



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**

**FUNÇÕES ECOLÓGICAS DE COLEÓPTEROS ESCARABEÍNEOS
(SCARABAEIDAE) EM ÁREA DE CAATINGA E PASTAGEM**

Rodrigo Ferreira da Silva

Feira de Santana - Bahia
Junho de 2019



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**

Rodrigo Ferreira da Silva

**FUNÇÕES ECOLÓGICAS DE COLEÓPTEROS ESCARABEÍNEOS
(SCARABAEIDAE) EM ÁREA DE CAATINGA E PASTAGEM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte do requerimento para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Priscila Paixão Lopes

Feira de Santana - Bahia
Junho de 2019

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

S583 Silva, Rodrigo Ferreira da
Funções ecológicas de coleópteros escarabeíneos (*Scarabaeidae*) em área
de caatinga e pastagem / Rodrigo Ferreira da Silva. – 2019.
90 f.: il.

Orientadora: Priscila Paixão Lopes
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Feira de Santana, 2019.

1. Coleópteros escarabeíneos (*Scarabaeidae*). 2. Rola-bostas – Andorinha, Bahia.
3. Funções ecológicas. 4. Bioindicadores. 5. Dispersão secundária de sementes.
6. Caatinga. I. Lopes, Priscila Paixão, orient. II. Universidade Estadual de Feira de
Santana. III. Título.

CDU: 595.764:574(814.22)

Luis Ricardo Andrade da Silva - Bibliotecário - CRB-5/1790



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**

RODRIGO FERREIRA DA SILVA

**FUNÇÕES ECOLÓGICAS DE COLEÓPTEROS ESCARABEÍNEOS
(SCARABAEIDAE) EM ÁREA DE CAATINGA E PASTAGEM**

Aprovada em: //

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Priscila Paixão Lopes (orientadora) – UEFS

Prof. Dra. Luciana Iannuzzi – UFPE

Prof. Dr. Caio Graco Machado - UEFS

Feira de Santana – BA
Maio de 2019

À minha mãe Maria Alves “Vinha”, ao meu pai Arlindo Ferreira “Arlindão” (in memoriam) e ao meu filho Rian, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À professora Priscila Lopes, que tornou tudo isto possível ao aceitar o desafio de orientar um desconhecido, que estava há onze anos afastado do mundo acadêmico. Obrigado pela confiança, maestria com a qual conduziu a orientação, com suas valiosas sugestões e ideias.

À minha mãe e minha tia/irmã Ednalva “Nai” (segunda mãe), por sempre terem me incentivado e acreditado no meu potencial.

Ao meu filho Rian, fonte de amor inesgotável, a quem eu procuro ser sempre uma inspiração.

Aos meus irmãos Roberto, Robério, Elieny e Natália que imagino estarem orgulhosos de mim. E ao meu amado sobrinho de 8 anos João Rafael que também colaborou na preparação das iscas e na coleta.

Às duas amizades especiais que este mestrado me proporcionou: o peixólogo, leonino e dramático Rafael Lima, e a estudiosa de bilau de moscas, minha binha linda Naiara Vilarinho. Vocês são especiais, tornaram estes dois anos mais leves. Aaaaah o nosso grupo no whastapp “A3” kkkkk, tantas angustias divididas, mas muitos momentos de risos intermináveis.

Aos demais colegas de turma, amizades que tornaram esta jornada mais fácil: Ana Letícia, Bruno Barbosa, Bruno França, Crisliane, Fabisson, Ilmara, Larissa, Layse, Mahysa e Marcos.

À mestranda e amiga Maiara Lima, companheira de laboratório e apaixonada por gatos, muito obrigado pela ajuda indispensável.

Aos meus amigos: Muryllo Lobo, Tatiane Lopes, Antônio Carlos Carvalho, Diego Andrade, e ao meu namorado Luiz Carlos, por terem colaborado neste trabalho ao auxiliarem em uma das árduas coletas na Caatinga, além do incentivo e carinho.

À amiga andorinhense Meirindiana, seu esposo Vadinho e seus filhos lindos e adoráveis Aninha e Jorginho, pela acolhida maravilhosa na casa de vocês durante meu primeiro ano de mestrado.

Ao professor Fernando Vaz-de-Mello (UFMT) pela identificação das espécies. A Ilver Alabat por ter feito gentilmente os mapas de localização.

Ao auxílio de “Quitinho” que foi fundamental durante as árduas coletas no sol escaldante da Caatinga e solo duro para escavação. À Sra. Sheila por ter coletado e armazenado as fezes de porco.

À UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana, ao PPGEcoEvol – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, ao LENT – Laboratório de Entomologia e a todos os professores pela oportunidade de realização deste Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Enfim, agradeço a todos que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho. Muitíssimo obrigado.

“O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé pelo tempo suficiente para que se coloque o outro um pouco mais alto”.

Thomas Huxley
biólogo britânico

RESUMO

As alterações causadas aos ecossistemas por diversas ações humanas têm levado à redução da biodiversidade, alterações nas estruturas de comunidades e consequente perda de diversas funções ecossistêmicas. Neste aspecto, os Scarabaeinae (Scarabaeidae), conhecidos como rola-bostas, são bons bioindicadores. Eles promovem a remoção de massas fecais e podem atuar como dispersores secundários de sementes. O presente estudo teve como objetivo analisar o quanto a transformação de caatingas em pastagens altera a estrutura das comunidades de escarabeíneos e algumas de suas funções ecossistêmicas. Comparamos o serviço de dispersão secundária de sementes entre áreas adjacentes de caatingas e pastagens no município de Andorinha, Bahia, nas estações chuvosa e seca do ano, através de arenas para verificação destes serviços de dispersão de sementes, com fezes suínas contendo mímicadas de sementes de diferentes tamanhos; os dados foram analisados através de GLM's (modelos lineares generalizados). As respectivas comunidades de Scarabaeinae foram amostradas subseqüentemente com pitfalls iscadas com fezes suínas, baço bovino e banana. Foram capturados 581 escarabeíneos, distribuídos em 11 gêneros e 14 espécies. *Deltochilum verruciferum* dominou todos os locais e estações num total de 450 indivíduos (77,4%). A caatinga registrou abundância total três vezes maior de escarabeíneos, além de 13 das 14 espécies amostradas, com efeito significativo do ambiente e da estação das chuvas sobre a abundância e riqueza. A dispersão de sementes não foi significativamente influenciada pelo uso da terra, mas sim pela estação, com percentual maior na chuvosa (35,9%) em relação à seca (2,4%). As sementes de tamanho pequeno foram as mais dispersas e os besouros grandes e enterradores apresentaram maior correlação positiva com as taxas de dispersão. Portanto, a retirada da cobertura vegetal da caatinga, provoca diminuição da abundância e riqueza dos escarabeíneos dispersores de sementes, alterando a estrutura e composição das comunidades, afetando indiretamente a prestação de serviços ecológicos por eles realizados.

Palavras-chave: bioindicadores, dispersão secundária de sementes, rola-bosta, uso da terra.

ABSTRACT

The changes caused to the ecosystems by many human actions have led to the reduction of biodiversity, alterations in the structures of communities and consequent loss of many ecosystem functions. Scarabaeinae (Scarabaeidae), known as dung beetles, are good bioindicators of such changes. They promote the removal of fecal masses and can act as secondary seed dispersers. The present study had as objective to analyze how much the transformation of caatingas in pastures alters the structure of the communities of dung beetles and some of its ecosystem functions. We compared the secondary seed dispersal service between areas of caatingas and adjacent pastures in the municipality of Andorinha, Bahia, in the rainy and dry seasons of the year to verify these seed dispersal services, with swine feces containing seed mimics of different sizes. The data were analyzed through GLM's (generalized linear models). The communities of Scarabaeinae were subsequently sampled with pitfalls baited with swine feces, decaying bovine spleen and banana. A total of 581 dung beetles were captured, distributed in 11 genera and 14 species. *Deltochilum verruciferum* dominated all sites and stations in a total of 450 individuals (77.4%). The caatinga recorded three times more beetles, in addition to 13 of the 14 species sampled, with significant effect of the environment and the rainy season on abundance and richness. Seed dispersal was not significantly influenced by land use, but by season, with a higher percentage in the rainy season (35.9%) than in the dry season (2.4%). The seeds of small size were the most dispersed, and the larger burrower beetles had a higher positive correlation with the dispersion rates. Therefore, the removal of the vegetation cover of the caatinga causes a decrease in the abundance and richness of the seed dispersers, altering the structure and composition of the communities, indirectly affecting the ecological services provided by them.

Keywords: bioindicators, secondary seed dispersion, dung beetles, land use.

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral:

Figura 1. Guildas funcionais de utilização do recurso por coleópteros coprófagos. Paracoprídeos: enterradores; Telecoprídeos: roladores; Endocoprídeos: residentes. Fonte: Bornemissza (1976). 18

Capítulo 1:

Figura 1. Abundância e riqueza de coleópteros escarabeíneos, em função do ambiente, coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018. 35

Figura 2. Abundância e riqueza de coleópteros escarabeíneos por ambiente (CAA – Caatinga; PAST – Pastagem) e estação, coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março (ch - estação chuvosa) e setembro (s – estação seca) de 2018. 36

Figura 3. Dendrogramas resultantes de análise de Cluster, utilizando as métricas de Bray-Curtis (esquerda) e Jaccard (direita) mostrando as similaridades e agrupamentos de escarabeíneos por ambientes e localidades coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018. Ambientes: C=caatinga e P=pastagem. Localidades: BA=Barra, BN=Bananeira, GM=Gameleira, CH=Cachoeira e LO=Lagoa da Onça. 37

Capítulo 2:

Figura 1. Arena para mensuração da dispersão de sementes. 59

Figura 2. Modelos lineares generalizados (GLMs-Anova) relacionando à dispersão de sementes do bolo fecal com o ambiente (esquerda) e estação (direita), no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. 61

Figura 3. Modelos lineares generalizados (GLMs-Anova) relacionando à dispersão de sementes do bolo fecal com as combinações de ambientes e estação, no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. CAA-ch: caatinga na estação chuvosa; CAA-s: caatinga na estação seca; PAST-ch: pastagem na estação chuvosa; PAST-s: pastagem na estação seca. 62

Figura 4. Regressão linear simples entre percentual de dispersão de sementes pela abundância (esquerda) e riqueza (direita) no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. 64

Figura 5. Modelos lineares generalizados (GLM-Ancova) relacionando a dispersão de sementes com a abundância (esquerda) e riqueza (direita) de Scarabaeinae, para os ambientes de caatinga e pastagem, no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018..... 65

Figura 6. Modelos linear generalizado (GLM-Ancova) relacionando a dispersão de sementes com a abundância (esquerda) e riqueza (direita), entre as estações chuvosa e seca, no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. 65

Figura 7. Média da quantidade de sementes dispersas (esquerda) e abundância por grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande. 66

Figura 8. Correlação de Spearman (5% de significância) entre as variáveis (dispersão de sementes pequenas, médias e grandes, e os grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande 69

Figura 9. Carga fatorial do PC1 (acima à esquerda), PC2 (acima, à direita), PC3 (abaixo à esquerda) e do PC4 (abaixo à direita) referente à análise de componentes principais com as variáveis: dispersão de sementes de três tamanhos e grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. PC: componentes principais. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande 70

Figura 10. Análise de componentes principais (PCA), referente as variáveis: dispersão de sementes de três tamanhos e grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Legenda das variáveis igual à da figura 8; PC: componentes principais. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande 71

ANEXO

Figura A1. Localização da área de estudo. Município de Andorinha, Bahia, Brasil... 88

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1:

Tabela 1. Lista de tribos/espécies e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados com armadilhas pitfall iscadas com fezes suínas, baço bovino em putrefação ou banana, no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Ch: chuvosa; S: seco; N: abundância..... 34

Tabela 2. Lista de espécies, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade de coleópteros escarabeíneos por cada uma das cinco localidades amostradas..... 37

Tabela 3. Comparativo de similaridade, entre as cinco localidades amostradas, através do índice Bray-Curtis, referente a dados totais, unindo caatinga e pastagem, de riqueza e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados com armadilhas pitfall no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018 38

Capítulo 2:

Tabela 1. Modelos lineares generalizados (GLMs) para remoção de sementes segundo seu tamanho P, M e G, relacionado ao tipo de ambiente e estação de coleta no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. F: (valor GLM-anova); Dp: desvio padrão; gl: grau de liberdade; glt: grau de liberdade total; p: probabilidade de significância. 63

Tabela 2. Teste de Tukey (a posteriori) para determinação de diferença significativa para dispersão de sementes de cada tamanho por ambiente e por estação. Legenda: P=dispersão de sementes pequenas; M=dispersão de sementes médias; G=dispersão de sementes grandes; -ch=período chuvoso; -s=período seco. Diagonal superior: valores de p; diagonal inferior: valores de t. 63

Tabela 3. Lista de tribos/espécies, peso, guilda, tamanho e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados com armadilhas do tipo pitfall iscadas com fezes suínas, baço bovino em putrefação e banana, no município de Andorinha-Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Ch: chuvosa; S: seco; N: abundância. Guilda - E: endocoprídeo; P: paracoprídeo; T: telecoprídeo. Tamanho - P: pequeno; G: grande. 68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVO.....	21
2.1 Objetivo geral	21
2.1 Objetivos específicos	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 1: Entre o aberto e o seco: Besouros rola-bosta percebem a diferença entre pastagem e caatinga?.....	26
RESUMO.....	27
ABSTRACT	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Área de estudo	31
2.2 Dados bióticos.....	32
2.3 Análise dos dados	32
3. RESULTADOS	33
4. DISCUSSÃO	38
5. CONCLUSÕES	43
AGRADECIMENTOS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
CAPÍTULO 2: Dispersão secundária de sementes por besouros (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) em caatingas e pastagens.	50
RESUMO.....	51
ABSTRACT	52
1. INTRODUÇÃO	53
2. MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1 Área de estudo	56
2.2 Arenas para verificação das funções ecológicas.....	57
2.3 Análise morfométrica e classificação em grupos funcionais	59
2.4 Análise dos dados	60
3. RESULTADOS	61
4. DISCUSSÃO	71
5. CONCLUSÕES	78
AGRADECIMENTOS	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	88

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento das demandas humanas por recursos naturais teve consequências como a destruição de habitats naturais, extinção de diversas espécies e a perda de serviços ecológicos. Nas últimas duas décadas a busca pela compreensão de como a perda de biodiversidade afeta o funcionamento dos ecossistemas teve importante progresso (Cardinale et al. 2012).

