uma fauna similar, ou seja, apresentam composição de espécies de escarabeíneos distinta. Apresentam também uma fauna distinta dos seus respectivos habitats vizinhos. Podemos concluir que a estrutura da comunidade de escarabeíneos pode ser determinada tanto por fatores ecológicos e recentes quanto por fatores históricos, dependendo da escala espacial trabalhada. Com isso, podemos destacar a importância da conservação dos fragmentos de FEDs e a vegetação adjacente, além de aumentar o conhecimento sobre a distribuição da subfamília Scarabaeinae nas FEDS brasileiras.

Palavras-chave: Arco do Pleistoceno, Matas Secas, rola-bosta, composição.

ABSTRACT

The deciduous forest (FED) is a type of vegetation that loses more than 50% of their leaves during the dry season and hosts a rich diversity of organisms. However, little is known about the fauna of dung beetles and the factors that determine their distribution in FEDs. Thus, this study aimed to describe the distribution patterns of community escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) in fragments of deciduous forests and its relation to the habitat in six neighboring regions of Brazil. For this, we tested the following hypotheses: i. The species composition is determined by escarabeíneos-evolutionary historical events, thus areas of Brazilian FEDs have a similar composition of species of escarabeíneos ii. The species composition is determined by escarabeíneos recent ecological processes, thus areas of Brazilian FEDs have a composition more similar to the neighboring fragments. Six fragments of FEDs and their neighboring habitats were sampled at the following locations: Parque Estadual da Mata Seca, PEMS, Manga (MG); Fazenda Independência, Itambé (BA); Fazenda Sabonete, Posse (GO) Parque Estadual do Turvo, Derrubadas (RS); Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha (PB) and Curripira das Araras, Barra dos Bugres (MT). Dung beetles were sampled with pitfall traps installed in the ground and baited with human feces. A total of 8,555 individuals in 93 species of escarabeíneos (FEDs in 83 and 64 in neighboring habitats) were sampled, the species sampled, 58% were shared between the Feds and their habitats neighbors. Among the areas studied we found the highest species richness in the state of Goiás (35 species) and richness in the lower Rio Grande do Sul (15 species). We observed changes in richness and abundance of dung beetles when comparing the different states of fragments sampled and the FEDs with its neighboring habitats ($p < 0.05$). According to the analysis of composition, the fragments of FEDs do not have a similar fauna, or have species composition distinct. They also have a distinctive fauna

habitats of their respective neighbors. We can conclude that community structure of escarabeíneos can be determined by both environmental factors and recent historical factors and by depending on the spatial scale worked. With this, we highlight the importance of conservation of the fragments of FEDs and adjacent vegetation, and increase knowledge about the distribution of the subfamily Scarabaeinae FEDS in Brazil.

Keywords: Arc of the Pleistocene, dry forests, dung beetles, species composition.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. METODOLOGIA	19
<i>2.1. Área de estudo e desenho amostral</i>	19
<i>2.2. Amostragem de besouros rola-bosta</i>	22
<i>2.3. Análises Estatísticas</i>	23
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSSÃO	40
5. CONCLUSÃO	49
6. REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

As Florestas Estacionais Decíduas ou Deciduais (FEDs), também conhecidas como “Matas Secas”, representam aproximadamente 42% dos habitats tropicais e cerca de 22% na América do Sul (Murphy & Lugo 1986). São considerados ecossistemas fundamentais para a manutenção da biodiversidade apresentando uma rica diversidade de organismos associados (Janzen 1988). De acordo com Sánchez-Azofeifa *et al.* (2005), as FEDs são vegetações tipicamente decíduas (quando a vegetação perde mais de 50% das folhas), apresentam no mínimo três meses secos (precipitação \leq 100mm/mês) ao longo do ano, temperatura anual média \geq 25°C e precipitação anual média entre 700 e 2000mm.

Entre as florestas tropicais, as FEDs apresentam a maior taxa anual de destruição (0,96%), sendo que as FEDs latinas foram os ambientes que sofreram a maior taxa de desmatamento do mundo entre 1980 e 2000, estimado em 12% (Whitmore 1997). Miles e colaboradores (2006) consideram as FEDs os ecossistemas mais ameaçados do mundo, com 97% das suas áreas em risco de destruição. Este desmatamento é devido à presença de espécies de árvores com madeira de importância comercial e sua ocorrência restrita sobre solos férteis, favorecendo a prática da agricultura. No Brasil, somente 3,9% dos remanescentes de FEDs estão localizadas em áreas de proteção integral (Espírito-Santo *et al.* 2009). Além disso, tem sido dada pouca atenção aos esforços de conservação, o que enfatiza a importância e a urgência de pesquisas sobre a flora e a fauna nestas áreas.

De acordo com Caetano *et al.* (2008), provavelmente a origem das FEDs está associada à formação de ilhas de vegetação residual, devido a variações climáticas ocorridas durante o Pleistoceno. Na América do Sul, estas florestas ocorrem em grandes

áreas descontínuas da Caatinga, no nordeste do Brasil, até o Vale do Rio Uruguai. Acredita-se que as FEDs, podem ter ocupado áreas extensas, que formavam um arco interligando as vegetações da Caatinga e do Chaco, conhecido como “Arco do Pleistoceno” (veja Prado 1991, Prado & Gibbs 1993). Baseado em dados florísticos e padrões de endemismo de taxa de plantas, Prado (2000) considerou esta região como uma nova unidade fitogeográfica da América do Sul.

O Arco do Pleistoceno está localizado em três núcleos: (1) o núcleo das Caatingas do nordeste do Brasil, (2) o núcleo de Misiones ao longo do rio Paraguai-Paraná no norte da Argentina, o leste do Paraguai e o sudoeste do estado do Mato Grosso do sul, no Brasil e (3) o núcleo “Sub-andino” localizado entre os Andes no sudeste da Bolívia e noroeste da Argentina (Prado & Gibbs 1993). Usando dados moleculares de alguns grupos de plantas, Pennington *et al.* (2004) encontraram que muitas espécies pertencentes às Florestas Estacionais Decíduas surgiram antes do Pleistoceno, evidenciando que estas florestas eram historicamente mais extensas e contíguas. Entretanto, atualmente, a distribuição espacial destas formações é em manchas e, provavelmente, durante o processo natural de retração deste ecossistema algumas espécies, tanto da flora quanto da fauna, podem ter passado por processos evolutivos como vicariância. Uma evidência para esta hipótese é distribuição disjunta de várias espécies que compõem a flora das florestas estacionais e das vegetações da Caatinga, como descrito por Prado & Gibbs (1993). Werneck & Colli (2006) corroboraram essa hipótese em um trabalho realizado em enclaves de FEDs inseridos no bioma Cerrado com lagartos. Zanella (2000) também concluiu em seu trabalho com abelhas na Caatinga, que a distribuição atual desses insetos pode ter influência do passado quando essas áreas eram conectadas. Entretanto pouco se conhece dos efeitos desse processo de retração na fauna associada.

Uma forma de estudar a fauna de uma região e ampliar o conhecimento dessas áreas é conhecendo a riqueza e a composição de espécies associadas. A distribuição de espécies pode ser influenciada por processos que agem em uma escala local ou regional (Loreau 2000). Muitas vezes os fatores que determinam a riqueza de espécies nessas escalas são distintos (Ricklefs 1987, Neves 2009). Se os processos locais determinam o número de espécies de uma área, então a riqueza de espécies reflete as propriedades do ecossistema. Assim, existe uma série de processos que determinam a estrutura de comunidades, como: clima, a complexidade ambiental, as condições do habitat, a disponibilidade de recursos e heterogeneidade ambiental (Andresen 2008, Ribas *et al.* 2003).

De uma forma geral, os processos regionais prevalecendo, a riqueza local é determinada principalmente pelo tamanho do “pool” regional de espécies, o qual é determinado por fatores biogeográficos e evolutivos (Caley & Schulter 1997). A estimativa da diversidade biológica de uma região é medida por grupos capazes de informar os efeitos desses fatores. Com isso, vários grupos são utilizados para o monitoramento da biodiversidade em fragmentos florestais: as borboletas, principalmente Nymphalidae (Lepidoptera); besouros, principalmente pertencentes às famílias Scarabaeidae e Carabidae (Coleoptera); formigas e abelhas, da subfamília Euglossinae (Hymenoptera) e cupins (Isoptera) (ver Costa *et al.* 2009).

Os besouros da subfamília Scarabaeinae, também conhecidos por besouros “rola-bosta”, têm cerca de 6.000 espécies distribuídas principalmente nas regiões tropicais do planeta (Hanski 1991). Na América do Sul existem registros de mais de 1250 espécies, sendo que no Brasil, até o ano 2000, estavam registradas 618 espécies incluídas em 49 gêneros (Vaz-de-Mello 2000). Destas espécies, 323 são endêmicas do nosso país (Vaz-de-Mello 2000). Os besouros rola-bosta são caracterizados por

utilizarem fezes ou outros detritos orgânicos como recurso alimentar nos estágios larval e adulto e também para a sua nidificação na sua fase reprodutiva (Halffter & Matthews 1966). Além disso, são importantes para uma série de processos ecológicos como: ciclagem de nutrientes (onde fazem o papel de processadores de matéria orgânica), aeração do solo (aumentando a porosidade para passagem da água influenciando a biota do solo e a produtividade da plantas), dispersão secundária de sementes (recrutamento de plantas) e supressão de parasitas de vertebrados (processo que permite o bem-estar para o gado, animais selvagens e a saúde humana) (Nichols *et al.* 2008).

Atualmente, os besouros rola-bosta são considerados um excelente *taxa* para estudos de biodiversidade e conservação (Favila & Halffter 1997, Spector 2006). Dentre os invertebrados, esses insetos podem representar uma excelente escolha para estudos de comunidades. Diante disso, a identificação de espécies endêmicas e características de besouros associados às áreas de FEDs será uma ferramenta chave para assegurar maiores esforços à conservação deste ecossistema.

Vários grupos de insetos têm sido propostos como indicadores biológicos devido à crescente preocupação com a conservação da biodiversidade e a necessidade de respostas rápidas as alterações ambientais. Recentemente, os rola-bostas têm sido considerados bons indicadores de qualidade ambiental, devido a sua alta diversidade nos trópicos e distribuição ampla (Halffter & Favila 1993, Nichols *et al.* 2007), além de serem de amostragem rápida e barata (Gardner *et al.* 2008). Outro fator importante é que a distribuição da riqueza e endemismo destes besouros refletem os padrões gerais da biodiversidade (Spector 2006). Estes besouros respondem prontamente de maneira negativa à destruição, fragmentação e isolamento de florestas tropicais (Halffter *et al.* 1992), além da possibilidade de serem utilizados como indicadores de regeneração ambiental (Neves *et al.* 2008).

Habitats muito modificados com pouca ou nenhuma cobertura vegetal possuem comunidades pobres em espécies desses besouros. Outra característica destes locais é que apresentam intensa troca de espécies e distribuições de abundância alteradas, geralmente ocorrendo hiper-abundância de algumas espécies de pequeno tamanho (Nichols *et al.* 2007).

Ainda existe uma carência de estudos ecológicos utilizando os besouros da subfamília Scarabaeinae em FEDs (veja Neves *et al.* 2010), possivelmente a história deste grupo, tenha seguido o mesmo ciclo da vegetação. Caso isso seja verdade para a fauna de besouros rola-bosta, estas manchas serão mais similares entre si do que com os respectivos habitats vizinhos, reforçando a existência do Arco do Pleistoceno e a influência da história evolutiva das FEDs sobre a diversidade da flora e da fauna. Por outro lado, se os efeitos ecológicos locais forem preponderantes na determinação da estrutura da comunidade de escarabeíneos, os fragmentos de FEDs não formarão um grupo demonstrando a influência de espécies presentes nos respectivos habitats vizinhos. Assim, a distribuição das espécies pode ter sido contígua, apresentando uma ampla distribuição no Pleistoceno e, atualmente, pode estar restritas a fragmentos de FEDs. Além disso, a identificação das comunidades de invertebrados nestas regiões pode auxiliar a detecção de padrões e áreas mais propícias à conservação. Tal identificação é extremamente importante em um tipo de vegetação que vem sofrendo uma elevada pressão antrópica no Brasil e principalmente no estado de Minas Gerais (Espírito-Santo *et al.* 2009).

Assim, o objetivo do presente estudo foi descrever a estrutura da comunidade de escarabeíneos em seis áreas de Florestas Estacionais Deciduais e seus habitats vizinhos em diferentes biomas brasileiros e testar as seguintes hipóteses: i. A composição de espécies de escarabeíneos em FEDS é determinada por eventos históricos-evolutivos do

passado, assim, áreas de Matas Secas brasileiras apresentam uma composição similar de espécies; ii. A composição de espécies de escarabeíneos é determinada por processos ecológicos recentes, assim, áreas de FEDs brasileiras apresentam uma composição similar aos respectivos habitats vizinhos.

2. METODOLOGIA

2. 1. Área de estudo e desenho amostral

As Florestas Estacionais Deciduais (FEDs) são dominadas por árvores tipicamente decíduas, ou seja, cerca de 50% das suas espécies perdem as folhas durante a época seca (Maio – Outubro) (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). De acordo com a classificação de Köppen, estas regiões que apresentam FEDs, possuem um clima tropical sazonal (Aw) caracterizado por um verão chuvoso e um inverno seco (Fig. 01). A temperatura média anual é de 24.4°C e a precipitação média anual de 871 mm (Antunes 1994).



FIGURA 01: Fragmento de uma FED em diferentes estações no Parque Estadual da Mata Seca, Minas Gerais, Brasil. Foto da esquerda mostrando o fragmento num verão chuvoso (estação úmida). Foto da direita mostrando o mesmo fragmento de FED num inverno (estação seca).

Na América do Sul, estas florestas ocorrem em grandes áreas descontínuas ou disjuntas que vão desde a província da Caatinga, no nordeste do Brasil, até o Vale do Rio Uruguai (veja Prado 1991, Prado & Gibbs 1993). Assim, foram selecionadas arbitrariamente seis regiões para a amostragem de escarabeíneos onde continham Florestas Estacionais Deciduais. Foi amostrado em cada região, um fragmento de FED e o seu respectivo habitat vizinho. As regiões estudadas estão inseridas em diferentes biomas brasileiros: Mata Atlântica (BA), Caatinga (MG e PB), Cerrado (GO e MT) e nos Pampas (RS).

No presente trabalho foram consideradas três escalas espaciais: as seis regiões do Brasil, os fragmentos (FEDs e habitats vizinhos) e armadilhas. A maior escala foi representada pelas seis regiões brasileiras estudadas e situada nos seguintes estados: BA, MG, GO, MT, RS e PB (Tabela 01) (Fig. 02). Em local de coleta foram distribuídas 40 armadilhas do tipo *pitfall* de solo (20 na área de FED e 20 no respectivo habitat vizinho). Sendo assim, foram dispostas no total 240 armadilhas (20 armadilhas x 2 fragmentos de cada região x 6 regiões = 240 armadilhas do tipo *pitfall*).

Estado	Cidade	Local	Coordenadas	Altura (m)	Tamanho (ha)	Habitat vizinho
BA	Itambé	Fazenda Independência	15°42'39"S, 39°34'08"W	245	100	Mata Atlântica
MG	Manga	Parque Estadual da Mata Seca (PEMS)	14°48'36"S, 44°04'12"W	493	10.281,44	Caatinga Arbórea
GO	Posse	Fazenda Sabonete	14°03'53"S, 46°29'15"W	677	100	Pastagem
MT	Barra do Bugres	Curupira das Araras	15°10'10"S, 56°50'25"W	292	28,7	Pastagem
RS	Derrubadas	Parque Estadual do Turvo	27°14'06"S, 53°58'36"W	200	17.491	Floresta Semidecidual
PB	Patos	Fazenda Tamanduá	7°22'0"S, 37°26'43"W	240	325	Caatinga

TABELA 01: Localização de cada área de coleta de escarabeíneos situada nos seguintes estados brasileiros: BA, MG, GO, MT, RS e PB. Sendo visualizada a cidade onde foi realizada a coleta, o local, coordenadas, altura (m), tamanho (ha) e o respectivo habitat vizinho do fragmento de FED de cada área.

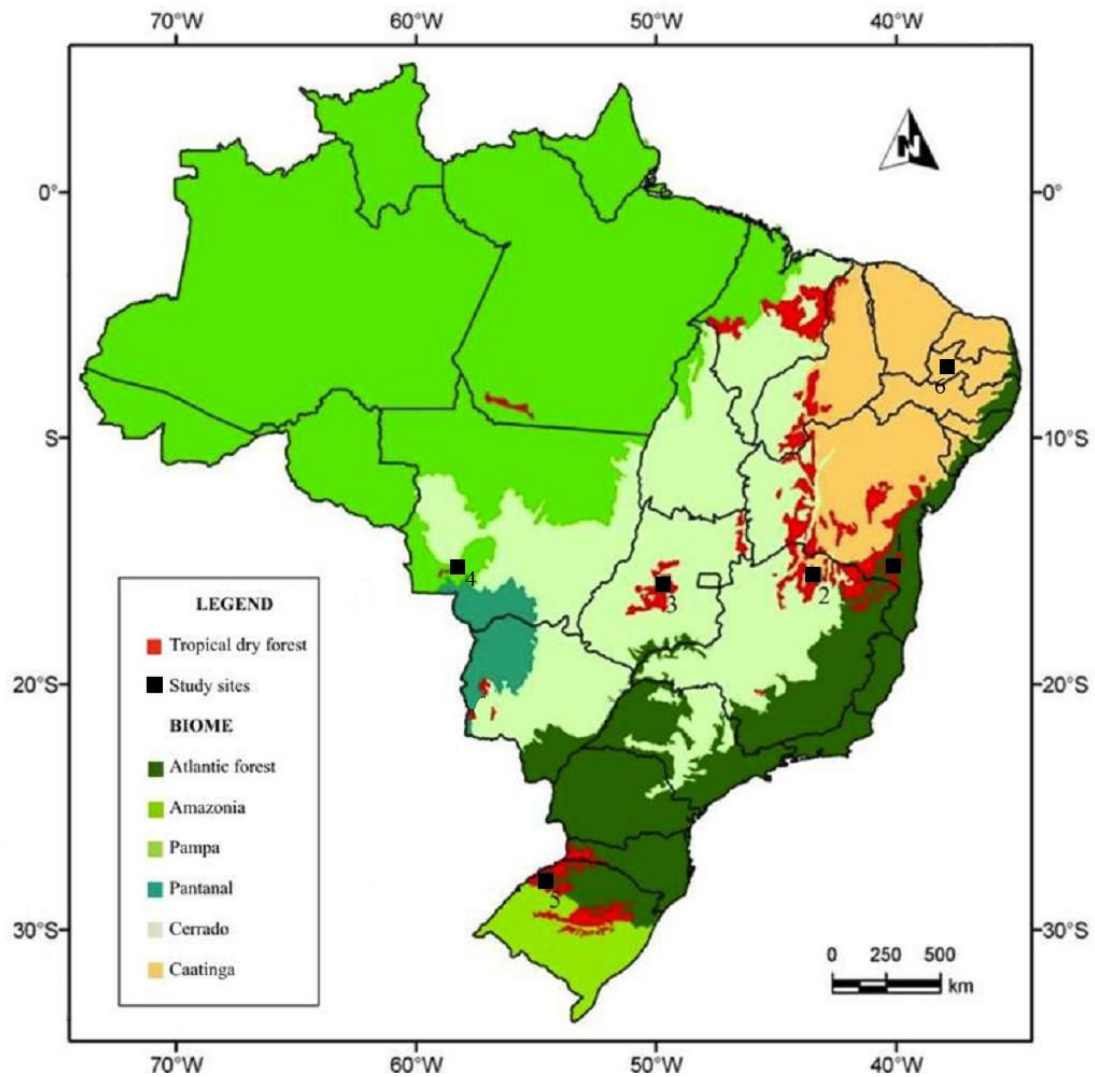


FIGURA 02: Distribuição das principais vegetações do Brasil, dando ênfase, a Floresta Tropical Decidual (TDF) ou Floresta Estacional Decidual (FED), indicando os locais de estudo nas seis regiões do Brasil: Bahia (BA) (1), Minas Gerais (MG) (2), Goiás (GO) (3), Mato Grosso (MT) (4), Rio Grande do Sul (RS) (5) e Paraíba (PB) (6). Modificado de Marques (2011), com permissão.

2. 2. Amostragem dos besouros rola-bosta

Os besouros rola-bosta foram amostrados uma vez em cada região entre os meses de Janeiro de 2009 e Maio de 2010, sempre na estação úmida. Foram distribuídas 20 armadilhas em cada fragmento, distando 50 metros uma da outra. Estas armadilhas, do tipo *pitfall* de solo, são formadas por um recipiente plástico de 19 cm de diâmetro e 11 cm de profundidade, com um porta-isca com suporte metálico e uma cobertura de proteção contra chuva. O recipiente plástico foi enterrado ao nível do solo, contendo uma solução de detergente líquido neutro, água e sal (aproximadamente 250 ml) no seu interior. A isca foi colocada dentro de um porta-isca encaixado em um suporte metálico firmemente preso ao solo. Sobre a armadilha, aproximadamente a 15 cm do solo, foi instalada uma cobertura para a proteção da chuva (Fig. 03). Depois de 48 horas no campo as armadilhas foram levadas para o laboratório para a triagem e identificação pelo especialista Fernando Zagury Vaz-de-Mello. O material identificado foi depositado na coleção entomológica do Laboratório de Biologia da Conservação da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) e na coleção Zoológica da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).



FIGURA 03: Armadilha do tipo *pitfall* iscado com fezes humanas para amostragem de besouros rola-bosta. A foto da esquerda mostrando um *pitfall* instalado em um fragmento de FED. Foto da direita mostrando a armadilha exposta 48 horas no campo.

2. 3. Análises estatísticas:

A eficiência da amostragem foi avaliada calculando a porcentagem de espécies capturadas nos fragmentos de FEDs e nos fragmentos de habitat vizinho em relação à riqueza estimada. A riqueza estimada foi calculada pela média de três estimadores de riqueza não paramétricos: ACE, Chao 1 e Jackknife 1. Esses estimadores de riqueza foram escolhidos porque apresentarem diferentes informações. O índice ACE é mais sensível a espécies com abundância maiores do que 10 indivíduos, já o Chao 1 é afetado pela baixa ocorrência de espécies (por exemplo, *singletons* e *doubletons*). O índice Jackknife 1 é afetado pela composição (presença/ausência) das espécies amostradas. A riqueza estimada foi obtida utilizando o software EstimateS 8.2 (Colwell 2010). A relação entre riqueza de espécies e o esforço amostral (indivíduos amostrados) em FEDs e habitats vizinhos foi expressa graficamente usando curvas de acumulação de espécies. Foi também usado um rank de abundância para visualizar os padrões de dominância de determinadas espécies nos diferentes fragmentos de FEDs e habitats vizinhos.

Foi usado um Diagrama de Venn para demonstrar a riqueza de espécies existentes em FEDs e habitats vizinhos e quantas espécies de escarabeíneos são compartilhadas entre esses fragmentos. Foi construído um diagrama com todas as espécies acumuladas e mais seis para cada região estudada.

Para comparar a riqueza e abundância de escarabeíneos entre as regiões, entre as FEDs das regiões e entre os fragmentos (FEDs e habitat vizinhos) das diferentes regiões, foram construídos modelos lineares generalizados (GLMs). Nesses modelos, a riqueza e abundância de besouros rola-bosta foram utilizadas como variáveis respostas e os estados, fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos como variáveis explicativas. Foram realizadas análises de contraste para a retirada das variáveis não significativas e junção das variáveis que não se diferenciavam estatisticamente ($p < 0,05$). Os modelos

foram submetidos a análises de resíduos (Crawley 2007) para avaliar a adequação da distribuição de erros utilizada. Para essas análises foi utilizado o programa estatístico R em nível de significância 5% (R Development Core Team, 2005).

Utilizamos a análise de partição aditiva da diversidade para decompor a diversidade total de besouros escarabeíneos em três componentes: alfa (α), beta (β) e gama (γ). Para isso a diversidade foi dividida em níveis hierárquicos: 240 pontos amostrais (*pitfalls* - menor escala), 12 fragmentos (escala intermediária) e seis regiões do Brasil (maior escala). A riqueza total (γ) de uma determinada amostragem em qualquer escala espacial pode ser particionada, dividida no número médio de espécies que ocorrem dentro de uma amostra (α) e o número médio de espécies ausentes a partir de uma amostra, mas presente em outra amostra (β ; Veech *et al*, 2002). Então, $\gamma = \alpha + \beta$, sendo que a diversidade beta por ser estimada por $\beta = \gamma - \alpha$ (Wagner *et al*, 2000).

Neste estudo, o valor de (β) foi calculado para cada escala espacial. O primeiro componente (β_1) é a diferença entre a diversidade média dentro dos fragmentos e a diversidade média dos pontos amostrais. O (β_2) é a diferença entre a diversidade média dentro das regiões e a diversidade média dentro dos fragmentos e o β_3 é a diferença entre a diversidade total (γ) e a diversidade média dentro das regiões. Ou seja, no presente trabalho, a diversidade de escarabeíneos foi calculada através da soma da riqueza local e os distintos beta ($\gamma = \alpha + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$).

Cris *et al.* (2003) descreveram um modelo nulo para a partição aditiva da diversidade, o “sample-based randomization”, onde unidades amostrais são permutadas. Este modelo mantém o número de indivíduos e espécies presentes em cada unidade amostral preservando o padrão de agregação das espécies em cada escala. Assim, a diversidade alfa e beta foram calculadas e um método de aleatorização para avaliar a significância estatística de cada componente da diversidade foi testado para cada escala.