Este conhecimento é importante frente às diversas ações humanas que vêm causando mudanças significativas nos ecossistemas, como desmatamento, incêndios, formação de pastagens (Burivalova et al. 2014, Barlow et al. 2016), exploração madeireira, caça, expansão agrícola e assentamento humano (Giam 2017). Podemos destacar como principais a exploração excessiva dos recursos, a introdução de espécies exóticas e a extinção de diversas espécies (Purvis et al. 2012).

A fragmentação e/ou perda dos espaços naturais de forma acelerada pode culminar com a eliminação ou separação de populações de diversas espécies em seu habitat natural e que estavam historicamente interligadas, podendo alterar de forma drástica as interações, como a competição e predação, entre as espécies que ali coexistem (Tschardt et al. 2012), além da interferência dos fatores abióticos, como temperatura e luminosidade, quantidade e repartição de recursos alimentares (Keitt 2009).

A perda de habitats e extinção de espécies provoca a diminuição ou eliminação de diversos serviços ecossistêmicos, o que causa um aumento das pressões sobre a biodiversidade, habitats e seus sistemas (Myers 1996). A diversidade biológica sustenta o funcionamento do ecossistema como um todo e,

claro, a prestação de serviços ecossistêmicos também é essencial para o bem-estar humano (Convenção sobre Diversidade Biológica CBD 2010).

Quando se trata de preocupação e preservação dos biomas brasileiros, uma atenção especial deve ser dada à Caatinga, que sofre um processo intenso de degradação, devido à agricultura e pecuária, com ínfima área protegida em unidades de conservação, havendo a necessidade de produção de mais estudos e posteriores medidas mitigadoras e conservadoras (Silva et al. 2017).

Os esforços de preservação podem ser diminuídos com relação a este bioma por não apresentar uma exuberância verde como a das florestas tropicais úmidas e devido também ao aspecto seco das fisionomias decíduas no período seco e dominadas por cactos e arbustos, que sugere uma baixa diversificação da fauna e flora, reforçando ainda mais o estereótipo de que é muito pobre em biodiversidade (Leal et al. 2003). Porém, estudos demonstram que se trata de um bioma com rica biodiversidade, endemismos, bastante heterogênea e, ainda mais, considerado extremamente frágil, sofrendo perturbações desde o século XVII com a ocupação do sertão para criação de gado nos primeiros núcleos urbanos (Alves 2007).

Os besouros coprófagos da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são importantes agentes de remoção de massas fecais, sendo conhecidos popularmente como “rola-bostas” (Halffter & Matthews 1966). Devido à sua alta fidelidade ambiental são usados como bons bioindicadores (Nichols et al. 2007, Hernández & Vaz-de-Mello 2009). Esses elementos os tornam interessantes para estudos de quantificação de serviços ecológicos prestados, frente à grande dificuldade em como mensurar estes serviços (Braga et al. 2013). Como serviços ecológicos relacionados a estes insetos podemos citar alterações de fertilidade e estrutura do solo (Nichols et al. 2008, Yoshihara & Sato 2015), competição com

moscas detritívoras em ambientes de esterco (Bornemissza 1970), dispersão secundária de sementes (Andresen 2003, Andresen & Levey 2004, Braga et al. 2017), contribuição para o melhoramento de características físico-químicas do solo, com o incremento da permeabilidade, revolvimento, aeração, incorporação da matéria orgânica e retenção de água no solo (Louzada et al. 2010).

Existem 618 espécies registradas para a subfamília Scarabaeinae no Brasil, mas estima-se que possa chegar a mais de 1.200 espécies, pois ainda faltam dados de várias regiões, e os mesmos estão desatualizados. Há 149 registros para a região Nordeste, onde a Bahia é o estado detentor da maior riqueza, com 93 espécies, sendo seis endêmicas (Vaz-de-Mello 2000). Tanto as larvas quanto os adultos dos escarabeíneos são animais detritívoros, utilizando principalmente fezes, carcaças de animais e frutos em decomposição como recurso alimentar e reprodutivo. O deslocamento e posterior enterramento do recurso, às vezes em local distante da fonte, evitam ou diminuem a competição com outros grupos de animais que utilizam a mesmo tipo de alimento, como por exemplo, dípteros, mamíferos e os próprios escarabeíneos (Hanski & Cambefort 1991)

Os escarabeíneos são divididos em cinco tipos básicos de dieta: coprófagos (fezes), saprófagos (frutos e matéria vegetal em decomposição), necrófagos (carcaças animais), micetófagos (fungos em decomposição) e generalistas (copronecrófagos e demais combinações possíveis) (Halffter & Matthews 1966). A alocação de recursos, frequentemente associado à nidificação, ocorre de três maneiras principais: os que rolam uma parte do recurso para longe, hábito que lhes conferiu o nome popular de rola-bostas, classificados como telecoprídeos (roladores); os que separam e enterram parte do recurso em túneis escavados logo abaixo ou ao lado da fonte, classificados como paracoprídeos (enterradores) e os

que se alimentam e nidificam dentro do próprio recurso, classificados como os endocoprídeos (residentes) (Figura 1).

Alguns destes besouros podem auxiliar no processo de dispersão secundária de sementes. A dispersão primária é realizada principalmente por aves e mamíferos, que ingerem os frutos e defecam suas sementes junto com as fezes (Watson 2012), e ao rolarem e/ou enterrarem as fezes de animais frugívoros, os besouros aumentam a chance das sementes germinarem (Andresen & Levey 2004). Portanto, os besouros coprófagos contribuem com um processo fundamental no ciclo reprodutivo de plantas, tendo papel importante na dinâmica populacional de inúmeras espécies vegetais, permitindo a colonização de novos habitats e favorecendo a regeneração e manutenção das florestas (Nathan et al. 2011).

A perturbação do habitat pode afetar diversos serviços ecossistêmicos dos escarabeíneos como a dispersão secundária de sementes, podendo alterar elementos como: abundância, riqueza e biomassa destes coleópteros (Braga et al. 2013), perturbações estas que podem ser amenizadas com a manutenção das formações vegetais nativas, no caso da Caatinga, ao estar presente nas proximidades de áreas degradadas, como por exemplo pastagens, servirá potencialmente de refúgio climático para os escarabeíneos (Medina & Lopes 2014).

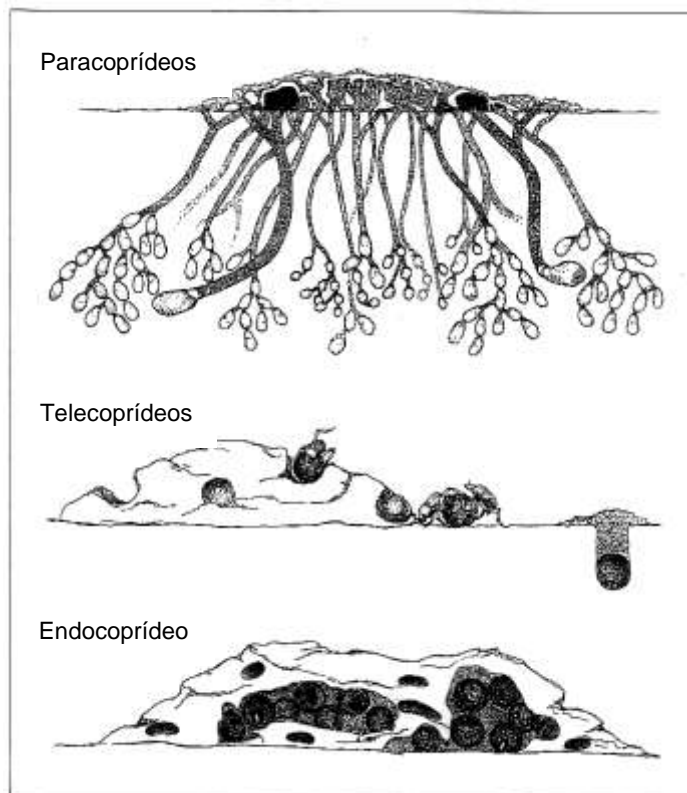


Figura 1. Guildas funcionais de utilização do recurso por coleópteros coprófagos escarabeíneos. Paracoprídeos: enterradores; Telecoprídeos: roladores; Endocoprídeos: residentes. Fonte: Bornemissza (1976).

A maior parte dos estudos sobre coleópteros escarabeíneos têm sido realizados em florestas úmidas ou mesmo em savanas, mas em áreas de florestas secas, como a Caatinga, que é composta por um mosaico fitofisionômico e apresenta peculiaridades meteorológicas, essa biologia e inserção ecológica são menos estudadas (Hernández 2007).

Várias áreas deste bioma sofrem com a retirada da sua cobertura natural para a produção de pastagens, que servem como alimento para ruminantes, principalmente caprinos e ovinos nas pequenas propriedades, devido seu baixo custo de produção (Brâncio et al. 2003). Esta degradação afeta diretamente a riqueza e abundância de escarabeíneos entre os ambientes nativo e alterado, sendo

constatado redução das populações destes besouros no segundo ambiente (Almeida et al. 2011, Beiroz et al. 2018).

Das árvores da Caatinga, as espécies que apresentam frutos que necessitam dos animais para a sua dispersão variam de 26 a 80% (Griz & Machado 2001, Silva et al. 2013), onde são encontrados, por exemplo canídeos e primatas, que se alimentam de frutos e são potenciais dispersores primários de sementes (Moura & McConkey 2007).

Em ambientes tropicais áridos e semiáridos há enorme restrição no que se refere à disponibilidade e sazonalidade de recursos (Valera et al. 2011), sendo este um dos motivos que justificam a presença de uma biodiversidade relativamente baixa. No entanto, estão presentes espécies bastante adaptadas, com alterações e diferenciações bem notáveis nas suas atividades, riqueza e abundância das formas de vida entre o período de seca e o chuvoso (Leal et al. 2003); apresentando hábito alimentar mais generalista e variável em relação a horários e estações do ano com temperaturas mais amenas (Medina & Lopes 2014).

A área de realização deste estudo está localizada na ecorregião Depressão Sertaneja Meridional, que apresenta a paisagem mais típica do semiárido nordestino, com clima predominantemente quente, precipitação média anual de 500 a 800mm e cobertura vegetal de caatinga arbustiva a arbórea (Velloso et al. 2002). Devido às condições adversas desta ecorregião, as espécies de besouros coprófagos presentes estão adaptadas a áreas abertas e secas, muitos apresentando hábitos generalistas e utilizando até recursos incomuns, como por exemplo, fezes já em processo de ressecamento (Hernández 2007). No entanto, os estudos destes besouros em regiões áridas estão direcionados principalmente para estrutura e composição de suas comunidades (Liberal et al. 2011), reforçando a

necessidade da complementação destes estudos com enfoque em sua inserção e prestação de serviços ecológicos.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo verificar como a perturbação antrópica ao ambiente natural, aqui representada pelo desmatamento da Caatinga para formação de pastagens, afeta a composição das comunidades de coleópteros da subfamília Scarabaeinae e consequentemente os seus serviços de dispersão secundária de sementes.

2.1 Objetivos específicos

- a) Determinar como o uso da terra e a sazonalidade alteram os padrões de abundância, riqueza e diversidade das comunidades de coleópteros da subfamília Scarabaeinae.
- b) Relacionar a prestação dos serviços de dispersão secundária de sementes pelos besouros com relação aos atributos de comunidade, ambientes e a sazonalidade.
- c) Comparar a distribuição de besouros Scarabaeinae entre guildas e correlacionar essa distribuição com as diferenças ambientais e a dispersão secundária de sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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* 43:704-710
- Alves JJA. 2007. Geoecologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. *CLIMEP: Climatol. Estud. Paisag.*, Rio Claro **2** (1): 58 -71
- Andresen E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography* 26: 87-97
- Andresen E, Levey DJ. 2004. Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. *Oecologia* 139:45-54
- Barlow J, Lennox GD, Ferreira J, Berenguer E, Lees AC, Nally RM, Thomson JR *et al.* 2016. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature* 535: 144-147
- Beiroz W, Sayer E, Slade EM, Audino LD, Braga RF, Louzada J, Barlow J. 2018. Spatial and temporal shifts in functional and taxonomic diversity of dung beetles in a human-modified tropical forest landscape. *Ecol. Indic.* 95:518-526
- Bornemissza GE. 1970. Insectary studies of the control of dung breeding flies by the activity of the dung beetle *Onthophagus gazella* F. (Coleoptera, Scarabaeidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 9: 31-41
- Bornemissza, GE. 1976. The Australian dung beetle project - 1965-1975. *Australian Meat Research. Committee Review* 30: 1-30
- Braga RF, Korasaki V, Andresen E, Louzada J. 2013. 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(2): e57786
- Braga RF, Carvalho R, Andresen E, Anjos DV, Alves-Silva E, Louzada J. 2017. Quantification of four different post-dispersal seed deposition patterns after dung beetle activity. *J. Trop. Ecol.* 33: 407–410
- Brâncio PA, Euclides VPB, Nascimento Jr D. *et al.* 2003. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do

- resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. *Rev. Bras. Zoot.*, 32 (1): 55-63
- Burivalova Z, Sekercioglu CH, Koh LP. 2014. Thresholds of logging intensity to maintain tropical forest biodiversity. *Curr. Biol.* 24: 1893-1898
- Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A. et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59-67
- CBD - Convention on Biological Diversity. 2010. Strategic. *Plan for Biodiversity 2011-2020*, Aichi Biodiversity Targets: Living in Harmony with Nature. Montreal: Secretariat of the UN. Available: <http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf>
- Giam X. 2017. Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114: 5775-5777
- Griz LMS, Machado ICS. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a Tropical dry Forest in the Northeast of Brazil. *J. Trop. Ecol.* 17: 303-321
- Halffter G, Matthews E. 1966. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomol. Mex.* 12-14: 1-312
- Hanski I, Cambefort Y. 1991. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press
- Hernández MIM. 2007. Besouros escarabeineos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. *Oecol. Bras.* 11: 356-364
- Hernández MIM, Vaz-de-Mello FZ. 2009. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 53: 607-613
- Keitt TH. 2009. Habitat conversion, extinction thresholds, and pollination services in agroecosystems. *Ecol. Appl.* 19: 1561-1573
- Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC. 2003. *Ecologia e conservação da Caatinga: uma introdução ao desafio*. In: Leal I.R., Tabarelli M. & Silva J.M.C. (eds.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. 3. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, pp. XIII-XVI
- Liberal CN, Farias AMI, Meiado MV, Filgueiras BKC, Iannuzzi L. 2011. How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. *J. Insect Sci.* 11: 1-11

- Louzada J, Lima AP, Matavelli R, Zambaldi L, Barlow J. 2010. Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. *Landscape Ecol.* 25: 631-641
- Medina AM, Lopes PP. 2014. Seasonality in the dung beetle community in a Brazilian tropical dry forest: Do small changes make a difference? *J. Ins. Sci.*, 14: 123-123
- Myers N. 1996. Environmental services of biodiversity. *PNAS* 93: 2764-2769
- Moura ACA, McConkey KR. 2007. The capuchin, the howler, and the Caatinga: seed dispersal by monkeys in a Threatened Brazilian forest. *Am. J. Primat.* 69:p.220-226
- Nathan R, Katul GG, Bohrer G, Kuparinen A, Soons MB, Thompson SE, Trakhtenbrot A, Horn HS. 2011. Mechanistic models of seed dispersal by wind. *Theor. Ecol.* 4: 113-132.
- Nichols E, Larsen T, Spector S, Davis AL, Escobar F, Favila M, Vulinec K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and metaanalysis. *Biol. Conserv.* 137: 1-19
- Nichols E, Spector S, Louzada J, Larsen T, Amezcuita S, Favila M. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biol. Conserv.* 141(6): 1461-1474
- Purvis, A, Gittleman JL, Cowlshaw G, Mace G.M. 2012. Predicting extinction risk in declining species. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 267: 1947-52
- Silva, ACC, Prata APN, Mello AA, Santos ACAS. 2013. Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma Unidade de Conservação na Caatinga, SE, Brasil. *Hoehnea* 40(4): 601-609
- Silva, JMC, Leal IR, Tabarelli M. 2017. *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. 1. ed. New York: Springer. 1.479p
- Tscharntke T, Tylianakis JM, Rand TA, Didham RK, Fahrig L, Batary P. et al. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biol. Rev.*, 87: 661-685
- Valera F, Díaz-Paniagua C, Garrido-García JA, Manrique J, Pleguezuelos JM, Suárez F. 2011. History and adaptation stories of the vertebrate fauna of southern Spain's semi-arid habitats. *J. Arid Environ.* 75: 1342-1351

- Vaz-de-Mello FZ. 2000. Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil, p. 183-195. In: Martin Piera, F.; Morrone, JJ.; Melic, A. (eds.). Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000. Zaragoza, Soc. Entomol. Aragonesa, 326 p
- Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC. 2002. *Ecorregiões: Propostas para o bioma Caatinga*. Recife: Flamar, 76p
- Watson DM. 2012. The relative contribution of specialists and generalists to mistletoe dispersal: insights from a neotropical rain forest. *Biotropica* 45: 195-202.
- Yoshihara Y, Sato S. 2015. The relationship between dung beetle species richness and ecosystem functioning. *Appl. Soil Ecol.* 88: 21-25.

**CAPÍTULO 1: ENTRE O ABERTO E O SECO: BESOUROS ROLA-BOSTA
PERCEBEM A DIFERENÇA ENTRE PASTAGEM E CAATINGA?.**

Formatado segundo as regras do periódico

Journal of Arid Environments

(Regras no Anexo)

Entre o aberto e o seco: Besouros rola-bosta percebem a diferença entre pastagem e caatinga?

Rodrigo Ferreira da Silva¹, Maiara Beatriz Lima¹, Priscila Paixão Lopes^{1,2}

¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Estadual de Feira de Santana

² Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Entomologia, Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil. pplopes.uefs@gmail.com

RESUMO

Os coleópteros da subfamília Scarabaeinae apresentam alta fidelidade ambiental e por isso são usados como bons bioindicadores, pois a perturbação do habitat afeta elementos como abundância, riqueza e biomassa. Sendo o efeito da simplificação ambiental bastante conhecido para formações florestais úmidas, o presente trabalho teve como objetivo analisar o quanto a transformação das caatingas, importante formação semiárida exclusiva do Brasil, em pastagens modifica os atributos de comunidade dos escarabeíneos, e se o curto período de chuvas apresenta efeito sobre os atributos das comunidades de Scarabaeinae dos dois ambientes. Amostramos cinco áreas na região norte do estado da Bahia, cada área com formações de caatinga e de pastagem adjacentes. Em cada local dispusemos cinco pontos amostrais, compostos por três pitfalls iscados com fezes suínas, baço bovino em putrefação ou banana, que permaneceram no campo por 24 horas. Foram capturados 581 escarabeíneos, distribuídos em 11 gêneros e 14 espécies, sendo *Deltochilum verruciferum* responsável por 77,4% de toda amostragem. A caatinga apresentou abundância três vezes maior em relação à pastagem, registrando 13 das 14 espécies amostradas, enquanto a pastagem teve 8 espécies. Na estação chuvosa a abundância e riqueza foram significativamente maiores em ambos os ambientes. A baixa similaridade entre os ambientes mostrou haver uma fauna restrita às condições específicas da caatinga, o que pode ser devido tanto à sua maior complexidade da vegetação quanto às condições mais secas. Portanto, a comunidade de Scarabaeinae de caatinga em composição e estrutura reconhece as diferenças entre os ambientes, com exceção das espécies mais generalistas.

Palavras-chave: Scarabaeinae, bioindicadores, estrutura da vegetação, simplificação de habitat, aridez.

ABSTRACT

Dung beetles (Scarabaeinae) have high environmental fidelity and are therefore used as good bioindicators, since disturbance of habitat affects elements such as abundance, richness and biomass. As the effect of environmental simplification is well registered for humid forest formations, the present work aimed to analyze how the transformation of caatingas (an important semiarid formation restricted to Brazil) into pastures modifies the community attributes of the beetles, and if the short period of rains has an effect on the attributes of the Scarabaeinae communities of the two environments. We sampled five areas in the northern region of the state of Bahia, each area with adjacent caatinga and grassland formations. In each site we had five sample points, composed of three pitfalls baited with swine feces, decaying bovine spleen or banana, that remained in the field for 24 hours. Fourteen species (11 genera) were collected (581 individuals), with *Deltochilum verruciferum* accounting for 77.4% of all sampling. The caatinga presented abundance three times greater in relation to the pasture, registering 13 of the 14 species sampled, while the pasture had 8 species. In the rainy season the abundance and richness were significantly higher in both environments. The low similarity between the environments showed a fauna restricted to the specific conditions of the caatinga, which may be due to both its greater complexity of the vegetation and drier conditions. Therefore, the Scarabaeinae community of caatinga in composition and structure recognizes the differences between environments, with the exception of the more generalistic species.

Keywords: Scarabaeinae, bioindicators, vegetation structure, habitat simplification, aridity

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga é a vegetação semiárida predominante e exclusiva do nordeste brasileiro e cobre cerca de 850.000 km², o que corresponde a 11% do território brasileiro (Hauff, 2010). Variações de topografia, solos e padrão climático (Prado, 2003), juntamente com sua longa história evolutiva (Roig-Juñent et al., 2006) podem ser os responsáveis pelo mosaico de tipos de fisionomia encontrado na caatinga. De forma geral, o clima é classificado como semiárido, com pluviosidade máxima de 1000 mm anuais nas áreas mais úmidas, mas com média próxima dos 500 mm anuais, e alta sazonalidade, sendo a chuva concentrada nos 3 meses do verão e demais meses muito secos. Apesar da aridez, apresenta grande biodiversidade e, devido à diferença ambiental em relação aos biomas adjacentes (savanas, matas pluviais atlântica e amazônica), bom nível de endemismo de vários táxons (Leal et al., 2003). Sua biodiversidade significativa contrasta com altos níveis de degradação, colocando-a entre os ecossistemas mais ameaçados do planeta, dadas as altas taxas de conversão de sua vegetação em pastagens e para agricultura (Menezes et al., 2012). Apesar dessas ameaças; apresenta apenas 7,4% do seu território protegido em Unidades de Conservação (Silva et al., 2017).

A retirada da cobertura vegetal para formação de pastagens altera drasticamente as condições ambientais como temperatura, umidade, luminosidade e diversidade vegetal, afetando a fauna ali existente. Pelo menos esse é o padrão registrado quando há redução da complexidade da estrutura arbórea de florestas pluviais (Shahabuddin et al., 2014). As várias ecorregiões da Caatinga apresentam de forma mais constante estrutura mais aberta que as formações úmidas. A estrutura vegetal é geralmente arbustiva espinhosa até árvores baixas e esparsas (Velloso et al., 2002). O aspecto climático que caracteriza as caatingas, com baixa umidade e temperatura mais elevada, igualmente é mais semelhante às pastagens, mas a alta sazonalidade de chuvas as distinguem, sendo que os eventos recorrentes de seca prolongada, quando a média de pluviosidade se mantém mais baixa que a média por vários anos (Ab'Saber, 1977), impactam flora e fauna, e nesses períodos as pastagens perdem a fauna de herbívoros de maior porte que sustenta a comunidade de besouros detritívoros durante os meses com maior produtividade.

As características microclimáticas, que têm relação estreita com a cobertura vegetal, também afetam a distribuição dos rola-bostas e existe um grau elevado de associação a habitats específicos, o que é chamado de fidelidade ambiental. Os besouros “rola-bostas”, são consagrados como bons bioindicadores graças a sua alta fidelidade ambiental, e há espécies de besouros rola bosta típicos desse bioma (Hernández, 2007; Campos, 2012). Como é um grupo bastante associado a diversidade de outros organismos, especialmente de mamíferos (principais produtores de fezes, seu principal recurso alimentar), tradicionalmente têm resposta que acompanha sua abundância e diversidade. Essa associação pode se dar em função tanto dos vertebrados que se limitam a esses ambientes, quanto pelas adaptações desenvolvidas ao longo da evolução das espécies que se restringiram a esse bioma. Os animais que se apresentam fortemente restritos a ambientes ou condições específicas, como espécies características de ambientes abertos ou espécies que nunca se afastam das formações florestais, são considerados como insetos bastante vulneráveis à fragmentação de seus ambientes (Hernández e Vaz-de-Mello, 2009).

O desmatamento das florestas, além da mudança da estrutura da vegetação, tem provocado uma diminuição significativa na riqueza e abundância de espécies de diversos grupos, alterações na dinâmica de comunidades devido à introdução de espécies exóticas (Macic et al., 2018). A entrada de besouros típicos de pastagens nas caatingas, ou mesmo a saída de organismos da caatinga para áreas de pastagens poderiam demonstrar, por um lado, uma menor especificidade da escarabeidofauna, e por outro, a interferência nos processos ecológicos dessas duas formações. Mas os impactos destas perturbações podem ser amenizados com a manutenção das formações nativas, que ao estar presente nas proximidades de áreas degradadas, como as pastagens, serviriam de refúgio climático para os escarabeíneos (Medina e Lopes, 2014).