Com os resultados das aleatorizações, as partições da diversidade esperadas foram comparadas com os valores encontrados. As análises foram realizadas no software R 2.11.1 (R Development Core Team, 2010) com o pacote *boot 1.2-42* (Canty & Ripley 2006).

Utilizamos também uma Análise de Escala Multidimensional Não-Métrica (NMDS) para analisar a diferença na composição dos besouros escarabeíneos entre os fragmentos das seis regiões estudadas. Assim, uma ordenação dos fragmentos foi realizada utilizando a densidade (dados quantitativos) de espécies de besouros rola-bosta amostrados em cada fragmento, usando o índice Bray-Curtis. Segundo Sturrock & Rocha (2000), matrizes com mais de 100 objetos (240 armadilhas total e 20 armadilhas x seis fragmentos de FEDs) com duas dimensões e “stress” de até 0,396 e matrizes com 40 objetos (20 armadilhas x dois fragmentos) com duas dimensões e “stress” de 0,352 são aceitáveis. Para testar as hipóteses de que a composição e a estrutura da comunidade dos besouros rola-bosta são similares entre as áreas de FEDs ou se formam grupos distintos com os habitats vizinhos foi utilizado análises de similaridade (ANOSIM, Clarke 1993). Nas análises foram aplicados procedimentos de permutação não-paramétricos ordenando a similaridade da matriz entre os fragmentos (Clarke 1993). O valor de *R* indica a diferença entre os grupos formados pela ANOSIM. As diferenças relativas entre o valor de *R* obtido nos testes de ANOSIM foram utilizadas para determinar padrões de similaridade entre as comunidades de besouros rola-bosta amostradas nas seis regiões de coleta. Foi calculada a porcentagem de similaridade (SIMPER, Clarke 1993) para determinar a contribuição de cada espécie na formação dos grupos obtidos na NMDS. Essas análises foram feitas no software PAST (Hammer *et al.* 2001).

3. RESULTADOS

Um total de 8.555 escarabeíneos foi amostrado, distribuídos em 93 espécies, 22 gêneros e seis tribos neotropicais: Ateuchini (29 espécies / 4 gêneros), Canthonini (31 espécies / 7 gêneros), Coprini (17 espécies / 3 gêneros), Eurysternini (4 espécies / 1 gênero), Onthophagini (4 espécies / 2 gêneros), Phanaeini (8 espécies / 5 gêneros) (Tabela 02).

TABELA 02: Besouros escarabeíneos amostrados nas seis regiões estudadas no Brasil, com informações da tribo de cada espécie, número de indivíduos amostrados em cada fragmento (FED e habitat vizinho), regiões onde foram encontrados, riqueza acumulada e abundância total de FEDs e habitats vizinhos. Asterisco (*) significa espécie exclusiva de um ambiente.

Tribo	Espécies	FED	Habitat vizinho	Regiões
Ateuchini	<i>Aphengium sp. 1</i>	29	55	BA
Ateuchini	<i>Ateuchus aff. connexus</i> (Harold, 1868)	9	27	BA
Ateuchini	<i>Ateuchus aff. histrio</i> (Balthasar, 1939)	23	18	MG/PB/RS
Ateuchini	<i>Ateuchus aff. rodriguense</i>	313	2	MT
Ateuchini	<i>Ateuchus aff. vigilans</i> (Lansberge, 1874) *	1	0	MG
Ateuchini	<i>Ateuchus digitatus</i> *	1	0	GO
Ateuchini	<i>Ateuchus pygidialis</i> (Harold, 1868)	1	1	GO
Ateuchini	<i>Ateuchus sp. 1</i>	4	2	MG
Ateuchini	<i>Ateuchus sp. 2</i> *	7	0	MT
Ateuchini	<i>Ateuchus sp. 3</i> *	6	0	MT
Ateuchini	<i>Canthidium aff. ardens</i> (Bates, 1887)	103	43	GO/MT/MG
Ateuchini	<i>Canthidium aff. moestum</i> (Harold, 1867)	3	4	MT
Ateuchini	<i>Canthidium aff. trinodosum</i> (Bohennann, 1858)	510	460	BA/RS
Ateuchini	<i>Canthidium barbaticum</i> (Borre, 1886)	13	9	GO/MT/MG
Ateuchini	<i>Canthidium dispar</i> (Harold, 1867) *	1	0	RS
Ateuchini	<i>Canthidium femoratum</i> (Boucomont, 1935) *	1	0	RS
Ateuchini	<i>Canthidium manni</i> (Arrow, 1913)	68	78	MG/PB
Ateuchini	<i>Canthidium multipunctatum</i> (Balthasar, 1939) *	0	1	PB
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 1</i>	2	5	BA
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 2</i> *	1	0	GO
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 3</i> *	4	0	GO
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 4</i> *	2	0	GO
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 5</i> *	214	0	MT
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 6</i> *	4	0	GO
Ateuchini	<i>Canthidium sp. 7</i> *	1	0	MT
Ateuchini	<i>Uroxys aff. lata</i> (Arrow, 1933)	2	1	RS
Ateuchini	<i>Uroxys sp. 1</i>	384	239	BA/GO/MT/MG
Ateuchini	<i>Uroxys sp. 2</i> *	1	0	GO
Ateuchini	<i>Uroxys sp. 3</i> *	1	0	MT

Continua

Tribo	Espécies	FED	Habitat vizinho	Regiões
Canthonini	<i>Agamopus viridis</i> (Boucomont, 1928) *	0	2	MG
Canthonini	<i>Canthon aff. luctuosus</i> (Harold, 1868)	63	1	MT
Canthonini	<i>Canthon aff. pauxillus</i> (Harold, 1883)	4	7	RS
Canthonini	<i>Canthon aff. pilluliforme</i> (Blanchard, 1843)	61	2	PB/GO
Canthonini	<i>Canthon chalybaeum</i> (Blanchard, 1843)	465	27	GO/MT
Canthonini	<i>Canthon curvipes</i> (Harold, 1868)	1	4	GO
Canthonini	<i>Canthon septemmaculatum histrio</i> (Serville, 1828)	392	184	GO/MT/MG
Canthonini	<i>Canthon lituratum</i> (Germar, 1824)	3	26	GO/MG
Canthonini	<i>Canthon lividum</i> (Blanchard, 1843) *	1	0	RS
Canthonini	<i>Canthon mutabile</i> (Lucas, 1857)	14	16	PB
Canthonini	<i>Canthon obscurielus</i> (Schmidt, 1922) *	0	3	MG
Canthonini	<i>Canthon quinque maculatum</i> (Laporte, 1840) *	1	0	RS
Canthonini	<i>Canthon sp. 1</i>	50	16	MT/MG/PB
Canthonini	<i>Canthon sp. 2</i> *	0	18	GO
Canthonini	<i>Canthon sp. 3</i> *	1	0	MT
Canthonini	<i>Canthon sp. 4</i> *	1	0	MT
Canthonini	<i>Canthon sp. 5</i> *	1	0	MT
Canthonini	<i>Canthon staigi</i> (Pereira, 1953)	14	29	BA
Canthonini	<i>Canthonella aff. silphoides</i> (Harold, 1867)	2	9	BA
Canthonini	<i>Canthonella catharinensis</i> (Pereira e Martinez, 1956)	1	2	RS
Canthonini	<i>Deltochilum brasilienses</i> (Laporte, 1840) *	0	1	RS
Canthonini	<i>Deltochilum calcaratum</i> (Bates, 1870)	151	80	BA/GO/MG/PB
Canthonini	<i>Deltochilum enceladum</i> (Kolbe, 1893)	22	7	GO/MG
Canthonini	<i>Deltochilum granulatum</i> (Paulian, 1933) *	0	1	BA
Canthonini	<i>Deltochilum pseudoicarus</i> (Balthasar, 1939)	4	2	GO
Canthonini	<i>Deltochilum sp. 1</i>	123	6	GO/MG
Canthonini	<i>Deltochilum sp. 2</i> *	1	0	MT
Canthonini	<i>Deltochilum verruciferum</i> (Felsche, 1911)	341	105	MG/PB
Canthonini	<i>Pseudocanthon xanthurum</i> (Blanchard, 1843)	2	148	PB
Canthonini	<i>Streblopus opatroides</i> (Lansberge, 1874)	9	7	BA
Canthonini	<i>Zonocopriss machadoi</i> (Vaz-de-Mello, 2007)	35	22	GO/MG
Coprini	<i>Dichotomius aff. cuprinus</i> (Felsche, 1901) *	4	0	GO
Coprini	<i>Dichotomius aff. sericeus</i> (Harold, 1867)	31	14	RS
Coprini	<i>Dichotomius aff. spadiceus</i> (Luederwaldt, 1928) *	1	0	RS
Coprini	<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	11	10	BA/MT/MG
Coprini	<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim, 1929)	7	10	GO/MG/PB
Coprini	<i>Dichotomius faveolados</i>	3	27	MG
Coprini	<i>Dichotomius laevicollis</i> (Felsche, 1901)	70	89	BA
Coprini	<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	160	166	GO/MT/MG/PB
Coprini	<i>Dichotomius puncticollis</i> (Luederwaldt, 1935)	26	19	GO/MG
Coprini	<i>Dichotomius semiaeneus</i> (Germar, 1824) *	3	0	MG
Coprini	<i>Dichotomius sp. 1</i> *	1	0	BA
Coprini	<i>Dichotomius sp. 2</i> *	1	0	MG
Coprini	<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	35	120	GO/MG
Coprini	<i>Ontherus azteca</i> (Harold, 1869)	22	5	BA/GO/MG
Coprini	<i>Ontherus convexus</i> (Luederwaldt, 1930) *	0	3	PB
Coprini	<i>Ontherus digitatus</i> (Harold, 1868)	52	47	GO/MG
Coprini	<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre, 1886)	299	150	BA/MT/MG/PB
Eurysternini	<i>Eurysternus calligrammus</i> (Dalman, 1824)	7	4	GO/BA
Eurysternini	<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	30	17	BA/GO/MT/MG
Eurysternini	<i>Eurysternus nigrovirens</i> (Gernier, 2009)	31	5	GO/MT
Eurysternini	<i>Eurysternus parallelus</i> (Laporte, 1840)	1	1	RS
Onthophagini	<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787) *	0	2	MT/PB
Onthophagini	<i>Onthophagus aff. hirculus</i> (Mannerheim, 1829)	1329	532	BA/GO/MT/MG/PB
Onthophagini	<i>Onthophagus aff. tristis</i> (Harold, 1873) *	3	0	RS
Onthophagini	<i>Onthophagus catharinensis</i> (Paulian, 1936)	2	4	RS
Phanaeini	<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (Olauffieff, 1924)	13	2	MT/MG/PB
Phanaeini	<i>Coprophanaeus dardanus</i> (MacLeay, 1819) *	3	0	BA/GO
Phanaeini	<i>Coprophanaeus pertyi</i> (d'Olsoufieff, 1924)	7	3	PB
Phanaeini	<i>Dendropaemon dardanus</i> *	0	1	GO
Phanaeini	<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus, 1758) *	0	1	MG
Phanaeini	<i>Malagoniella astianax</i> (Olivier, 1789)	17	5	GO/MG/PB
Phanaeini	<i>Oxysternum conspiscillatum</i> (Weber, 1801) *	6	0	MT
Phanaeini	<i>Oxysternum silenum</i> (Laporte, 1840) *	1	0	MT
		83	64	Riqueza total
		5648	2907	Abundância total

Os fragmentos de Floresta Estacional Decídua apresentaram uma riqueza total de 83 espécies e uma abundância de 5.648 escarabeíneos. Em habitats vizinhos foi amostrada uma riqueza de 64 espécies e uma abundância de 2.907 indivíduos. Os fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos compartilharam 55 espécies, ou seja, 59% das espécies compartilhadas. Foi amostrada no estado da Bahia uma riqueza total de 19 espécies de escarabeíneos, sendo 16 espécies no fragmento de FED e 14 no fragmento de Mata Atlântica (11 espécies comuns). A região de Goiás apresentou uma riqueza de 35 espécies, sendo 32 no fragmento de FED e 23 no habitat vizinho, uma pastagem (20 espécies comuns). Os fragmentos presentes no Parque Estadual da Mata Seca em Minas Gerais apresentaram uma riqueza de 33 espécies (30 espécies no fragmento de FED, 29 no fragmento de caatinga e 27 espécies em comum). No estado de Mato Grosso foram amostradas 28 espécies, sendo 26 amostradas no fragmento de FED e 10 espécies na pastagem adjacente (8 espécies comuns). A Fazenda Tamanduá na Paraíba apresentou uma riqueza total de 18 espécies (15 espécies no fragmento de FED, 17 na caatinga e 14 espécies comuns). Por fim, na região do Rio Grande do Sul amostramos 15 espécies (14 no fragmento de FED, oito espécies em uma Floresta Semi-decídua e sete espécies comuns) (Fig. 04). Foram amostradas 23 espécies de besouros rola-bosta exclusivas de FEDs e nove espécies exclusivas dos habitats vizinhos.