Este trabalho teve como objetivo responder as seguintes perguntas: (1) como áreas com diferentes estruturas de vegetação em uma região semiárida afetam a composição das comunidades de coleópteros escarabeíneos? (2) há diferenças em composição, riqueza e abundância dos Scarabaeinae comprando-se períodos de maior e menor pluviosidade? Considerando essas perguntas, partimos das seguintes hipóteses: (i) a fitofisionomia de maior complexidade estrutural, a

Caatinga, detém a maior abundância e riqueza de espécies, variando a composição em cada área, mas mantendo maiores níveis de similaridade entre áreas com mesma cobertura vegetal, independentemente de relações de proximidade; (ii) a riqueza e abundância das comunidades de Scarabaeinae serão significativamente maiores na estação de maior pluviosidade que na estação de menor pluviosidade, nos dois ambientes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido nos meses de máxima pluviosidade (março; pluviosidade média de 95 mm) e seca (setembro; pluviosidade média de 13 mm) (Climate-data.org, 2018), no município de Andorinha, região centro norte do estado da Bahia. A média anual de pluviosidade é de 623 mm. A temperatura média anual é de 23,7°C, com máximas de 28,3°C e mínimas de 19°C. O clima é tropical com estação seca (classificação de Köppen-Geiger: Aw). A vegetação de caatinga é xerófitas, tem alto nível de suculência e espinescência, e é decídua, ou seja, a maioria das plantas perde suas folhas no período de seca e as recupera no período chuvoso, sendo a fisionomia predominante na área amostrada do tipo arbórea arbustiva, com altura máxima aproximada de 5m, com grande quantidade de bromélias e cactáceas. A vegetação de pastagem é de plantios mistos de *Brachiaria* sp. e gramíneas nativas, mas com manutenção de algumas plantas arbóreas nativas como sombra para o gado.

As manchas de caatingas e pastagens analisadas são utilizadas igualmente para a criação de rebanho caprino e ovino, mais adequado ao clima seco. As áreas são fazendas que concentram manchas preservadas de caatinga no sistema de “fundo de pasto”, em que estas podem ser utilizadas como alternativa de área de pastejo por vários proprietários no caso de seca muito acentuada (Marques, 2016). As fazendas foram escolhidas de forma a estabelecermos pares de formações (caatinga/pastagem) próximas ou adjacentes, para diminuir efeitos de distância. As cinco áreas escolhidas foram: Fazenda Barra (BA: 10°13'47,9"S 39°50'55,9"W);

Fazenda Bananeira (BN: 10°19'18.1"S 39°50'53,4"W); Fazenda Gameleira (GM: 10°19'54,3"S 39°49'48,1"W); Fazenda Cachoeira (CH: 10°21'09,8"S 39°48'38,6"W) e Fazenda Lagoa da Onça (LO: 10°24'33,1"S 39°46'40,4"W) (ANEXO, Figura A1).

2.2 Dados bióticos

Em cada uma das cinco fazendas, tanto nos ambientes de caatinga quanto nas pastagens adjacentes, dispusemos cinco pontos amostrais, com distâncias mínimas de 50 metros entre pontos e na mesma distância da borda das caatingas, dispondo em cada ponto três armadilhas do tipo pitfall, iscadas com fezes suínas, baço bovino em putrefação ou banana, tendo uma solução de 0,5% de água com detergente e sal no balde para provocar a morte dos insetos e conservá-los. Os pitfalls com diferentes iscas foram dispostos em triângulo, distanciados a 2 metros de distância um do outro para captura de besouros com diferentes preferências de recursos. Cada armadilha foi coberta com um prato plástico mantido a 15 cm do solo para proteger a isca de chuva e sol direto. Após 24 horas os besouros foram recolhidos, conservados em álcool 70% e levados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (LENT/UEFS) para triagem, montagem, identificação e posterior tombamento no MZFS - Museu de Zoologia de Feira de Santana-BA. A amostragem foi repetida no período de máxima pluviosidade (março) e máxima seca (setembro), que foram consistentes com o padrão climático dos últimos 10 anos.

2.3 Análise dos dados

Para verificar os efeitos da cobertura vegetal (caatinga e pastagem) e pluviosidade (chuvosa e seca) sobre a abundância e riqueza dos coleópteros utilizamos modelos lineares generalizados (GLMs), com aplicação de erros quasi-poisson para correção de sobredispersão. As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team, 2013) com nível de significância de 5%,

seguidas de análises de resíduos para verificar a adequação dos modelos e das distribuições de erros utilizadas (Crawley, 2002).

Os índices de riqueza de cada um dos dois ambientes, bem como das cinco localidades amostradas, foram calculados utilizando o Índice de Shannon-Weaver (H'). A estimativa de riqueza foi calculada pelos índices de Chao2 e Jackknife1, baseado na incidência de espécies (ou presença/ausência; ou o número de singletons/doubletons), além da utilização do índice J de equitabilidade para definir a uniformidade, ou homogeneidade, da distribuição de abundância de espécies entre as áreas.

Para demonstrar o padrão de similaridade dos escarabeíneos tanto entre os ambientes quanto entre as localidades, utilizamos o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS: nonmetric multidimensional scaling), com índices de Bray-Curtis (quantitativo) e Jaccard (qualitativo). Após o NMDS realizamos o ANOSIM para determinar a adequação de formação de grupos. Construímos a curva do coletor ou curva de acumulação de espécies para indicar se a amostragem realizada foi suficiente para atingir o número de espécies total da comunidade.

3. RESULTADOS

Composição da comunidade

Foram coletados 581 espécimes de escarabeíneos, distribuídos em 11 gêneros e 14 espécies. Constatou-se uma dominância bastante expressiva da espécie *Deltochilum verruciferum*, com 450 indivíduos (77,4% de toda a amostragem), seguido por *Ateuchus semicribratus* (27 indivíduos, 4,6%), *Digitonthophagus gazella* (25 indivíduos, 4,3%) e *Dichotomius (L.) nisus* (21 indivíduos, 3,6%). Dentre as espécies, 50% foram consideradas raras (com menos de 10 indivíduos), entre elas um singleton (*Anomiopus* sp.) e dois doubleton (*Dichotomius puncticollis* e *Onthophagus ptox*) (Tabela 1). Apenas as espécies *D. verruciferum* e *A. semicribratus* estiveram presentes em ambos os ambientes e períodos de coleta. Seis espécies foram exclusivas da caatinga (*Genieridium margareteae*, *Canthon (C.)* sp.1, *Canthon (C.)* sp.2, *Dichotomius puncticollis*,

Ontherus digitatus e *Onthophagus ptox*), enquanto que a única espécie somente encontrada na pastagem foi *Anomiopus* sp., representada por apenas um indivíduo, mas não é um gênero normalmente coletado em pitfalls.

Tabela 1. Lista de tribos/espécies e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados com armadilhas pitfall iscadas com fezes suínas, baço bovino em putrefação ou banana, no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018. Ch: chuva; S: seca; N: abundância.

Espécie	Caatinga			Pastagem			N Tot	%
	Ch	Seca	Tot	Ch	Seca	Tot		
<i>Anomiopus</i> sp.	0	0	0	1	0	1	1	0,17
<i>Ateuchus semicribratus</i>	20	3	23	3	1	4	27	4,65
<i>Genieridium margareteae</i>	8	0	8	0	0	0	8	1,38
<i>Trichillum externepunctatum</i>	10	0	10	1	0	1	11	1,89
<i>Canthon (Canthon) sp.1</i>	10	0	10	0	0	0	10	1,72
<i>Canthon (Canthon) sp.2</i>	5	0	5	0	0	0	5	0,86
<i>Deltochilum verruciferum</i>	235	115	350	75	25	100	450	77,5
<i>Malagoniella astyanax</i>	1	3	4	1	0	1	5	0,86
<i>Dichotomius puncticollis</i>	2	0	2	0	0	0	2	0,34
<i>Dichotomius nisus</i>	13	0	13	7	1	8	21	3,61
<i>Dichotomius (L.) sp.</i>	3	0	3	1	0	1	4	0,69
<i>Ontherus digitatus</i>	8	2	10	0	0	0	10	1,72
<i>Digitonthophagus gazella</i>	5	0	5	18	2	20	25	4,3
<i>Onthophagus ptox</i>	2	0	2	0	0	0	2	0,34
Abundância	322	123	445	107	29	136	581	
Riqueza	13	4	13	8	4	8	14	
Diversidade (H')	1,18	0,31	0,99	1,00	0,54	0,92	0,45	

Na comparação entre o número de espécies observadas e a riqueza estimada, a curva de rarefação de espécies apresentou uma assíntota na curva para a Caatinga, aproximando-se do que foi observado com relação aos índices estimadores ($Chao2=15,3\pm 1,629$ e $Jackknife1=17,5\pm 2,5$), indicando que a amostragem foi significativa e abrangente. Não houve estabilização da curva para os dados da pastagem, que pode estar relacionada à presença de quatro singletons, sugerindo uma comunidade ainda não amostrada na sua totalidade.

Os dados totais da amostragem não mostraram diferenças significativas entre a diversidade da caatinga e da pastagem, apesar de a caatinga ter praticamente o dobro do número de espécies em relação à pastagem e abundância três vezes maior (Figura 1). Porém, levando-se em consideração apenas a estação chuvosa,

período mais abundante e rico, a Caatinga apresentou então riqueza e abundância significativamente maior que a pastagem.

Efeitos da cobertura vegetal e sazonalidade

Tanto a abundância ($F=14,59$; $p<0,001$) quanto a riqueza ($F=19,67$; $p<0,001$) variaram de acordo com a heterogeneidade do ambiente confirmando a hipótese de que haveriam maiores valores na Caatinga do que na pastagem (Figura 1), apresentado a Caatinga um número três vezes maior de indivíduos coletados, além de registrar 13 das 14 espécies verificadas, enquanto na pastagem obtivemos apenas 8 espécies.

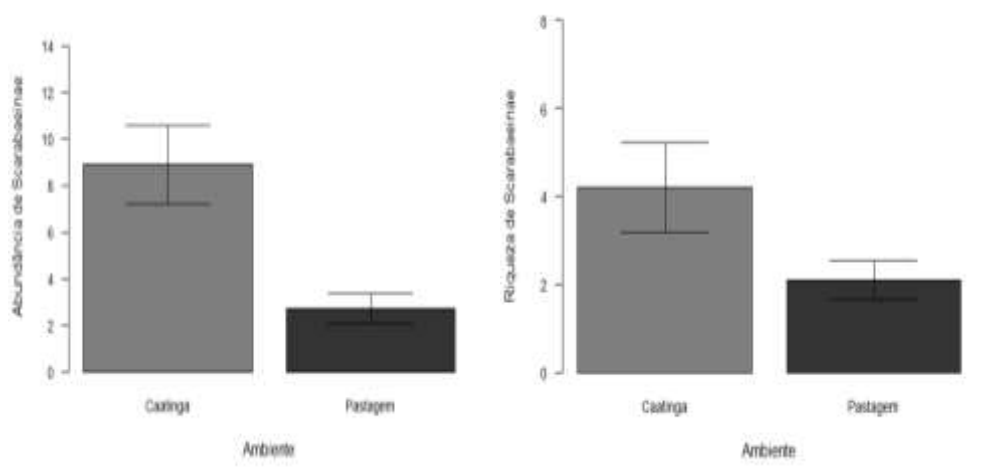


Figura 1. Abundância e riqueza de coleópteros escarabeíneos, em função do ambiente, coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018.

Com relação ao efeito da estação, ocorreu também o esperado, com resultados similares à abundância e riqueza. Na estação chuvosa houve maior abundância e riqueza do que a estação seca ($F_{abundância}=11,01$, $p<0,001$; $F_{riqueza}=28,33$, $p<0,001$), a estação chuvosa registrou ainda 2,8 vezes mais besouros coletados e com representatividade das 14 espécies amostradas, enquanto na estação seca só foram observadas 6 espécies.

Os GLM da análise do efeito da estação sobre a abundância e riqueza nos dois ambientes, foram similares na formação de grupos, para as duas variáveis

($F_{\text{abundância}}=11,19$, $p<0,001$; $F_{\text{riqueza}}=22,42$, $p<0,001$). Os grupos de combinações ambiente/estação formados foram: CAA-ch (Caatinga na estação chuvosa), se destacando como a mais rica e abundante, CAA-s (Caatinga na estação seca) e PAST-ch (Pastagem na estação chuvosa), iguais em termos estatísticos e intermediários para as duas variáveis e PAST-s (Pastagem na estação seca), o ambiente com os menores valores de abundância e riqueza na estação seca (Figura 2).