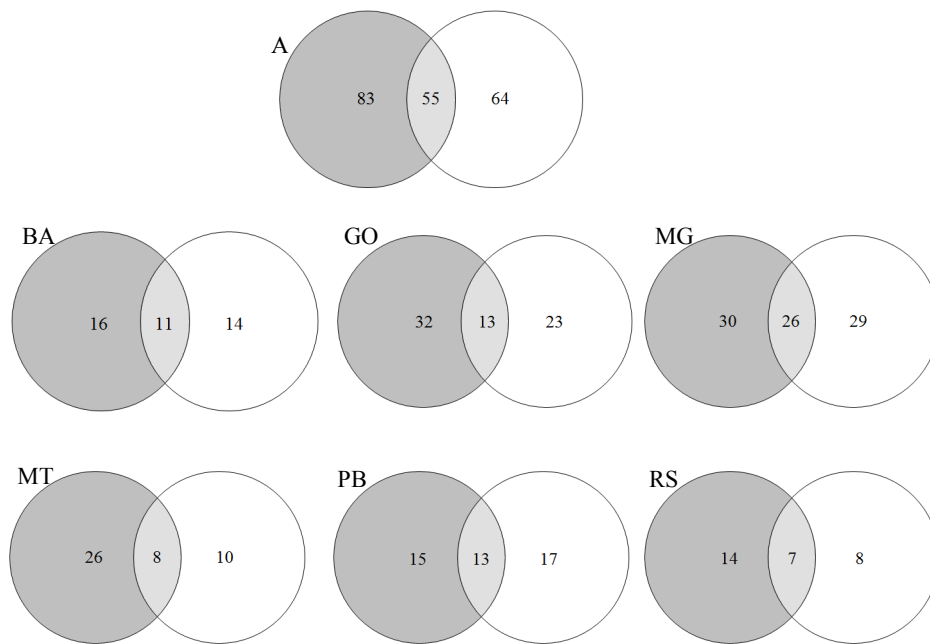


FIGURA 04: Diagrama de Venn das espécies de escarabeíneos compartilhadas entre Florestas Estacionais Deciduais (FEDs) e habitats vizinhos de cada região. As cores cinza escuro (lado esquerdo do diagrama) representam as FEDs, cinza claro (interseção) as espécies compartilhadas entre os fragmentos e branco (lado direito do diagrama) representa os respectivos habitats vizinhos, (BA) habitat vizinho: Mata Atlântica; (GO) habitat vizinho: Pastagem; (MG) habitat vizinho: Caatinga Arbórea; (MT) habitat vizinho: Pastagem; (PB) habitat vizinho: Caatinga; (RS) habitat vizinho: Floresta Semidecidual. (A) FEDs acumuladas e Habitats vizinhos acumulados.

Verificamos, através das curvas de acumulação de espécies, diferenças significativas entre as coletas nos fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos (Fig. 5). A amostragem de escarabeíneos foi considerada satisfatória, uma vez que encontramos cerca de 75% e 90% da diversidade esperada para os fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos respectivamente (Tabela 03).

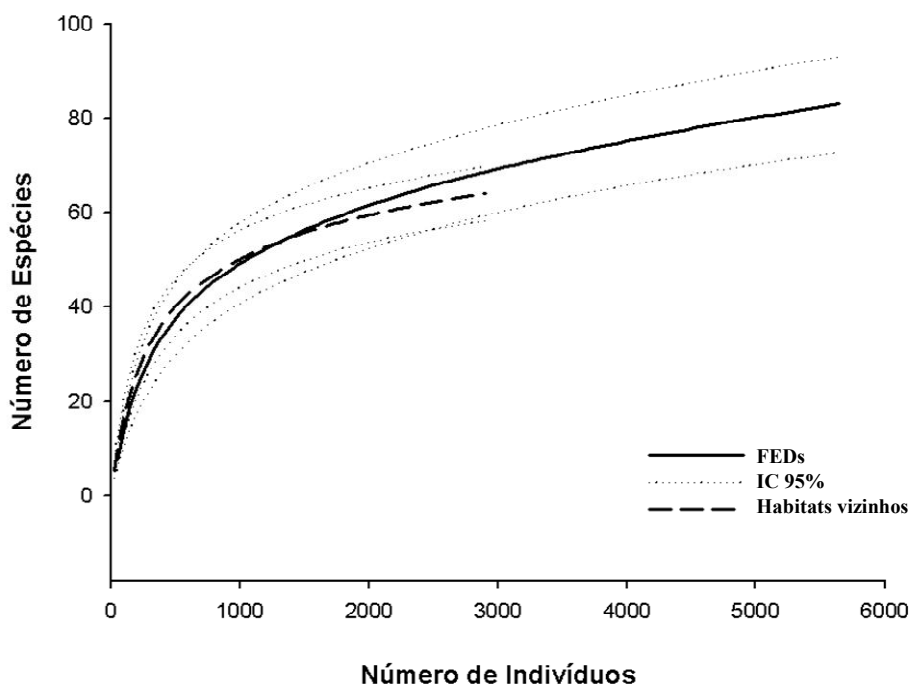


FIGURA 05: Curvas de acumulação de espécies de escarabeíneos em Florestas Estacionais Deciduais e habitats vizinhos em seis regiões brasileiras. Linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95% da riqueza esperada.

TABELA 03: Eficiência da amostragem com base na riqueza total de escarabeíneos amostrados nos fragmentos acumulados de FEDs e os habitats vizinhos. A riqueza estimada foi calculada utilizando três estimadores de riqueza não paramétricos (ACE, Chao 1, Jackknife 1).

Fragmentos	Observado	ACE	Chao 1	Jack 1	Média	Eficiência
FEDs	83	107,84	116	106,8	110,21	75%
Habitats vizinhos	64	70,13	68	75,9	71,34	90%

Verificamos através do rank de abundância uma elevada similaridade entre os fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos. Sendo observada uma dominância das espécies *Onthophagus hircullus* e *Canthidium trinodosum* amostradas nas FEDs e nos habitats vizinhos (Fig. 06).

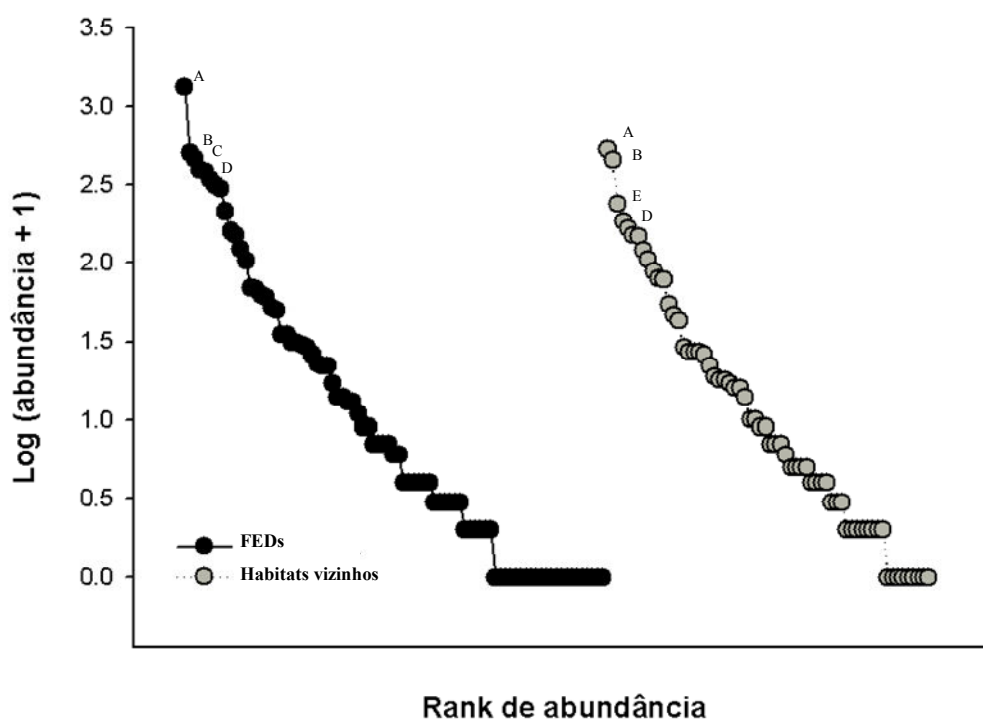


FIGURA 06: Rank de abundância comparando as distribuições das espécies de escarabaeíneos nas FEDs e nos habitats vizinhos. Letra A = *Onthophagus hircullus*, B = *Canthidium trinodosum*, C = *Canthon chalybaeus*, D = *Canthon septemmaculatum histrio*, E = *Uroxys* sp.1.

Das 93 espécies amostradas, 52% foram consideradas raras (menos de 10 indivíduos) e 23 espécies *singletons* (apenas 1 indivíduo). As espécies com amplas distribuições foram: *Onthophagus hirculus* amostrada na BA, GO, MT, MG e PB;

Eurysternus caribaeus (BA, GO, MT e MG); *Trichillum externepunctatum* (BA, MT, MG e PB); *Dichotomius nisus* (GO, MT, MG e PB); *Deltochilum calcaratum* (BA, GO, MG e PB) e *Uroxys* sp.1 (BA, GO, MT e MG) (Tabela 01).

As regiões que apresentaram os maiores valores de riqueza e abundância acumulados (riqueza e abundância de escarabeíneos da FED e do habitat vizinho) de espécies foram Minas Gerais, seguido de Goiás e Paraíba, Bahia e Mato Grosso e por fim o Rio Grande do Sul com os menores valores ($p < 0,05$) (Fig. 07a). Para a riqueza amostrada somente entre as FEDs, MG foi o estado que apresentou a maior riqueza, seguido de GO, MT e PB, BA e com a menor riqueza o fragmento de FED, o estado do RS ($p < 0,05$). Já para a abundância, verificamos um padrão similar ao de riqueza de espécies entre os fragmentos de FEDs, a única diferença foi a de que o estado de GO apresentou os maiores valores do que o estado de MG (Fig. 07b).

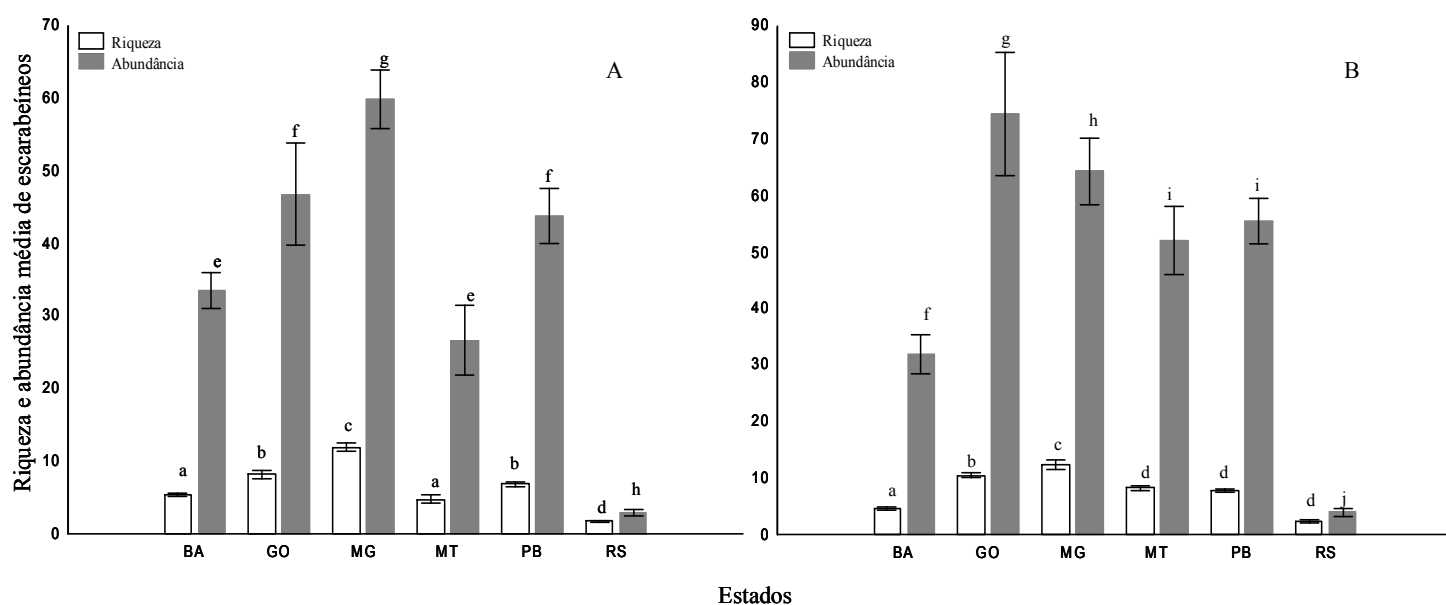


FIGURA 07: Riqueza e abundância de escarabeíneos (média \pm SE). A) de cada região acumulada e B) em fragmentos de FEDs amostrados na Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Mato Grosso (MT), Paraíba (PB) e Rio Grande do Sul (RS). Letras distintas sobre as barras verticais indicam regiões estatisticamente distintas ($p < 0,05$), verificado através da análise de contraste.

Foi verificada uma diferença significativa para a riqueza de espécies amostrada nos fragmentos de FED se comparado ao habitat vizinho nas seguintes regiões: GO, MT, PB e RS (Fig. 08a). Já para a abundância, houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os fragmentos de FED e o habitat vizinho nos seguintes estados: GO, MG, MT, PB e RS (Fig. 08b).

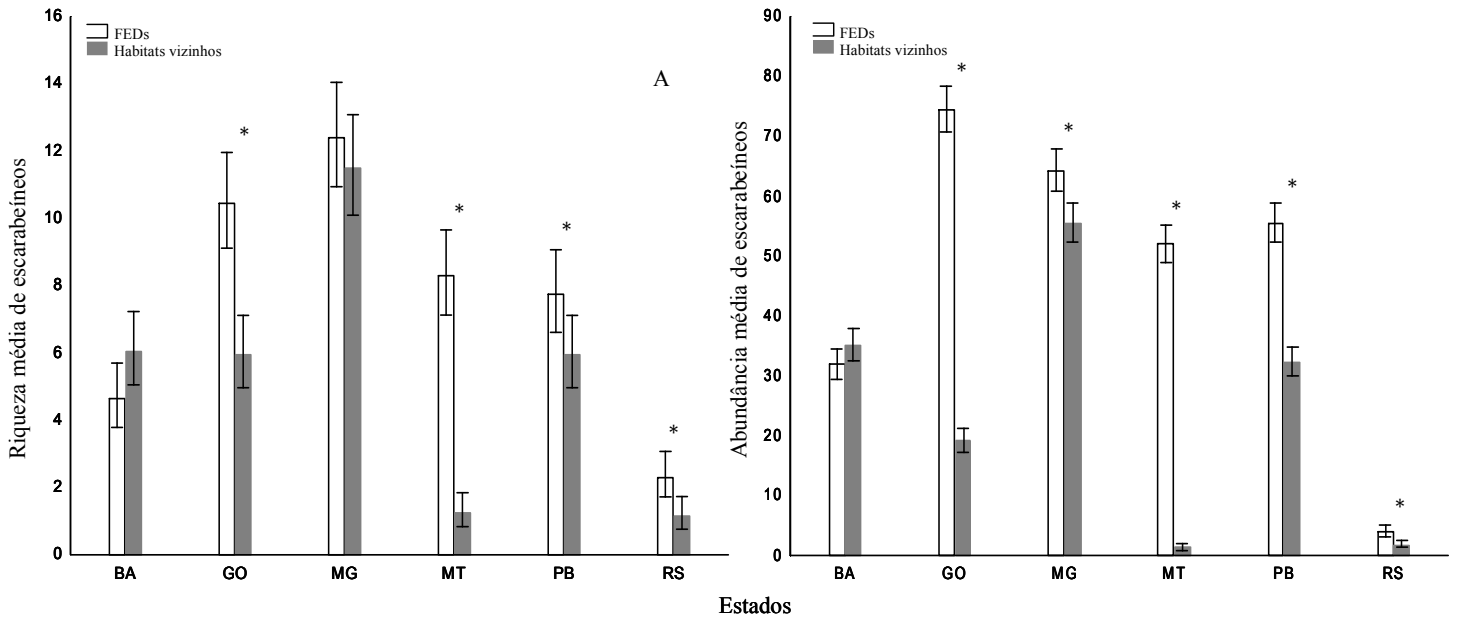


FIGURA 08: Riqueza (A) e abundância (B) de besouros rola-bosta nos fragmentos de Floresta Estacional Decidual e Habitat vizinho (média ± SE) de cada região amostrada: Bahia (BA) – habitat vizinho: Mata Atlântica; Goiás (GO) – habitat vizinho: Pastagem; Minas Gerais (MG) – habitat vizinho: Caatinga Arbórea; Mato Grosso (MT) – habitat vizinho: Pastagem; Paraíba (PB) – habitat vizinho: Caatinga; e Rio Grande do Sul (RS) – habitat vizinho: Floresta Semidecídua. Asterisco (*) sobre as barras verticais indicam fragmentos (FEDs e Habitats vizinhos) estatisticamente distintos ($p < 0,05$).

Através da análise de partição aditiva verificamos como a comunidade de besouros escarabeíneos está estruturada nas distintas regiões do Brasil. Na menor escala (α), verificamos uma média de 6.48 espécies por armadilha, maior do que a esperada

pela hipótese nula (5.10) ($p < 0,001$). O valor de (β) entre pontos ($\beta_1 = 14.62$) não foi diferente do esperado pela hipótese nula ($\beta_1 = 16.00$). Já o valor de (β_2) foi significativamente maior do que o esperado pela hipótese nula ($p < 0,001$). Na maior escala amostrada, valor de beta (β_3) foi significativamente maior do que o esperada ($p < 0,001$) (Fig. 09).

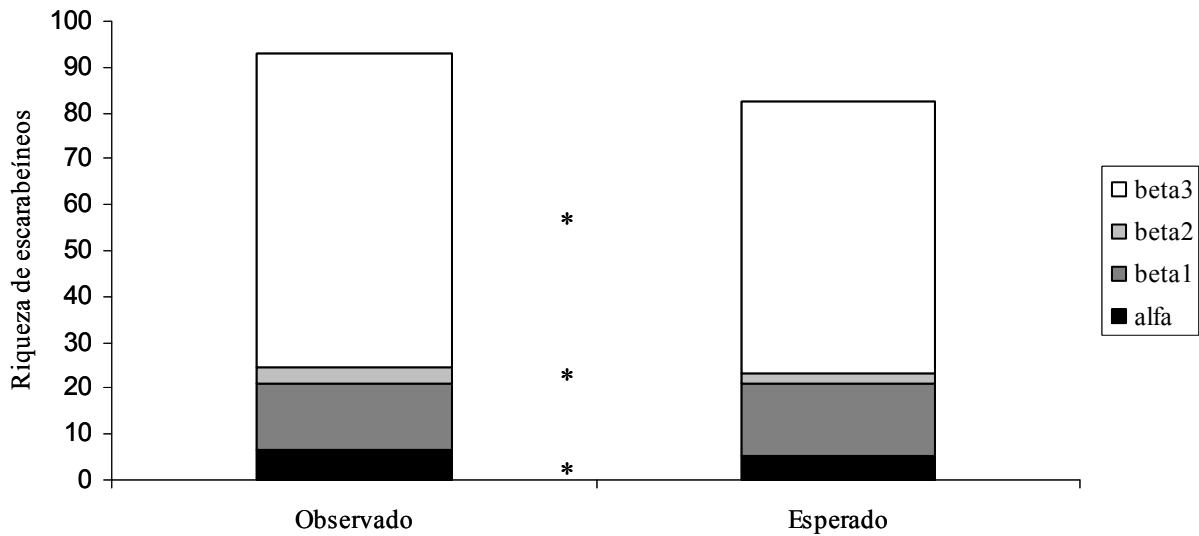


FIGURA 09: Partição aditiva da diversidade de escarabeíneos entre as diferentes escalas espaciais [pontos amostrais (*pitfall*), fragmentos (Florestas Estacionais Deciduais e habitats vizinhos) e regiões do Brasil]. Os dados observados foram comparados com os valores esperados das médias entre as seis regiões do Brasil. Asteriscos indicam os casos onde os componentes da diversidade observada diferiram do esperado ($p < 0,05$).

Verificamos através da análise de composição NMDS que a composição de espécies da comunidade de escarabeíneos difere entre as seis regiões do Brasil (Stress = 0,4737, ANOSIM $R = 0,6471$, $p < 0,0001$, Fig. 10). De acordo com a análise de SIMPER, as espécies de besouros escarabeíneos que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os fragmentos distribuídos no Brasil foram *Canthidium*

trinodosum (amostrado em BA e RS), *Onthophagus hircullus* (presente em BA, GO, MT, MG e PB), *Canthon septemmaculatum histrio* (encontrado em GO, MT e MG) e *Canthon chalybaeum* (ocorreu em GO e MT).

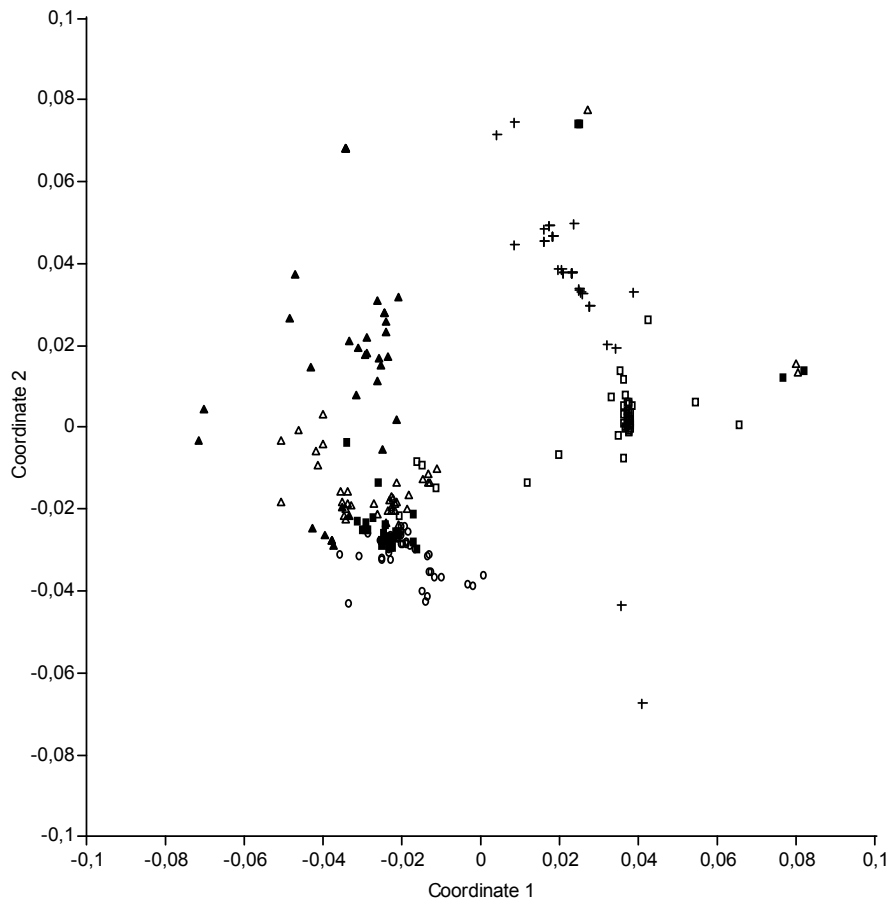


FIGURA 10: Análise de escala multidimensional não-métrica (NMDS) para a ordenação da comunidade de besouros escarabeíneos amostrada nos fragmentos (FED e habitats vizinhos) localizados em diferentes regiões do Brasil: Minas Gerais (■), Mato Grosso (▲), Goiás (△), Rio Grande do Sul (+), Bahia (□) e Paraíba (○).

A diferença da composição de espécies de escarabeíneos entre as regiões estudadas foi mais evidente quando analisamos somente a comunidade dos besouros das

FEDs (Stress = 0,3934 , ANOSIM R = 0,8573, $p < 0,0001$, Fig. 11). *Onthophagus hircullus*, *Canthidium trinodosum*, *Canthon chalybaeum* e *Canthon septemmaculatum histrio* foram as espécies que mais contribuíram para as diferenças nas comunidades de besouros entre essas florestas. *O. hircullus* foi amostrado nas FEDs da BA, GO, MT, MG e PB, *C. trinodosum* ocorreu nas FEDs da BA e RS, *C. chalybaeum* ocorreu nas FEDs de GO e MT, e *C. sept. histrio* GO, MT e MG.