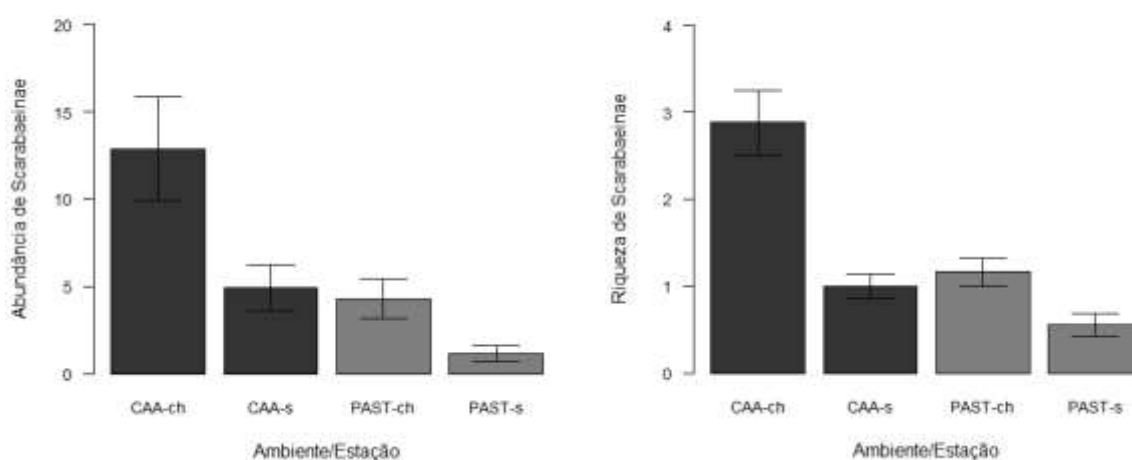


Figura 2. Abundância e riqueza de coleópteros escarabeíneos por ambiente (CAA – Caatinga; PAST – Pastagem) e estação, coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março (ch - estação chuvosa) e setembro (s – estação seca) de 2018.

A similaridade dos dois ambientes foi significativamente diferente ($R=0,1404$; $p=0,0019$), ou seja, caatinga e pastagem diferiram em composição. Houve uma segregação das duas fisionomias, demonstrando que as caatingas são mais similares entre si do que as pastagens.

Similaridade entre as localidades amostradas e efeito da distância

A análise de cluster confirmou a hipótese de que haveria mais semelhança entre as áreas de caatinga do que entre áreas adjacentes de caatinga e pastagem (Figura 3), demonstrando que não há efeito de distância entre as áreas amostradas

e apenas espécies com tolerância a condições tanto abertas quanto secas circulam entre as formações.

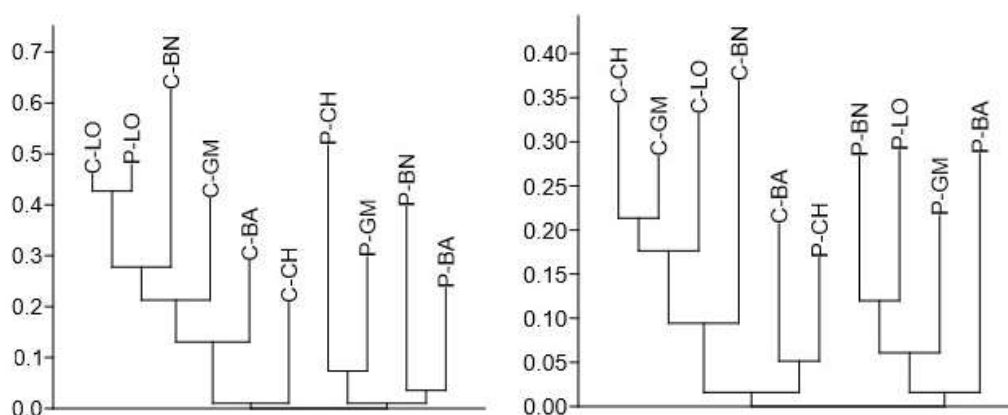


Figura 3. Dendrogramas resultantes de análise de Cluster, utilizando as métricas de Bray-Curtis (esquerda) e Jaccard (direita) mostrando as similaridades e agrupamentos de escarabeíneos por ambientes e localidades coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018. Ambientes: C=caatinga e P=pastagem. Localidades: BA=Barra, BN=Bananeira, GM=Gameleira, CH=Cachoeira e LO=Lagoa da Onça.

Dentre as cinco localidades amostradas, Bananeira apresentou a maior abundância com 273 indivíduos ($S=11$) e a menor abundância foi verificada em Cachoeira, com apenas 31 indivíduos ($S=10$) e com maior diversidade devido o baixo índice de dominância (Tabela 2).

Tabela 2. Lista de espécies, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade de coleópteros escarabeíneos por cada uma das cinco localidades amostradas.

Espécies	Barra	Bananeira	Gameleira	Cachoeira	Lagoa da Onça
<i>Anomiopus</i> sp.	0	0	1	0	0
<i>Ateuchus semicribratus</i>	4	5	16	2	0
<i>Canthon (Canthon)</i> sp.1	0	3	1	2	4
<i>Canthon (Canthon)</i> sp.2	0	0	4	1	0
<i>Deltochilum verruciferum</i>	36	213	45	13	143
<i>Dichotomius nisus</i>	3	1	6	6	5
<i>Dichotomius (L.)</i> sp.	1	3	0	0	0
<i>Dichotomius puncticollis</i>	0	1	0	1	0
<i>Digitonthophagus gazella</i>	0	24	1	0	0
<i>Genieridium margareteae</i>	0	8	0	0	0
<i>Malagoniella astyanax</i>	3	1	0	1	0
<i>Ontherus digitatus</i>	0	6	2	1	1
<i>Onthophagus ptox</i>	1	0	0	1	0
<i>Trichillum externepunctatum</i>	0	8	0	3	0
Abundância	48	273	76	31	153

Riqueza	6	11	8	10	4
Diversidade (H')	0,93	0,93	1,26	1,81	0,30
Equitabilidade (J)	0,51	0,38	0,60	0,78	0,21

Os valores totais de equitabilidade (J) para cada localidade foram diretamente influenciados pela dominância de *D. verruciferum*, presente em todas as áreas em abundância variável, sendo a composição significativamente diferente entre as áreas, com exceção de Barra e Gameleira, e Bananeira e Lagoa da Onça, iguais ao nível de 5% (Tabela 3).

Tabela 3. Comparativo de similaridade, entre as cinco localidades amostradas, através do índice Bray-Curtis, referente a dados totais, unindo caatinga e pastagem, de riqueza e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados no município de Andorinha (Bahia), nos meses de março e setembro de 2018.

	Barra	Bananeira	Gameleira	Cachoeira	Lagoa da Onça
Barra		p=0,0083	p=0,2521	p=0,0206	p=0,0078
Bananeira	R=0,964		p=0,0091	p=0,0077	p=0,0896
Gameleira	R=0,066	R=0,688		p=0,0136	p=0,023
Cachoeira	R=0,544	R=1	R=0,49		p=0,0097
Lagoa da Onça	R=0,704	R=0,29	R=0,492	R=1	

4. DISCUSSÃO

As condições ambientais nas áreas de caatinga são consideradas as mais secas dentre os biomas brasileiros e as amostragens de escarabeidofauna nessa formação permitem afirmar que há espécies que são típicas dessa formação (Campos, 2012), não ocorrendo, ou ocorrendo raramente e em baixa abundância em outras formações. Como se trata de um bioma semiárido, com vegetação mais aberta e seca, há certa similaridade com condições abióticas comuns às pastagens. No entanto, se verificou que as diferenças são suficientes para determinar comunidades distintas.

Como esperado, a diversidade é menor que em formações úmidas, mas ainda assim, relevante. A riqueza de espécies coletadas nas áreas de caatinga (13) foi igual à encontrada em uma Caatinga do estado de Pernambuco (Liberal et al.,

2011), um pouco inferior às 16 espécies coletadas em uma caatinga no estado da Bahia (Medina e Lopes, 2014), e próximo à média de riqueza (local) em diversas áreas da Depressão Sertaneja Meridional (Campos, 2012: $11 \pm 5,83$ spp.), ecorregião da Caatinga em que a região amostrada se insere (Velloso et al., 2002). As várias ecorregiões propostas para a caatinga são diferenciadas a partir de tipo de solo, regime hídrico e, conseqüentemente, estrutura vegetal. A Depressão Sertaneja Meridional, a maior das ecorregiões, é a menos seca, chegando a máximas de 1000 mm/ano,

Essa riqueza não ficou muito distante dos resultados de Florestas Tropicais Secas (FTS) do México (Andresen, 2005, 2008 – 15 e 16 espécies) e da Colômbia (Medina et al., 2018, 13 espécies), mas foi inferior a uma FTS brasileira (Neves et al., 2010 - 38 spp.). A FTS é uma formação com semiaridez similar à caatinga, com médias pluviométricas em torno de 700 mm/ano, mas com distribuição de chuvas menos discrepante ao longo do ano. Este padrão ocorre nas formações mais secas e abertas devido a vários fatores abióticos, bióticos e relacionados a elementos da paisagem, como área, níveis de fragmentação e isolamento, além da natureza da matriz ambiental que as circunda. No caso das caatingas, temos a somatória da pluviosidade baixa mas altamente concentrada, somada a temperaturas elevadas e solos rasos que limitam temporalmente o crescimento vegetal (Leal et al., 2005), limitam a densidade e dimensão dos vertebrados (Freitas et al., 2005) e aspectos antrópicos, como a retirada da vegetação para lenha e conversão em outras formações, como pastagens e plantios, e outros usos intensivos da terra (IBGE, 1993), agravados por uma formação com baixo nível de preservação (Leal et al., 2005). No caso dos Scarabaeinae, essa menor riqueza ocorre devido à intrínseca relação dessa subfamília com as fezes de mamíferos, sua principal fonte de recurso (carcaças e fezes) (Halffter e Matthews, 1966).

A modificação da estrutura de uma vegetação determina mudanças significativas em seus aspectos microclimáticos e de composição vegetal, tendo efeitos diretos sobre a fauna (Burivalova et al., 2014; Barlow et al., 2016). Apesar dos Scarabaeinae não serem diretamente relacionados à composição vegetal por não serem animais herbívoros, sofrem igualmente os impactos dessa modificação, já que os vertebrados que lhes servem de principal fonte de recursos alimentares e reprodutivos dependem dessa vegetação (Nichols et al., 2007). As espécies

comumente registradas em caatinga (carnívoros de pequeno e médio porte, roedores, cervídeos) apresentam fezes que diferem significativamente das fezes disponibilizadas por bovídeos.

Quanto maior a diferença de estrutura e composição das formações comparadas, tanto maior o efeito sobre os Scarabaeinae (Silva et al., 2017; Gimenez-Gómez et al., 2018). Na transformação em ambiente de pastagem a estrutura tridimensional da vegetação é simplificada ao máximo, bem como sua diversidade vegetal, oferecendo poucos recursos alimentares e refúgios microclimáticos para vertebrados que vivem em vegetações cujo estrato arbóreo é predominante. No presente estudo, a principal hipótese é de que as composições específicas dos Scarabaeinae sejam significativamente diferentes ao se comparar as áreas de caatinga e pastagem amostradas, com maior riqueza e abundância nas caatingas. Essa hipótese foi confirmada, sendo as caatingas agrupadas como as áreas mais ricas e abundantes, bem como similares em composição, apesar de haver disparidades numéricas em termos dos níveis de dominância em cada área.

Das 13 espécies registradas na caatinga, sete foram registradas também na pastagem. Dentre estas, as espécies *Deltochilum verruciferum* e *Ateuchus semicribratus* alcançaram as maiores abundâncias tanto neste quanto no ambiente de pastagem. A grande dominância de *D. verruciferum* demonstra que consegue sair da Caatinga e explorar recursos diferentes dos usualmente disponibilizados em seu ambiente original, sendo esta espécie a mais frequente e abundante nos estudos em caatingas (Liberal et al., 2011; Campos, 2012; Medina e Lopes, 2014) e considerada endêmica deste bioma (Hernández, 2007; Lopes et al., 2006). A maior dominância de poucas espécies é muito comum em florestas neotropicais, com muitas espécies raras (Halffter et al., 1992; Nichols et al., 2007), e o padrão se registra também em formações secas como a caatinga ou abertas como em pastagem. Algumas espécies acabam dominando provavelmente por terem capacidade de tolerar mais as mudanças ambientais, tendo assim maior sucesso na manutenção de populações maiores.

Em termos da composição, houve uma baixa similaridade entre os dois ambientes. Este padrão de distribuição pode ocorrer devido aos distintos graus de complexidade estrutural proporcionada por cada fitofisionomia à comunidade de

escarabeíneos que abriga (Almeida e Louzada, 2009), sendo que as pastagens, assim como as monoculturas, são muito mais homogêneas e com baixa complexidade ambiental (Niero e Hernández, 2017). O agrupamento entre as áreas de caatinga e entre as áreas de pastagem confirmou a hipótese de que a vegetação de caatinga determina condições e conseqüentemente, faunas diferentes da vegetação de pastagem, sem influência da proximidade entre áreas próximas com estrutura de vegetação diferente. A única exceção foi a aproximação das áreas de caatinga e pastagem da fazenda mais ao sul da região (Lagoa da Onça), e igualmente mais afastada das demais áreas

A retirada da vegetação nativa de Caatinga para a formação de pastagens, apesar de constituir uma modificação ambiental talvez menos acentuada no aspecto climático que a alteração de florestas pluviais, também resulta em mudança da estrutura das comunidades de besouros. Embora a Caatinga seja um ambiente mais aberto em comparação a outras formações vegetais (Barragan et al., 2011), as pastagens apresentam um ambiente muito mais hostil, com aumento da insolação que causa maior compactação do solo (Laurance et al., 2011) e menor tempo de utilização do recurso alimentar que seca bem mais rápido (Klein, 1989), fatores estes que restringem a sua utilização como habitat, obtenção de recurso e nidificação. No entanto, é importante salientar que ambientes secos e semiáridos, como Cerrado e Caatinga, são os principais fornecedores de espécies para as pastagens da América do Sul (Silva et al., 2014), ou seja, espécies de Caatinga já foram listadas como componentes de fauna de pastagens sendo estes ambientes dominados por espécies mais tolerantes.

O baixo número de espécies na pastagem já era esperado (Halffter et al., 1992; Escobar et al., 2007; Horgan, 2008), pois a sobrevivência de espécies associadas à heterogeneidade horizontal e vertical da paisagem é impossibilitada (Halffter e Arellano, 2002). Comparações entre as riquezas de Florestas Tropicais Secas com pastagens registraram a mesma redução nas pastagens em El Salvador (Horgan, 2008: $S_{FTS}=24$, $S_P=12$) e no México (Arellano et al., 2013: $S_F=28$, $S_P=8$). Este é o primeiro trabalho que registra o padrão de redução de riqueza de escarabeíneos em caatinga e pastagens adjacentes. Os estudos em FTS e em Caatinga são congruentes em demonstrar que a retirada da cobertura vegetal nativa perturba e modifica as comunidades destes coleópteros, alterações estas que

restringem a instalação e permanência de diversas espécies que não são tolerantes às novas condições, reforçando ainda mais a importância da preservação e manutenção da Caatinga para existência, não só dos besouros escarabeíneos, como de diversas outras formas de vida.

Em biomas tropicais com baixas flutuações de temperatura, como é o caso da Caatinga, a precipitação torna-se um fator de maior influência (Hanski e Cambefort, 1991), sendo as assembleias de insetos fortemente influenciadas pelas chuvas e umidade do substrato (Vasconcellos et al., 2010). Com frequência é verificada esta grande variação sazonal com maior abundância e riqueza nas épocas com maiores índices de precipitação (Andresen, 2008; Neves et al., 2010; Hernández, 2007). O aumento da disponibilidade hídrica e umidade poderá favorecer a reprodução, obtendo-se assim êxito na manutenção de suas populações, devido ao aumento da disponibilidade de recursos, bem como facilitando a disponibilidade por mais tempo dos recursos, que ressecarão mais lentamente, e deixando o solo mais adequado para a escavação de túneis para enterramento de bolas para o processo reprodutivo.

Esse efeito foi verificado em nosso estudo: a abundância no período das chuvas foi quase 3 vezes maior que na seca e das quatorzes espécies amostradas no período chuvoso, apenas seis foram registradas na seca, quantidade similar a coletada por Hernández (2005) na estação seca (8 spp.). Como há um decréscimo das populações na estação mais seca devido à menor disponibilidade de recursos alimentares e reprodutivos, diminui-se também a probabilidade de captura nas armadilhas de queda, pois durante este período algumas espécies chegam a cessar suas atividades biológicas, como a reprodução, e procuram refúgios, que podem ser recortes de vegetação úmidas ao redor de reservatórios de água ou em terras mais altas e adjacentes (Vasconcellos et al., 2010).

Alguns animais atravessam as fronteiras de pastagens para acessar o recurso florestal. O efeito negativo do pasto na conectividade da paisagem depende do tamanho, conformações e distâncias dos fragmentos em uma escala espacial mais ampla. A fragmentação da vegetação, por exemplo para construção de estradas ou plantações, podem representar barreiras à dispersão, matando os indivíduos

afastados destas áreas, criando assimetrias entre fragmentos ou regiões (Taylor et al., 2006).

Podemos inferir também que espécies generalistas são menos sensíveis e podem ser capazes de transpor fragmentos de vegetação mantendo a conectividade (Tscharntke et al., 2012), isto pode explicar o caso de *D. verruciferum*, a única presente em todos os ambientes e localidades. Há também a importante influência do tamanho de cada fragmento, pois os maiores conseguem manter uma maior diversidade de fornecedores de recursos (fezes e carcaças) e por consequência comporta a existência de uma maior diversidade de escarabeíneos (Nichols et al., 2008). Estudos futuros sobre aspectos da fragmentação florestal e mosaico de paisagens no bioma Caatinga, com análises sobre biogeografia, padrões de organização espacial e processos históricos, poderão embasar ainda mais esta discussão.

5. CONCLUSÕES

A mudança da cobertura vegetal, de caatinga para pastagem, teve um efeito negativo sobre a abundância e riqueza de coleópteros escarabeíneos, A sazonalidade de chuvas também causou decréscimo significativo destes atributos na estação seca.

Os ambientes de caatingas registraram valores referentes a abundância e riqueza bem superiores às pastagens, porém a similaridade foi maior nas caatingas entre si, mesmo que separadas e distantes, do que com suas pastagens adjacentes. Houve interferência significativa da pluviosidade, no qual a estação chuvosa deteve os maiores valores dos referidos atributos de comunidade.

Este estudo confirma a importância da manutenção de formações vegetais nativas, como as caatingas, para a preservação da biodiversidade ali existente. Trabalhos similares nestes ambientes, com o acréscimo de informações sobre distribuição e análise dos mosaicos vegetacionais poderão contribuir substancialmente no entendimento dos padrões de distribuição da subfamília Scarabaeinae em ambientes semiáridos e pouco estudados como a Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade Estadual de Feira de Santana pelo apoio logístico à esta pesquisa, e ao Dr. Fernando Vaz-de-Mello pela identificação das espécies.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber A.N. 1977. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Primeira aproximação. *Geomorfologia* 52:1-21.
- 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**, 32-43.
- Andresen E. 2005. Effects of season and vegetation type community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica* **37**, 291-300.
- Andresen E. 2008. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. *Journal of Insect Conservation* **12**, 639-650.
- Arellano L., León-Cortés J. L., Halffter G., Monteiro J. 2013. *Acacia* woodlots, cattle and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Mexican silvopastoral landscape. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **84**, 650-660.
- Barlow J., Lennox G.D., Ferreira J., Berenguer E., Lees A.C., Nally R.M., Thomson J.R. et al. 2016. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature* **535**, 144-147.
- Barragán F., Moreno C. E., Escobar F., Halffter G., Navarrete D. 2011. Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *PLoS One* **6**(3), e17976
- Burivalova Z., Sekercioglu C. H., Koh L. P. 2014. Thresholds of logging intensity to maintain tropical forest biodiversity. *Curr. Biol.* **24**, 1893-1898.
- Campos E. M. 2012. *Scarabaeidae (Coleoptera) na Caatinga baiana: Distribuição e Planejamento de pesquisas*. Dissertação de Mestrado, PPG em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana. 50 p.
- Climate-data.org. 2018. Clima Andorinha. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/andorinha-42846/>> Acesso em: 18 de dezembro de 20, 2018.
- Crawley M. J. 2002. *Statistical Computing: an Introduction to Data Analysis Using S-Plus*. John Wiley, Sons Ltd, Chichester.

- Escobar F., Halffter G., Arellano L. 2007. From forest to pasture: an valuation of the influence of environment and biogeography on the structure of beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography* **30**, 19, 193-208.
- Freitas R. R., Rocha P. L. B., Simões-Lopes P. C. 2005. Habitat structure and small mammals abundances in one semiarid landscape in the Brazilian Caatinga. *Revista Brasileira de Zoologia* **22** (1), 119-129.
- Giménez-Gómez V. C., Verdú J. R., Guerra Alonso C. B., Zurita G. A. 2018. Relationship between land uses and diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina: which are the key factors? *Biodiversity Conservation* **27**, 3201-3213.
- Halffter G., Arellano L. 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica* **34**, 144-154.
- Halffter G., Matthews E. 1966. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomol. Mex.* 12-14, 1-312.
- Halffter G., Favila M. E., Halffter V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in mexican tropical rain forest and derived ecosystems. *Folia Entomologica. Mexicana* 84, 131-156.
- Hanski I., Cambefort Y. 1991. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press.
- Hauff S. N. 2010. *Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga*. Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento, projeto sustentabilidade e repartição dos benefícios da biodiversidade., Brasília: MMA, 110p.
- Hernández M. I. M. 2005. Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba. In: F.S. de Araújo; M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa, (orgs.), Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação. Ministério do Meio Ambiente. pp. 365-378.
- Hernández M. I. M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. *Oecol. Bras.* **11**, 356-364.
- Hernández M. I. M., Vaz-de-Mello F. Z. 2009. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* **53**, 607-613.

- Horgan F. G. 2008. Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: a functional comparison. *Biodiversity Conservation*. **17**, 2961--2978.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1993. *Mapa de vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro.
- Klein B. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology* **70**, 1715-1725.
- Laurance W. F., Camargo J. L. C., Luizão R. C. C., Laurance S. G., Pimm S. L., Bruna E. M. et al. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation* **144**, 56-67.
- Leal I.R., Tabarelli M., Silva J.M.C.(eds.) 2003. *Ecologia e conservação da caatinga*. Recife : Ed. Universitária da UFPE, 822 p
- Leal I. R., Silva J. M. C., Tabarelli M., Lacher Jr. T. E. 2005. Changing the Course of Biodiversity Conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. *Conservation Biology* **19**, 19 (3), 701-706.
- Liberal C. N., Farias A. M. I., Meiado M. V., Filgueiras B. K. C., Iannuzzi L. 2011. How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. *Journal of Insect Sciences*. **11**, 1-11.
- Lopes P.P., Louzada J. N. C., Vaz-de-Mello F. Z. 2006. Organization of dung beetle communities (Coleoptera, Scarabaeidae) in areas of vegetation re-establishment in Feira de Santana, Bahia, Brazil. *Sitientibus Serie Ciências Biológicas*. **6**, 261-266.
- Macic V., Albano P. G., Alpanidou V., Claudet J. et al. 2018. Biological Invasions in Conservation Planning: A Global Systematic Review. *Frontiers in Marine Sciences* **5**, 178.
- Marques L.S. 2016. As comunidades de Fundo de Pasto e o processo de formação de terras de uso comum no semiárido Brasileiro. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 28 (3): 347-359.
- Medina A. M., Lopes P. P. 2014. Seasonality in the dung beetle community in a Brazilian tropical dry forest: Do small changes make a difference? *Journal of Insect Sciences* **14**, 123-123.
- Medina C. A., González-Alvarado A., César J. 2018. Caracterización preliminar de escarabajos coprófagos y fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae, Melolonthidae) del

- bosque seco de la serranía de la Macuira, Alta Guajira, Colombia. *Cuadernos de Biodiversidad* **54**, 28-40.
- Menezes R. S. C., Sampaio E. V. S. B., Giongo V., Perez-Marin A. M. 2012. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Brazilian Journal of Biology* **72**, 643-653.
- 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. Successional and seasonal changes in a community of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian tropical dry forest. *Nature Conservation* **8**, 160-164.
- Nichols E., Larsen T., Spector S., Davis A. L., Escobar F., Favila M., Vulinec K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and metaanalysis. *Biological Conservation* **137**, 1-19.
- Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amezcquita S., Favila M. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* **141**(6), 1461-1474.
- Niero M. M., Hernández M. I. M. 2017. Influência da paisagem nas assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. *Biotemas* **30**, 37-48.
- Prado D. 2003. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 3. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, pp.3-74.
- R Development Core Team. 2013. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roig-Juñent S., Dominguez M. C., Flores G. E., Mattoni C. 2006. Biogeographic history of South American arid lands: A view from its arthropods using TASS analysis. *J Arid Environ* **66**: 404-420.
- Shahabuddin S., Hasanah U., Eljonnadih E. 2014. Effectiveness of dung beetles as bioindicators of environmental changes in land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. *Biotropia* **21**, 48-58. doi: 10.11598/btb.2014.21.1.5
- Silva R. J., Coletti F., Costa D. A., Vaz-de-Mello F. Z. 2014. Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de florestas e pastagens no sudoeste da Amazônia brasileira: levantamento de espécies e guildas alimentares. *Acta Amazonica*. **44**, 345-352.

- Silva R. J., Pelissari T. D., Krinski D., Canale G., Vaz-de-Mello F. Z. 2017. Abrupt species loss of the Amazonian dung beetle in pastures adjacent to species-rich forests. *Journal of Insect Conservation* **21**(3), 487-494.
- Taylor P. D., Fahrig L., With K. A. 2006. Landscape connectivity. A return to the basics. *Conservation Biology*. **14**, 29-43.
- Tscharntke T., Tylianakis J. M., Rand T. A., Didham R. K., Fahrig L., Batary P. et al. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, **87**, 661-685.
- Vasconcellos A., Andreazze R., Almeida A. M., Araujo H. F. P., Oliveira E. S., Oliveira U. 2010. Seasonality of insects in a semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* **54**(3), 471- 476.
- Velloso A. L., Sampaio E. V. S. B., Pareyn F. G. C. 2002. *Ecorregiões: Propostas para o bioma Caatinga*. Recife: Flamar, 76p.