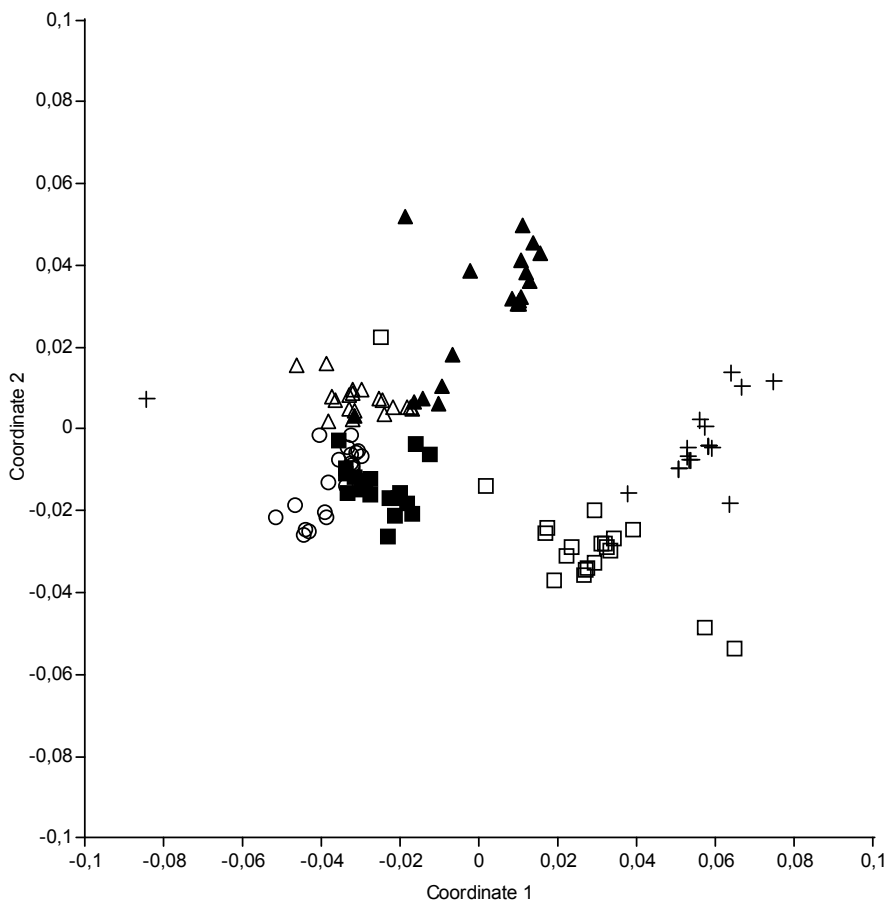


FIGURA 11: Análise de escala multidimensional não-métrica (NMDS) para a ordenação da comunidade de besouros escarabeíneos amostrada somente nos fragmentos de Floresta Estacional Decidual localizado em diferentes regiões do Brasil: Minas Gerais (■), Mato Grosso (▲), Goiás (Δ), Rio Grande do Sul (+), Bahia (□) e Paraíba (○).

Verificamos uma diferença na composição de besouros rola-bosta entre as FEDs e o habitat vizinho na maioria das regiões estudadas (Fig. 12). Somente na região da Bahia (Fig. 12a) a composição da fauna de besouros da Mata Seca foi similar com o seu habitat vizinho, a Mata Atlântica. A composição de espécies de besouros das demais FEDs foi diferente dos seus respectivos habitats vizinhos (Tabela 04).

As espécies que mais contribuíram para a diferença entre os fragmentos de FED e pastagem (habitat vizinho) em GO foram *Onthophagus hircullus* e *Canthon chalybaeum*, ambas coletadas nos dois fragmentos. Já para o estado do MT, as espécies que mais contribuíram para a diferença foram *Canthon chalybaeum* que ocorreu somente na FED, e *Ateuchus rodriguinese* coletado tanto na FED quanto na pastagem (habitat vizinho). *Onthophagus hircullus* e *Canthon septemmaculatum histrio* foram as espécies que mais contribuíram para a diferença entre os fragmentos de FED e caatinga arbórea (habitat vizinho) em MG sendo elas coletadas nos dois fragmentos. As espécies que mais contribuíram para a diferença na composição entre os fragmentos da PB foram *Onthophagus hircullus* e *Deltochilum verruciferum*, ambas as espécies ocorreram no fragmento de FED quanto na caatinga (habitat vizinho). Por fim, no estado do RS, as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os fragmentos estudados foram: *Canthidium trinodosum* e *Dichotomius sericeus*, as duas espécies ocorreram na FED e na Floresta Sazonal Semidecídua (habitat vizinho).

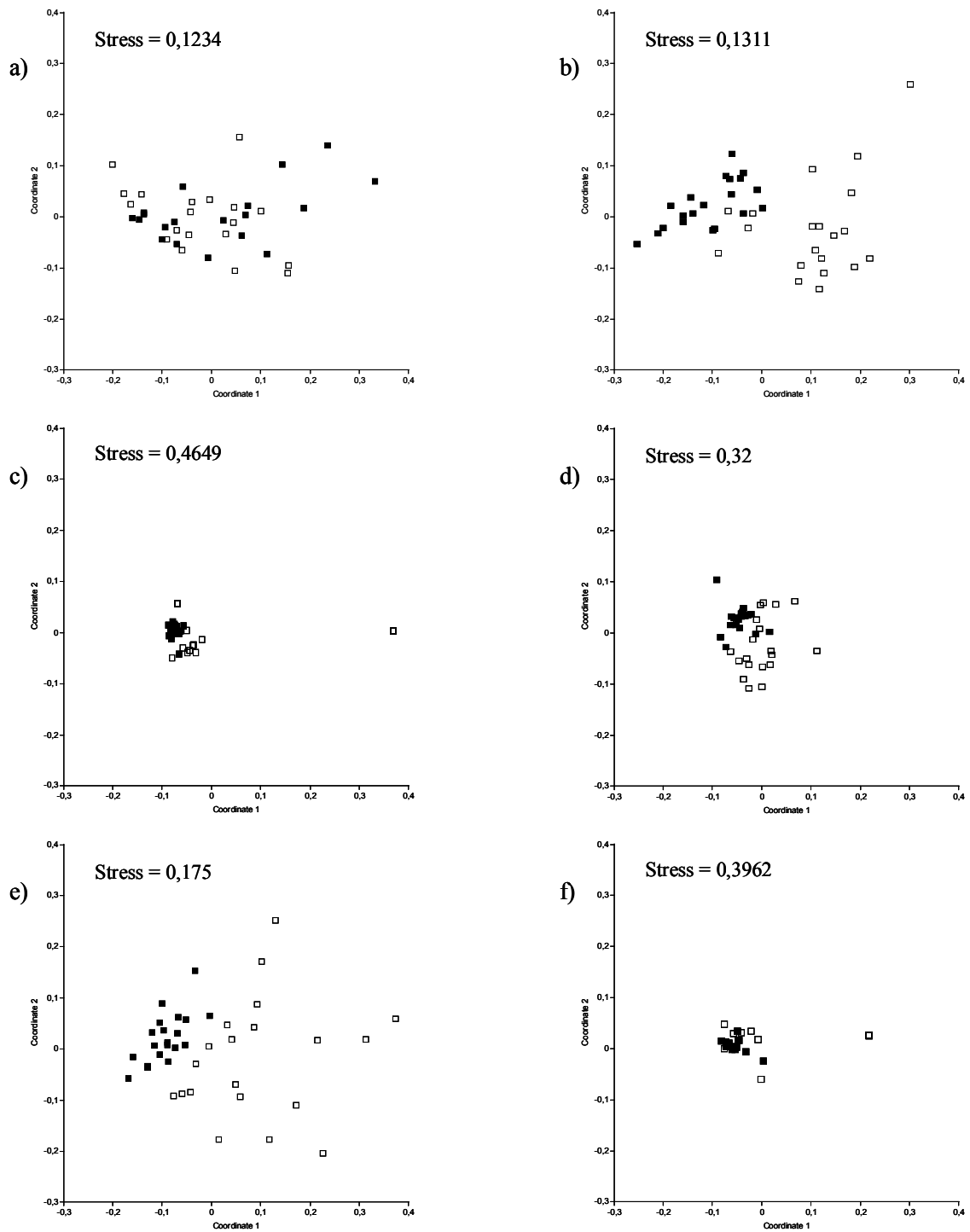


FIGURA 12: Análise de escala multidimensional não-métrica (NMDS) para a ordenação da comunidade de besouros rola-bosta amostrada nos fragmentos de Floresta Estacional Decidual (■) e as respectivas áreas adjacentes (□) em cada localidade: (a) Bahia, (b) Goiás, (c) Mato Grosso, (d) Minas Gerais, (e) Paraíba e (f) Rio Grande do Sul.

TABELA 04: Análise de similaridade não-paramétrica (ANOSIM) para testar as diferenças entre a estrutura (dados quantitativos) de escarabeíneos em fragmentos de FEDs com os seus respectivos Habitats vizinhos. ANOSIMs foram calculados através do índice de Bray-Curtis. Análise de SIMPER mostrando qual espécie que mais contribuiu para essa dissimilaridade entre os fragmentos de FED com seu respectivo habitat vizinho.

Região	Fragmentos	Stress	<i>P</i>	Contribuição
Bahia	FED x Mata Atlântica	0,1234	0,407	-
Goiás	FED x Pastagem	0,1311	< 0,001	<i>O. hircullus</i>
Mato Grosso	FED x Pastagem	0,4649	< 0,001	<i>C. chalybaeum</i>
Minas Gerais	FED x Caatinga Arbórea	0,32	< 0,001	<i>O. hircullus</i>
Paraíba	FED x Caatinga	0,175	< 0,001	<i>O. hircullus</i>
Rio Grande do Sul	FED x F. Semidecídua	0,3962	0,001	<i>C. trinodosum</i>

4. DISCUSSÃO

A riqueza de espécies de escarabeíneos amostrada nesse estudo (93) foi superior a vários outros trabalhos realizados com escarabeíneos em FEDs ou comparado a outros tipos vegetacionais sazonais. Nos estudos realizados no México a riqueza variou entre 13 a 18 espécies (Halfpter & Arellano 2002, Andresen 2005, 2007, 2008) e na Colômbia, 22 espécies (Escobar 1997). Escobar *et al.* (2007) encontraram 40 espécies de escarabeíneos onde foram amostradas diferentes áreas de FEDs e outros tipos florestais ao longo de gradientes altitudinais em montanhas no México e na cordilheira dos Andes. A riqueza de espécies acumulada somente nas FEDs (83), também foi superior a diversos estudos realizados no México e Colômbia como já descritos. Acredita-se que essa elevada riqueza de espécies existentes nas FEDs brasileiras se deve provavelmente a fatores históricos e biogeográficos (Werneck *et al.* 2010). As FEDs da América do Sul são mais antigas do que as FEDs da América Central (Pennington *et al.* 2006), portanto a comunidade de escarabeíneos teve um maior tempo evolutivo para a diversificação. Além disso, as FEDs brasileiras estão inseridas em vários biomas, o que provavelmente contribui para o aumento do número de espécies devido à influência local (Neves 2009, Werneck *et al.* 2010).

De acordo com Vaz-de-Mello (2000), para o estado da Bahia até o ano de 2000 eram registradas 93 espécies de escarabeíneos. No presente trabalho foram amostradas 19 espécies. Lopes *et al.* (2006) em um estudo na região de Feira de Santana na Bahia em uma vegetação arbórea da Caatinga em transição com FED capturaram 16 espécies de escarabeíneos. Já em um estudo em diferentes formações vegetais de Mata Atlântica e Seringal na Reserva Ecológica da Michelin na Costa do Dendê (BA), Campos *et al.* (2009) encontraram 40 espécies de escarabeíneos, valor acima do encontrado no nosso

estudo. No estado de Goiás foram amostradas 35 espécies de escarabeíneos. De acordo com Vaz-de-Mello (2000) são registradas para o Estado um total de 103 espécies sendo seis endêmicas. Marchiori (2000) encontrou 17 espécies de escarabeíneos utilizando fezes bovinas e carcaças suínas em pastagens em Itumbiara, Goiás. Foi encontrado um número superior da riqueza de escarabeíneos (23) na pastagem, habitat vizinho do fragmento de FED em Goiás. Utilizando somente fezes bovinas para a captura dos escarabeíneos em pastagens, Marchiori (2003) amostrou 13 espécies desses besouros. O estado de Minas Gerais tem registrado 182 espécies de escarabeíneos, mesmo assim a fauna destes besouros ainda é pouco conhecida na região (Vaz-de-Mello 2000). No presente estudo foram amostrados escarabeíneos de um fragmento de FED e de um fragmento de caatinga arbórea, 33 espécies foram capturadas. Riqueza pouco abaixo (38) encontrada por Neves e colaboradores (2010) em um estudo em diferentes estágios sucessionais de fragmentos de FEDs no Parque Estadual da Mata Seca (PEMS), Manga, Minas Gerais. De acordo com Neves (2009), uma hipótese para a elevada riqueza de espécies encontrada no PEMS é a sua posição geográfica, o parque está inserido na transição dos biomas Cerrado e Caatinga, com isso, faunas adjacentes de escarabeíneos podem influenciar a comunidade desses insetos no PEMS.