**CAPÍTULO 2: DISPERSÃO SECUNDÁRIA DE SEMENTES POR BESOUROS
(COLEOPTERA, SCARABAEIDAE, SCARABAEINAE) EM CAATINGAS E
PASTAGENS.**

Formatado segundo as regras do periódico

Austral Ecology

(Regras no Anexo)

RESUMO

A compreensão da dinâmica de funcionamento de diversos serviços ecossistêmicos é importante devido à acelerada perda de biodiversidade causada por ações humanas. Os coleópteros da subfamília Scarabaeinae (Scarabaeidae), conhecidos como rola-bostas, executam serviços ecossistêmicos, como a remoção de fezes e a dispersão secundária de sementes, e são considerados como bons bioindicadores das alterações ambientais. O objetivo deste estudo foi relacionar como o uso da terra altera os atributos de comunidades dos besouros rola-bosta e conseqüentemente os seus serviços de dispersão secundária de sementes. Em áreas de caatinga e em pastagens adjacentes, utilizamos massas de fezes suínas contendo mímicos de sementes de três tamanhos (pequena, média e grande) como situação similar a sementes dispersas por mamíferos. Limitando a rolagem dessas massas de fezes e as sementes contidas, usamos uma arena composta por tela de malha reduzida, permitindo a retenção das bolas de recursos. A comunidade local foi amostrada posteriormente, com pitfalls iscados, para caracterização da sua composição e distribuição em grupos funcionais. As áreas de caatingas apresentaram maior abundância e riqueza de besouros que as pastagens, porém a taxa total de dispersão de sementes não foi significativamente diferente. Houve efeito significativo da sazonalidade sobre as taxas de dispersão; na estação chuvosa registrou-se o percentual de dispersão de sementes maior (35,9%) em relação à seca (2,4%). A abundância não afetou a dispersão de sementes, mas a riqueza teve efeito significativo. As sementes de tamanho pequeno foram mais dispersas (29,34%) em relação as de tamanho médio (21,23%) e grande (20,68%). Os besouros grandes e enterradores, do gênero *Dichotomius*, apresentaram as maiores correlações com as taxas de dispersão, apesar de não serem as espécies mais abundantes. Portanto, a sazonalidade e a alteração de atributos de comunidades, como a riqueza de besouros rola-bosta, podem interferir na execução de funções ecossistêmicas, como a dispersão secundária de sementes.

Palavras-chave: dispersão de sementes, caatinga, grupos funcionais, rola bosta, uso da terra.

ABSTRACT

Understanding the dynamics and importance of many ecosystem services is crucial since there has been an acceleration of biodiversity loss due to human activities. Dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae), perform ecosystem services, such as fecal removal and secondary seed dispersal, and are used as good bioindicators of environmental changes. The objective of this study was to correlate how land use affects community attributes of the dung beetles and, consequently, their secondary seed dispersal services. In areas of caatinga and adjacent pastures, we used swine feces mixed with plastic beads of three sizes as a proxy for seeds dispersed by frugivorous mammals. Each dung mass had a known amount of seeds which were counted for after 24 hours, as not dispersed (still on the remaining dung mass) or dispersed. The local dung beetle communities were sampled later, with baited pitfall traps, to characterize species composition, and distribution in functional groups. The areas of caatinga showed greater abundance and richness of beetles than pastures, but the total rate of seed dispersal was not significantly different. There was a significant effect of seasonality on dispersion rates; in the rainy season the percentage of seed dispersion was higher (35.9%) than in the dry season (2.4%). Abundance did not affect seed dispersal, but the richness had a significant effect. Small seeds were more dispersed (29.34%) than those of medium (21.23%) and large size (20.68%). The large burrower beetles, of the genus *Dichotomius*, had larger correlations with the dispersion rates, although they are not the most abundant species. Therefore, seasonality and a change of communities attributes, such as dung beetles richness, may interfere with the execution of ecosystem functions such as secondary seed dispersal.

Keywords: seed dispersal, caatinga, functional groups, dung beetles, land use

1. INTRODUÇÃO

Os termos serviços ambientais ou ecossistêmicos referem-se a diversas funções ambientais e processos ecológicos, definidos como qualquer atributo de ambientes naturais que são relevantes à condição humana de saúde e bem-estar, como por exemplo a regulação dos ciclos biogeoquímicos, proteção do solo, polinização de culturas, controle de pragas, ecoturismo, entre diversos outros, tanto no sentido ecológico quanto econômico. Quando não há percepção de vantagem para a condição humana, mas sim para o funcionamento dos ecossistemas, esses serviços são observados enquanto **funções ecológicas ou ecossistêmicas**, que dizem respeito à manutenção de processos no ecossistema que mantenham a viabilidade de grupos diversos, estabelecendo interações ecológicas diretas ou indiretas (Myers 1996).

Existem diversas funções ecológicas, a dispersão de sementes é uma delas, sendo um processo importante para a manutenção das florestas, realizada principalmente por aves e mamíferos, que ingerem os frutos e defecam suas sementes junto com as fezes (Watson 2012). Essas sementes podem ainda ser deslocadas por outros seres promovendo sua dispersão secundária. Esse é o caso dos besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) conhecidos popularmente como rola-bostas, que são importantes agentes tanto para a remoção de massas fecais quanto para promover estes processos de dispersão secundária de sementes (Andresen 2003; Braga *et al.* 2017). O enterramento das sementes não ocorre de forma intencional, elas são transportadas juntos com as fezes. Portanto, a dispersão secundária de sementes está relacionada de forma indireta ao comportamento alimentar e de nidificação dos escarabeíneos (Nichols *et al.* 2008).

Dentre as funções ecológicas relacionadas a estes besouros, há ainda o revolvimento do solo e enterramento das fezes, que compõem recursos alimentares e reprodutivos, que alteram a fertilidade do solo e aumentam a produtividade primária (Nichols *et al.* 2008); competem e diminuem a quantidade de moscas detritívoras (com potencial de se tornarem pragas veterinárias) em ambientes produtivos como as pastagens (Aidar *et al.* 2000; Bornemissza 1970). Desta forma, a maioria dos Scarabaeinae apresenta serviços (e funções) ecológicos múltiplos associados a uma única ação de retirada de fezes (Manning *et al.* 2016).

O processo de dispersão de sementes é imprescindível ao ciclo reprodutivo das plantas para a manutenção e regeneração da cobertura vegetal das florestas, tendo papel importante na dinâmica populacional de inúmeras espécies e permitindo a colonização de novos habitats (Nathan *et al.* 2011). A dispersão diminui a mortalidade das sementes e plântulas, que é maior perto da planta-mãe onde se registra taxas superiores de competição e predação, além de propiciar a exploração de novos ambientes com condições adequadas para a germinação e estabelecimento (Cain *et al.* 2000).

Diversas espécies vegetais da Caatinga possuem frutos que necessitam dos animais para a sua dispersão (Silva *et al.* 2013), onde são encontrados diversos vertebrados (predominantemente aves e mamíferos), como macacos-prego do gênero *Sapajus* Kerr, 1792, que se alimentam de frutos e são potenciais dispersores primários de sementes (Moura & McConkey 2007). A maior parte dos dispersores são vertebrados, mas muitas plantas são dispersas por formigas (Leal *et al.* 2015). De forma diferente da maior parte dos Scarabaeinae, que são dispersores secundários, já houve menção a escarabeíneos em interação direta com diásporo de *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill. (Euphorbiaceae), arbusto muito comum na

Caatinga, conhecido popularmente como pinhão-bravo e que são caracterizados como tendo dispersão mirmecocórica (Iannuzzi *et al.* 2013).

A retirada da cobertura vegetal e consequente fragmentação de habitats é uma séria ameaça à diversidade biológica e a principal causa da extinção de espécies (Tschardtke *et al.* 2012), ocasionando a perda de grupos ecológicos que estão atrelados aos processos essenciais de manutenção das populações de árvores, como a polinização e a dispersão de sementes (Laurance *et al.* 2000), o que irá direta ou indiretamente afetar também a fauna ali existente como um todo.

Assim como diversos outros, o bioma Caatinga, sofre também com as altas taxas de desmatamento, sendo este bioma a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional. Porém, é proporcionalmente a menos estudada, possui apenas 7,4% de sua área protegida em Unidades de Conservação, já teve 63,6% de sua área modificada por ações humanas e continua passando por um intenso processo de alteração e deterioração, levando à rápida perda de espécies únicas, à eliminação de processos ecológicos chaves e à formação de extensas áreas de desertificação (Silva *et al.* 2017).

No nordeste brasileiro é muito comum o desmatamento da Caatinga para a formação de pastagens que irão alimentar as criações de gado bovino bem como de caprinos e ovinos em pequenas propriedades, devido seu baixo custo de produção (Brâncio *et al.* 2003). Porém, as pastagens tornam-se ambientes de difícil sustentação para muitas espécies da fauna devido ao surgimento de condições adversas em um ambiente aberto, como umidade muito baixa, aumento da luminosidade e temperatura, bem como maior intensidade do vento (Santos-Filho *et al.* 2012). A substituição das florestas por estas áreas de produção reduz a riqueza

de espécies e causa enormes alterações nas comunidades ali presentes (Laurance *et al.* 2011).

Este estudo teve como objetivo responder à seguinte pergunta: como diferentes usos da terra, aqui representada pela transformação de caatingas em pastagens, e a sazonalidade, afetam os serviços de dispersão secundária de sementes promovida pelos besouros escarabeíneos? Considerando essa pergunta, partimos das seguintes hipóteses: (i) a maior riqueza e abundância de escarabeíneos verificada na caatinga irá propiciar um maior número de sementes dispersas que em ambientes de pastagem, e com maior taxa dispersão no período chuvoso do que em período seco; (ii) os escarabeíneos promoverão a dispersão de diferentes tamanhos de sementes, de forma proporcional ao seu tamanho médio corporal e à sua abundância relativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido nos meses de máxima pluviosidade (março; pluviosidade média de 95 mm) e seca (setembro; pluviosidade média de 13 mm) (Climate-data.org, 2018), no município de Andorinha, região centro norte do estado da Bahia. A média anual de pluviosidade é de 623 mm. A temperatura média anual é de 23,7°C, com máximas de 28,3°C e mínimas de 19°C. O clima é tropical com estação seca (classificação de Köppen-Geiger: Aw). A vegetação de caatinga é xerófita, tem alto nível de suculência e espinescência, e é decídua, ou seja, a maioria das plantas perde suas folhas no período de seca e as recupera no período

chuvoso, sendo a fisionomia predominante na área amostrada do tipo arbórea arbustiva, com altura máxima aproximada de 5m, com grande quantidade de bromélias e cactáceas. A vegetação de pastagem é de plantios mistos de *Brachiaria* sp. e gramíneas nativas, mas com manutenção de algumas plantas arbóreas nativas como sombra para o gado.

As manchas de caatingas e pastagens analisadas são utilizadas igualmente para a criação de rebanho caprino e ovino, mais adequado ao clima seco. As áreas são fazendas que concentram manchas preservadas de caatinga no sistema de “fundo de pasto”, em que estas podem ser utilizadas como alternativa de área de pastejo por vários proprietários no caso de seca muito acentuada (Marques, 2016). As fazendas foram escolhidas de forma a estabelecermos pares de formações (caatinga/pastagem) próximas ou adjacentes, para diminuir efeitos de distância. As cinco áreas escolhidas foram: Fazenda Barra (BA: 10°13'47,9"S 39°50'55,9"W); Fazenda Bananeira (BN: 10°19'18,1"S 39°50'53,4"W); Fazenda Gameleira (GM: 10°19'54,3"S 39°49'48,1"W); Fazenda Cachoeira (CH: 10°21'09,8"S 39°48'38,6"W) e Fazenda Lagoa da Onça (LO: 10°24'33,1"S 39°46'40,4"W) (ANEXO, Figura A1).

2.2 Arenas para verificação das funções ecológicas

Para a análise da taxa de dispersão de sementes, foram utilizadas estruturas de captura conhecidas como arenas (Braga *et al.* 2013). Cada arena é uma área de aproximadamente 1 m², delimitado por uma tela de 15 cm de altura e malha de 1 mm, em cujo centro foi depositada uma massa de 70 g de fezes suínas, onde foram inseridas miçangas plásticas que simulavam as sementes eliminadas junto com as fezes. Miçangas são bastante utilizadas em estudos de dispersão de sementes e

permitem a padronização do experimento e não são expostas à ação de predadores de sementes (Braga *et al.* 2013) (Figura 1). Apresentam tamanhos compatíveis com sementes encontradas na caatinga e que potencialmente poderiam ser ingeridas/dispersas por mamíferos. Foram utilizados três diferentes tamanhos de sementes, sendo depositados 50 unidades de tamanho P (diâmetro médio 3,85 mm); 20 unidades de tamanho M (diâmetro médio 7,70 mm) e 10 unidades de tamanho G (diâmetro médio 9,90 mm) em cada isca.