O Estado do Mato Grosso apresentou uma riqueza 28 espécies de escarabeíneos, sendo, sendo 26 no fragmento da FED e 10 na pastagem (habitat vizinho). Para o Estado, são registradas 97 espécies de escarabeíneos, quatro endêmicas (Vaz-de-Mello 2000). Silva e colaboradores (2010) em estudo na Chapada dos Parecis no Mato Grosso encontraram 29 espécies de escarabeíneos em diferentes fitofisionomias de cerrado. A alteração do habitat com introdução de pastagens em áreas originalmente de florestas implica em perda de habitats e, conseqüentemente, à diminuição das populações nativas de escarabeíneos (Vidaurre 2011). Em nosso estudo ocorreu um declínio na abundância

das espécies dos besouros nas pastagens em relação ao seu habitat vizinho, no caso a FED. Almeida e colaboradores (2011) também verificaram uma diminuição na abundância de espécies de escarabeíneos em pastagens localizada em Carrancas, Minas Gerais. A diminuição das abundâncias das espécies de escarabeíneos pode acarretar numa redução nas funções ecológicas prestadas por esses besouros importantes para o funcionamento das pastagens (Almeida *et al*, 2011). Para o Estado da Paraíba, até o ano de 2000, somente seis espécies eram registradas (Vaz-de-Mello 2000). Em estudos mais recentes, Hernández (2005, 2007) registraram a ocorrência de 26 espécies para o Estado da Paraíba, os trabalhos foram realizados em áreas cobertas pelo bioma Caatinga. Já Endres e colaboradores (2007) encontraram 29 espécies de escarabeíneos em um estudo comparando a diversidade desses besouros entre Mata Atlântica e Tabuleiro nordestino na Paraíba. No nosso trabalho foram encontradas 18 espécies de escarabeíneos. Algumas espécies como *Deltochilum verruciferum* e *Onthophagus hirculus* também foram reportadas com altas abundâncias (Endres *et al*. 2007), mesmo padrão encontrado no presente estudo. Segundo Hernández (2007), este número de espécies é relativamente baixo quando comparadas a outras regiões tropicais, padrão que é explicado provavelmente pela baixa pluviosidade da região. Os escarabeíneos em ambientes xéricos evitam aparecer durante o dia para evitar a desidratação (Hernández 2007). Além desses fatores, a produção primária nessas áreas é baixa e incapaz de sustentar uma elevada densidade de mamíferos, o que acarretará na diminuição de recursos para os besouros escarabeíneos (Hernández 2007).

Em um levantamento preliminar de espécies de escarabeíneos no Rio Grande do Sul, 97 espécies foram registradas (Silva *et al*. 2008). No presente estudo foi verificada uma baixa riqueza, apenas 15 espécies de escarabeíneos. Algumas espécies como: *Canthidium femoratum*, *Canthonella catharinensis*, *Eurysternus parallelus*,

Onthophagus catharinensis, *Uroxys latta* foram registradas em nosso trabalho e não estão citadas no estudo de Silva e colaboradores (2008). Silva e colaboradores (2009) registraram 17 espécies de escarabeíneos em campos sulinos na região de Bagé, utilizando iscas de fezes humanas e frango em decomposição. Mesmo o trabalho sendo realizado na estação úmida de cada região, a região de coleta do Rio Grande do Sul apresentava baixas temperaturas. De acordo com Borror and Delong (1969), os escarabeíneos apresentam baixa atividade nos períodos com baixa temperatura. Muitas espécies de besouros apresentam diapausa (hibernação) ou em estágios larvais durante os períodos mais críticos de temperatura. Provavelmente esses fatores determinem o baixo número de indivíduos e espécies encontradas na FED e habitat vizinho do estado do RS.

Observamos no Diagrama de Veen uma similaridade de espécies de escarabeíneos entre os fragmentos de FEDs e os habitats vizinhos em cada região. Habitats vizinhos (ex: pastagem) com estrutura da vegetação completamente diferente dos fragmentos de FEDs em relação à estrutura, complexidade, heterogeneidade apresentaram poucas espécies compartilhadas, como verificado nos estados de Goiás e Mato Grosso. Halffter e colaboradores (1995) verificaram que a fauna existente nas pastagens é formada por espécies com alta tolerância ecológica e bem adaptadas as condições desfavoráveis existentes em ambientes sem cobertura arbórea. As comunidades de escarabeíneos inseridas em pastagens onde inicialmente existia uma formação florestal apresentam uma baixa riqueza de espécies (ver Vidaurre 2011). Estas pastagens apresentam uma baixa colonização local e pouca troca de espécies entre os fragmentos florestais vizinhos (Vidaurre 2011). As espécies nativas de ambientes florestais apresentam uma alta especificidade por habitats florestais e dificilmente são amostradas em ambientes de pastagens adjacentes (Vidaurre 2011). A composição

exclusiva de escarabeíneos florestais e de áreas abertas pode ser explicada pela rápida dessecação do alimento em áreas abertas. Desta forma, espécies florestais são limitadas e evitam ambientes mais abertos, pois o recurso é significativamente mais efêmero (Hanski & Cambefort 1991, Almeida & Louzada 2009). Além disso, esses besouros podem apresentar especificidade por um determinado recurso, por exemplo, fezes de mamíferos encontrados exclusivamente nas áreas florestais (Andresen 2003).

Dentre as espécies mais freqüentes no presente estudo destacamos *Onthophagus hircullus*, espécie dominante tanto nos fragmentos de FED quanto nos habitats vizinhos. No presente estudo foram amostrados 1861 indivíduos de *O. hircullus*, que representa mais de 15% do total de escarabeíneos amostrados. *O. hircullus* apresenta uma ampla distribuição geográfica no Brasil, sendo comumente encontrada em FEDs, Cerrados e planícies de até 2200m (Neves *et al.* 2010, Lopes *et al.* 2011). Verificamos também um grande número de espécies raras registradas no estudo (52%). Esse padrão é comum em florestas tropicais, onde um pequeno número de espécies apresenta uma elevada abundância e muitas espécies com pouca abundância (Halffter 1991).

Para verificar a estrutura da comunidade de escarabeíneos foi utilizada no presente estudo a análise de partição aditiva da diversidade. Summerville *et al.* (2003) sugere a partição aditiva como uma boa ferramenta para identificar as escalas espaciais em que a diversidade é maior ou menor se comparada à predições de que a distribuição de espécies no espaço é aleatória. Os padrões espaciais de diversidade são reflexos de diferentes processos ambientais (ex: topografia, heterogeneidade climática e/ou heterogeneidade da vegetação) atuando em diferentes escalas espaciais (Veech & Crist 2007). No presente estudo foi verificado que a diversidade de escarabeíneos foi superior ao esperado pelo acaso na maioria das escalas espaciais estudadas (α – diversidade local por armadilha; β_2 – diferença entre fragmentos e β_3 – diferença entre regiões) e igual ao

acaso na escala (β_1 – diferença entre armadilhas). As mudanças na diversidade de espécies em diferentes escalas espaciais podem ser explicadas por diversos processos ecológicos e evolutivos (Messier *et al.* 2010). Os padrões de distribuição da diversidade variam conforme a escala de amostragem, ou seja, o padrão observado em uma comunidade local pode ser diferente daquele encontrado em áreas mais amplas (Cris *et al.* 2003). Marques (2011) em um estudo com formigas em FEDs brasileiras sugere que processos estocásticos (como a deriva ecológica) não são suficientes para explicar os padrões da diversidade de formigas, indicando que processos determinísticos podem influenciar a diversidade de formigas em diferentes escalas espaciais, como observado no presente estudo para a estrutura da comunidade de escarabeíneos.

Em escalas menores, a comunidade biológica pode ser regulada por fatores locais (Chesson 2000) como topografia, características de solo (Ianuzzi *et al.* 2003), cobertura vegetal (Halfpter & Arellano 2002), distúrbios (Weibull *et al.* 2003), interações intra e interespecíficas (Veech *et al.* 2003) e heterogeneidade ambiental (Halfpter & Moreno 2005). Verificamos que a diversidade de espécies de escarabeíneos na menor escala (α_1) foi maior do que o esperado pelo acaso. A elevada heterogeneidade dos ambientes tropicais, com grande riqueza de flora e estratificação vertical, permite um maior número de nichos para besouros escarabeíneos, possibilitando assim a ocorrência de muitas espécies (Halfpter 1991, Halfpter & Moreno 2005).

Além dos processos ecológicos, outros fatores podem estar envolvidos na regulação da comunidade local de escarabeíneos. Marques (2011) encontrou esse padrão para formigas estudadas em FEDs. No seu estudo foi verificado que a diversidade média entre as armadilhas (β_1) não difere do esperado, indicando que as espécies de formigas são distribuídas de forma homogênea dentro dos fragmentos. A

proximidade entre as armadilhas em campo também pode resultar na similaridade espacial das espécies ou esgotamento local da fauna de invertebrados (Ward *et al.* 2001). De acordo com Digweed e colaboradores (1995) não há diferenças na riqueza de besouros em armadilhas espaçadas de 10, 25 ou 50 metros. No presente estudo foram instaladas armadilhas do tipo *pitfall* distando 50 metros uma da outra, sendo observada uma elevada semelhança localmente, ou seja, a comunidade de escarabeíneos apresentou uma distribuição espacial homogênea entre as armadilhas nos distintos fragmentos.

Os resultados encontrados para a diversidade ($\beta 1$) no presente estudo sugerem que fatores históricos estão determinando a distribuição homogênea das espécies de escarabeíneos nos fragmentos de FED. Esse padrão está de acordo com a hipótese proposta pela teoria do “Arco do Pleistoceno” (Prado & Gibbs 1993, Werneck & Colli 2006), na qual as áreas de FEDs mantêm a diversidade biológica original da área contínua existente no Pleistoceno, devido a história evolutiva dessas florestas (Werneck & Colli 2006, Werneck 2010).

No presente estudo também foi verificado que os fragmentos de FEDs apresentam uma diversidade ($\beta 2$) e composição de espécies de escarabeíneos distinta dos respectivos habitats vizinhos de cada região. No entanto, constatamos uma diferença na composição de escarabeíneos entre os fragmentos de FEDs amostrados nas diferentes regiões. Ou seja, existe uma forte influência de fatores ecológicos recentes na estrutura da comunidade de escarabeíneos nas áreas de FED. São necessários mais estudos principalmente genéticos para confirmar as informações sobre o fluxo gênico e os padrões de distribuição desses insetos, por exemplo, estudos de filogeografia das espécies mais comuns ou mais representativas encontradas nas áreas para que possamos saber os mecanismos que geraram essa distribuição atual das espécies de escarabeíneos.

Encontramos diferenças nos padrões espaciais de escarabeíneos nas diferentes escalas, como detectados para uma comunidade de besouros do dossel em uma FED nos EUA (Crist *et al.* 2003, Gering *et al.* 2003). Vidaurre (2011) também encontrou diferenças na comunidade de escarabeíneos em diferentes escalas espaciais em um estudo onde foram amostrados pastagens e habitats vizinhos em diferentes pontos do Brasil e na Bolívia. Utilizando a análise de partição aditiva em diferentes escalas foi possível identificar os processos que agem na distribuição dos escarabeíneos encontrados nas FEDs. De acordo com os resultados encontrados, a maior escala espacial (β_3) foi a que mais contribuiu para a amostragem desses besouros. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques (2011) e Gering e colaboradores (2003), onde a maior escala espacial examinada foi a que mais contribuiu para a diversidade regional de espécies de formigas e besouros (γ). Segundo Ricklefs (1987) os mecanismos que estruturam as comunidades em escalas regionais e locais são diferentes, embora conectados. A formação de comunidades é determinada por diversos processos que atuam em diferentes escalas espaciais (Hubbell 2001), com uma forte relação entre as diversidades local e regional.

No presente estudo foi verificado, através das análises de composição, que os fragmentos de FEDs não apresentam uma composição de espécies de escarabeíneos similar, não corroborando a hipótese (i). Verificamos também, que os fragmentos de FED apresentam uma composição de espécies distinta dos seus habitats vizinhos em cada região, não corroborando a hipótese (ii). A composição de espécies de uma comunidade seria mais influenciada pela composição da metacomunidade circundante e pelas taxas de dispersão de espécies que ocorrem na região do que pelos fatores históricos envolvidos nessas áreas (Hubbell 2001). Entretanto, foi verificado que existe uma forte influência histórico-evolutiva na estrutura das comunidades de escarabeíneos

presente nas FEDs devido provavelmente a influência passada do “Arco do Pleistoceno”, separando as áreas de FED dos habitats vizinhos e ao mesmo tempo uma influência de processos ecológicos recentes localmente, que não agrupa os distintos fragmentos de FEDs brasileiros. Ou seja, cada fragmento de FED e o habitat vizinho apresentam comunidades de escarabeíneos característicos, mas que são complementares. A análise de partição aditiva mostra uma estrutura similar da comunidade de escarabeíneos, com padrões similares de distribuição de espécies nas distintas escalas espaciais analisadas. Entretanto, mudanças na composição de espécies mostram que ocorrem influências locais na formação da comunidade de besouros escarabeíneos.

5. CONCLUSÕES

No presente estudo expandimos o conhecimento da fauna de besouros escarabeíneos em Florestas Estacionais Deciduais (FEDs) brasileiras e os fatores que influenciam a sua distribuição nesses ambientes. A estrutura da comunidade de besouros escarabeíneos em áreas de FEDs é determinada tanto por processos históricos evolutivos quanto por processos ecológicos locais mais recentes. Ou seja, cada fragmento de FED apresenta história-evolutiva semelhante e uma composição de espécies distinta. Verificamos também que diversidade local e regional de escarabeíneos não pode ser entendida separadamente, existe uma relação de dependência entre elas.

Ressaltamos a importância da elaboração de planos de manejo e conservação para os fragmentos de FEDs e seus respectivos habitats vizinhos ou áreas de entorno, garantindo a manutenção da comunidade de escarabeíneos, pois, a perda do habitat vizinho ou do fragmento de FED por ações antrópicas pode determinar a perda de espécies e dos serviços ecológicos prestados por estes insetos.

6. REFERÊNCIAS

- Almeida, S., & Louzada, J. (2009). Estrutura da Comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em Fitofisionomias do Cerrado e sua Importância para a Conservação. *Neotropical Entomology*, 38(1), 032-043.
- Almeida, S., Louzada, J., Sperber, C., & Barlow, J. (2011). Subtle Land-Use Change and Tropical Biodiversity : Dung Beetle Communities in Cerrado Grasslands and Exotic Pastures. *Biotropica*, 1-7.
- Andresen, E. (2003). Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26(1), 87-97.
- Andresen, E. (2005). Effects of Season and Vegetation Type on Community Organization of Dung Beetles in a Tropical Dry Forest. *Biotropica*, 37(2), 291-300.
- Andresen, E. (2007). Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 12(6), 639-650.
- Andresen, E. (2008). Short-term temporal variability in the abundance of tropical dung beetles. *Insect Conservation and Diversity*, 1(2), 120-124.
- Antunes, F. Z. (1994). Caracterização Climática – Caatinga do Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, 17, 15-19.
- Borror, D. J., & DeLong, D. M. (1969). *Introdução ao Estudo dos Insetos*. São Paulo, 653p.
- Caetano, S., Prado, D., Pennington, R.T., Beck, S., Oliveira-Filho, A.T., Spichiger, R. & Naciri, Y. (2008). The history of seasonally dry tropical forests in eastern South

America: inferences from the genetic structure of the tree *Astronium urundeuva* (Anacardiaceae). *Molecular Ecology*, 17, 3147–3159.

Caley, M.J., & Schuller D. (1997). The relationship between local and regional diversity. *Ecology*, 78, 70-80.

Campos, E. M., Lopes, P. P., & Medina, A. M. (2009). A Resposta da comunidade de Scarabaeidae (Coleoptera) a fisionomia de formações florestais de Mata Atlântica e Seringal na Reserva Ecológica da Michelin (Costa do Dendê, BA). *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço, Minas Gerais, Brasil.

Canty, A. & Ripley, B.D. (2006). *Boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions* (Canty). R Package version 1.2–27. URL <http://www.r-project.org/cran>.

Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 31, 343–358.

Clarke, K.R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117–143.

Colwell, R. K. *Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 8.2. User's guide and application. Published at: <<http://purl.oclc.org/estimates>>.

Costa, C. M. Q., Silva, F. A. B., Farias, A. I., Moura, R. C. (2009). Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilhas de interceptação de vôo no Refúgio Ecológico Charles Darwin, Igarassu – PE, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(1), 88-94.

Crawley, M. J. (2007). *Statistical computing – an introduction to data analysis using s-plus*. John Wiley & Sons, London, UK.

- Cris, T.O.; J.A. Veech; J.C. Gering & K.S. Summerville. (2003). Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of α , β and γ diversity. *The American Naturalist*, 162, 734-743.
- Digweed, S.C., Currie, C.R., Cárcamo, H.A. & Spence, J.R. (1995). Digging out the “digging-in effect” of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39, 561–576.
- Endres, A. A., Creão-duarte, A. J., Isabel, M., & Hernández, M. (2007). Diversidade de Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordeste. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1), 67-71.
- Escobar, F. S. (1997). Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19, 419-430.
- Escobar, F., Halffter, G., & Arellano, L. (2007). From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography*, 30(2), 193-208.
- Espírito-Santo, M.M., Sevilha, A.C., Anaya, F.C., Barbosa, R., Fernandes, G.W., Sanchez-Azofeifa, G.A., Scariot, A., Noronha, S.E. & Sampaio, C.A. (2009). Sustainability of Tropical Dry Forests: two case studies in southeastern and central Brazil. *Forest Ecology and Management*, 258, 922–930.
- Favila, M. E. & Halffter, G. (1997). The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoologica Mexicana*, 72, 1-25.
- Gardner, T. a, Barlow, J., Araujo, I. S., Avila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., & Esposito, M. C., et al. (2008). The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology letters*, 11(2), 139-50.

- Gering, J.C., Crist, T.O. & Veech, J.A. (2003). Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conservation Biology*, 17, 488–499.
- Halffter, G., Matthews, E. G. (1966). The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia Entomológica Mexicana*, 12-14, 1-312.
- Halffter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 82, 195-238.
- Halffter, G., Favila, M. E., & Halffter, V. (1992). Comparative studies on the structure of scarab guild in tropical rain forest. *Folia Entomologica Mexicana*, 82, 195-238.
- Halffter, G., & Favila, M. E. (1993). The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera): an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, 27, 15-21.
- Halffter, G., Favila, M., Arellano, L. (1995). Spatial distribution of three groups of Coleoptera along an altitudinal transect in Mexican Transition Zone and its biogeographical implications. *Elytron*, 9, 151-185.
- Halffter, G., Moreno, C. E. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma, p.5-18. In Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A (eds). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, 4, 237p.
- Halffter, G., & Arellano, L. (2002). Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape1. *Biotropica*, 34(1), 144-154.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST - PALaeontological Statistics software package for education and data analysis, ver. 1.81. *Palaentologia Electronica*, 4, 1–9.

- Hanski, I., Camberfort, Y. (1991). *Dung beetle ecology*. Princeton: Princeton University Press. 481p.
- Hernandez, M. I. M. (2005). Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba. Pp. 369 - 380. In: Araújo de, M.J.N., Rodal & Barbosa, M. R. V., (orgs). *Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação*. Ministério do Meio Ambiente. 445 p.
- Hernandez, M. I. M. (2007). Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. *Oecologia Brasiliensis*, 11(3), 356-364.
- Hubbell, S.P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Iannuzzi, L., Maia, A.C.D., Nobre, C.E.B., Suzuki, D.K., & Muniz, F.J.A. (2003). Padrões locais de diversidade de Coleoptera (Insecta) em vegetação de Caatinga, p. 367-389. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., & Silva, J.M.C. (Org.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Editora Universitária da Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 822p.
- Janzen, D. H. (1988) Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, 105-116.
- Lopes, P. P., Louzada, J. N. C., & Vaz-de-Mello. (2006). Organization of dung beetle communities (Coleoptera, Scarabaeidae) in areas of vegetation re-establishment in Feira de Santana, Bahia, Brazil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, 6(4), 261-266.
- Lopes, J., Korasaki, V., Catelli, L. L., Marçal, V. V. M., & Nunes, M. P. B. P. (2011). A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. *Zoologia*, 28(1), 72-79.

- Loreau, M. (2000) Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances. *Oikos*, 91, 3–17.
- Marchiori, C. H. (2000). Espécies de Scarabaidae (Insecta: Coleoptera) coletadas em fezes bovinas e carcaça de suínos em Itumbiara, Goiás, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 30(2), 1-4.
- Marchiori, C. H. (2003). Scientific insects (Arthropoda: Insecta) collected on bovine feces after different times of field exposure in Itumbiara, Goiás, Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 70(3), 377-380.
- Marques, T. G. (2011). Diversidade de Formicidae em Florestas Estacionais Decíduas em diferentes escalas temporais e espaciais. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 82p.
- Miles, L. Newton, A.C., Defries. R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J.E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Messier, J., McGill, B.J. & Lechowicz, M.J. (2010). How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology. *Ecology Letters*, 13, 838–848.
- Murphy, P.G. & Lugo, A.E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review. Ecology Systematic*, 17, 67–88.
- Neves, F. S., Madeira, B. G., Oliveira, V. H. F., & Fagundes, M. (2008). Insetos como bioindicadores dos processos de regeneração em matas secas. *MG. Biota*, 1, 46-53.
- Neves, F. S. (2009). Dinâmica espaço-temporal de insetos associados a uma Floresta Estacional Decidual. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil. 125p.

- Neves, F. S., Oliveira, V. H. F., Espírito-Santo, M. M., Vaz-de-Mello, F. Z., Louzada, J., Sanchez-Azofeifa, A., Fernandes, G. W. (2010). Sucessional and Seasonal Changes in a Community of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian Tropical Dry Forest. *Natureza & Conservação*, 8(2), 160-164.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., & Favila, M. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation : A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137, 1-19.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., & Favila, M. E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474.
- Pennington, R. T., Lavin, M., Prado, D., Pendry, C. A., Pell, S. K., & Butterworth, C. A. (2004). Historical climate change and speciation : neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 359, 515-537.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P. & Ratter, J.A. (2006). An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation* (ed. by R.T. Pennington, G.P. Lewis and J.A. Ratter). CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 1–29.
- Pezzini, F. F., Brandão, D. O., Ranieri, B. D., Espírito-Santo, M. M., Jacob, C. M., & Fernandes, G. W. (2008). Polinização, dispersão de sementes e fenologia de espécies arbóreas no Parque Estadual da Mata Seca. MG. *Biota*, 1, 37-45.
- Prado, D.E. (1991). A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America. Thesis. University of St. Andrews, Scotland.

- Prado, D.E., & Gibbs, P.E. (1993). Patterns of species distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80, 902-927.
- Prado, D.E. (2000). Seasonally Dry Forests of Tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburg Journal Botanical*, 57, 437-461.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2005). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- R Development Core Team. (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribas, C.R., Schoereder, J.H., Pic, M. & Soares, S.M. (2003). Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, 28, 305–314.
- Ricklefs, R. E. (1987). Community diversity – relative roles of local and regional processes. *Science*, 235, 167-171.
- Sanchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Rodriguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E. L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacska, M. E. R., Fajardo, L., Gamon, J. A., & Cuevas-Reyes, P. (2005). Research priorities for Neotropical dry forests. *Biotropica*, 37, 477-485.
- Silva, R. J., Diniz, S., & Vaz-de-Mello, F. Z. (2010). Heterogeneidade do Habitat, Riqueza e Estrutura da Assembléia de Besouros Rola-Bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em Áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. *Neotropical Entomology*, 39(6), 934-940.
- Silva, P. G., Audino, L. D., & Vidal, M. B. (2008). Lista preliminar das espécies de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera) do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. X Encontro de Pós-Graduação. Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

- Silva, P. G., Garcia, M. A. R., & Vidal, M. B. (2009). Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae sensu stricto) do município de Bagé, RS (Bioma Campos Sulinos). *Biociências*, 17(1), 33-43.
- Spector, S. (2006). Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, 60, 71-83.
- Sturrock, K. & Rocha, J. (2000) A multidimensional scaling stress evaluation table. *Field Methods*, 12, 49–60.
- Summerville, K.S., Boulware, M., Veech, J.A. & Crist, T.O. (2003) Spatial variation in species diversity and composition of forest Lepidoptera in eastern deciduous forests of North America. *Conservation Biology*, 17, 1045–1057.
- Vaz-de-Mello, F. Z. (2000). Estado de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: Martín-Piera, F., Morrone, J. J. & Melic, A. (eds). *Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica*. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa. pp: 181-195.
- Veech, J.A., Summerville, K.S., Crist, T.O. & Gering, J.C. (2002). The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99, 3–9.
- Veech, J.A., Crist, T.O. & Summerville, K.S. (2003). Intraspecific aggregation decreases local species diversity of arthropods. *Ecology*, 84, 3376–3383.
- Vidaurre, T. (2011). *Convergência ecológica em sistemas nativos e pastagens introduzidas da América do Sul; tomando como foco de estudo os Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. 76p.

- Wagner, H.H., Wildi, O. & Ewald, C.W. (2000) Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology*, 15, 219–227.
- Ward, D.F., New, T.R. & Yen, A.L. (2001) Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*, 5, 47–53.
- Weibull, A.C., Ostman, O. & Granqvist, A. (2003). Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity Conservation*, 12, 1335–1355.
- Werneck, F.P. & Colli, G.R. (2006). The lizard assemblage from seasonally dry tropical forest enclaves in the Cerrado biome, Brazil, and its association with the Pleistocenic arc. *Journal of Biogeography*, 33, 1983–1992.
- Werneck, F.P., Costa, G.C., Colli, G.R., Prado, D.E. & Sites Jr, J.W. (2010) Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. *Global Ecology and Biogeography*, 1-17.
- Whitmore, T. C. (1997). Tropical forest disturbance, disappearance and species loss. – In: W.F. Laurence, and O. Bierregard (eds). *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press. Chicago, pp. 3-12.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of diversity. *Taxon*, 21, 213-251.
- Zanella, F. C. V. (2000). The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. *Apidologie*, 31, 579–592.