As arenas permitem a limitação dentro da área de 1 m² da rolagem de rolas de fezes contendo as sementes, de forma a serem localizadas, medidas e contadas, permitindo a análise da taxa de dispersão de sementes por escarabeíneos telecoprídeos (pela recuperação das bolas), a dispersão secundária total (sendo consideradas como dispersadas a quantidade de miçangas não encontradas na isca). Em cada uma das cinco áreas foram instaladas cinco arenas na caatinga e cinco na pastagem, totalizando 50 arenas, procedimento este realizado tanto na estação chuvosa quanto na estação seca. As arenas permaneceram no campo por 24 horas; após este período foram coletados o restante do bolo fecal (recuperadas e contadas as miçangas não dispersas) e as bolas de recurso não enterradas que estivessem à vista dentro da área da arena.

Após a retirada das arenas foram instaladas armadilhas pitfall, iscadas com fezes de suínas, baço bovino em putrefação ou banana em decomposição e dispostas em triângulo (com distâncias de 2m entre elas), para coleta e levantamento da comunidade de coleópteros ali existentes, para determinação dos potenciais dispersores, conforme materiais e métodos descritos no Capítulo 1 (manuscrito em preparação).



Figura 1. Arena para mensuração da dispersão de sementes.

2.3 Análise morfométrica e classificação em grupos funcionais dos escarabeíneos

Após a identificação dos espécimes de escarabeíneos coletados, cada espécie teve 10 de seus indivíduos medidos em seu comprimento total e pesado (peso seco, após 24 horas em estufa a 45° C) em balança analítica. Para espécies com menos de 10 indivíduos, todos os indivíduos coletados foram medidos e pesados. Cada espécie foi classificada em pequena ou grande a partir da média de tamanho dos indivíduos medidos, sendo consideradas pequenas as espécies com menos de 10 mm, e grandes as com mais de 10 mm (segundo Escobar *et al.* 2008). A identificação de sua guilda (endocoprídeos, paracoprídeos e telecoprídeos) foi feita a partir de literatura (Daniel *et al.* 2014), com aproximação ao nível genérico no caso das espécies não anteriormente estudadas quanto aos hábitos de alimentação

e nidificação. Nas análises de funções ecológicas, apenas os paracoprídeos e telecoprídeos foram considerados, já que os endocoprídeos não enterram ou dispersam sementes.

2.4 Análise dos dados

Para verificar o efeito do uso da terra e a sazonalidade sobre as taxas de dispersão das sementes, foram utilizados GLM's (Modelos lineares generalizados) com análise de variância (ANOVA) tendo a dispersão como variável resposta e o ambiente ou sazonalidade como variável determinante. Para análise da riqueza e abundância sobre taxas de dispersão total de sementes realizamos uma regressão linear simples. ANCOVA foi o teste usado para avaliar como se comportou a dispersão de sementes frente às interações entre o ambiente/estação com os dados de abundância/riqueza. Todos os GLM's foram realizados no software estatístico R (R Development Core Team 2013) com nível de significância de 5%, seguidas de análises de resíduos para verificar a adequação dos modelos, utilizando estruturas de erros binomiais por se tratarem de variáveis respostas representadas por proporções e quase-Binomial quando foi detectada sobredispersão (Crawley 2002).

Para avaliar a correlação da abundância de cada grupo funcional (guilda e tamanho) dos escarabeíneos com a dispersão dos três diferentes tamanhos de sementes, utilizamos a correlação de Spearman, seguido por uma Análise de Componentes Principais (PCA) realizada também para verificar a relação do tamanho da semente com grupos funcionais, utilizando matriz de correlação, a partir de combinações lineares de suas variáveis. Estas análises foram realizadas no software PAST (Hammer *et al.* 2001).

3. RESULTADOS

A taxa total de dispersão de sementes não foi significativamente afetada pelo tipo de uso de terras ($F=1,3303$; $p=0,2516$), sendo os percentuais de dispersão muito semelhantes nas áreas de caatingas (22,2%) e nas de pastagem (16,1%), apesar de apresentar alta variação; porém houve efeito significativo da sazonalidade ($F=101,48$; $p<0,001$) sobre a dispersão total, sendo que na estação chuvosa se registrou um percentual maior de dispersão de sementes (35,9%) em relação à estação seca (2,4%) (Figura 2), ressalta-se ainda que como foram utilizados mímicas de sementes, portanto não foi aferido taxas de germinação, este trabalho refere-se aos escarabeíneos como potenciais dispersores de sementes.

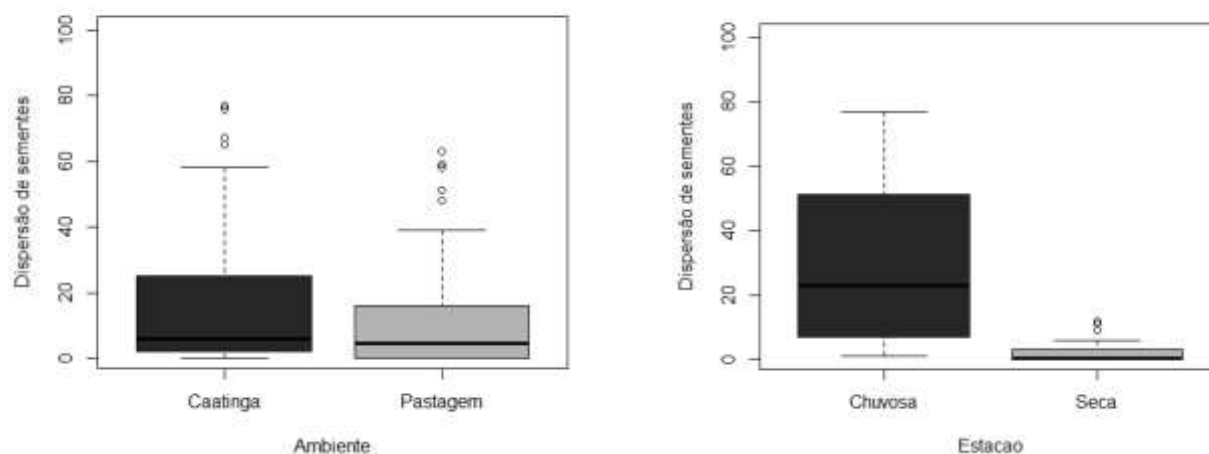


Figura 2. Modelos lineares generalizados (GLMs-Anova) relacionando à dispersão de sementes do bolo fecal com o ambiente (esquerda) e estação (direita), no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018.

A combinação entre os efeitos de diferentes ambientes e estações foi significativa ($F=36,804$, $p<0,001$), porém, as diferenças de dispersão verificadas em um recorte de comparação somente entre os ambientes continua não sendo

significativo, havendo poucas diferenças nas taxas de dispersão de sementes entre as caatingas e as pastagens (médias - CAA-chuva: 32,40; CAA-seca: 3,20; PAST-chuva: 25,12 e PAST-seca: 0,76) (Figura 3). As similaridades se devem principalmente pela elevada variação, que resultou em desvios que influenciaram na significância dos testes.

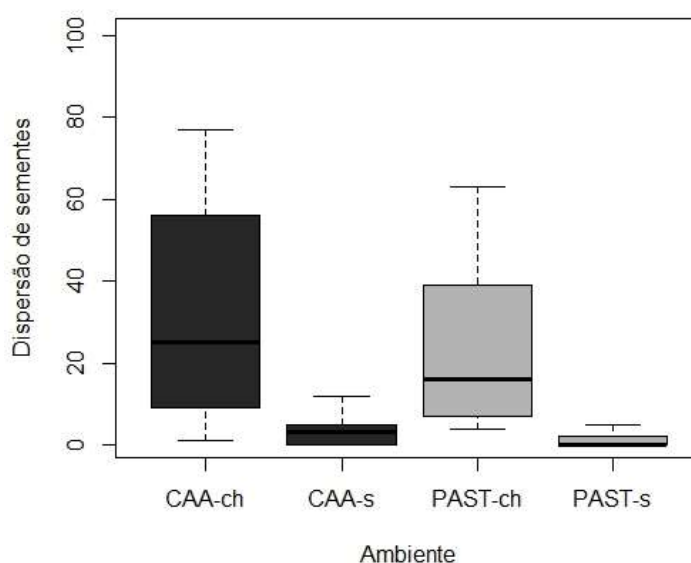


Figura 3. Modelos lineares generalizados (GLMs-Anova) relacionando à dispersão de sementes do bolo fecal com as combinações de ambientes e estação, no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. CAA-ch: caatinga na estação chuvosa; CAA-s: caatinga na estação seca; PAST-ch: pastagem na estação chuvosa; PAST-s: pastagem na estação seca.

Igualmente, a remoção de sementes de diferentes tamanhos a cada estação não foi afetada pelo uso da terra, porém com relação ao efeito da sazonalidade, na estação chuvosa a dispersão dos três diferentes tamanhos de sementes utilizadas foi significativamente maior que na estação seca (Tabela 1). De forma recorrente, a taxa de dispersão de sementes pequenas foi maior que a de sementes médias, e estas mais dispersas que sementes grandes. Utilizamos nas análises de dispersão valores percentuais, de cada tamanho, para tornar os dados mais equivalentes já

que foram empregadas quantidades diferentes para cada tamanho (P=50 unid., M=20 unid. e G=10 unid.), com médias de dispersão posteriormente comparadas (Tabela 2).

Tabela 1. Modelos lineares generalizados (GLMs) para remoção de sementes segundo seu tamanho (P: pequena, M: média e G: grande), relacionado ao tipo de ambiente e estação de coleta no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. F: (valor GLM-anova); Dp: desvio padrão; gl: grau de liberdade; glt: grau de liberdade total; p: probabilidade de significância.

Variável resposta	Variável explicativa	F	Dp	Gl	glt	P
Sementes P	Ambiente	1.1094	26.04	1	98	0.2948
	Estação	108.9	1176.8	1	98	<0.001
Sementes M	Ambiente	1.5701	5.2892	1	98	0.2132
	Estação	70.615	346.53	1	98	<0.001
Sementes G	Ambiente	1.4819	8.5535	1	98	0.2264
	Estação	51.613	162.04	1	98	<0.001

Tabela 2. Teste de Tukey (a posteriori) para determinação de diferença significativa da dispersão de sementes de cada tamanho por ambiente e por estação. Legenda: P=dispersão de sementes pequenas; M=dispersão de sementes médias; G=dispersão de sementes grandes; -ch=período chuvoso; -s=período seco. Diagonal superior: valores de p; diagonal inferior: valores de t.

	P-ch	M-ch	G-ch	P-s	M-s	G-s
P-ch		0,1071	0,01258	<0,001	<0,001	<0,001
M-ch	3,64		0,9749	<0,001	<0,001	<0,001
G-ch	4,705	1,065			<0,001	<0,001
P-s	13,33	9,695	8,629		0,9548	0,9668
M-s	14,56	10,92	9,851	1,221		1
G-s	14,47	10,83	9,766	1,136	0,08514	

A quantidade total de sementes dispersas (sem distinção de tamanho, nem ambiente e/ou estação) não foi significativamente relacionada à abundância total de escarabeíneos (F=1.836; p=0,1785), no entanto, a regressão foi significativa com a riqueza de espécies (F=9.834; p=0,0022) (Figura 4).

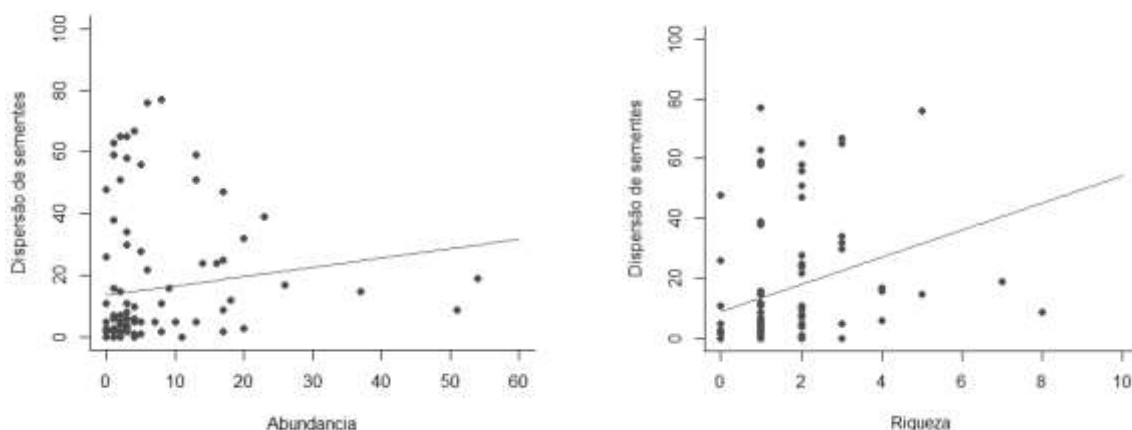


Figura 4. Regressão linear simples entre percentual de dispersão de sementes pela abundância (esquerda) e riqueza (direita) no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018.

A variação da abundância dos coleópteros de acordo com o ambiente de coleta não apresentou efeito significativo sobre as taxas de dispersão de sementes (GLM-Ancova, $p_{\text{ambiente}}=0,25$; $p_{\text{abundância}}=0,30$), porém resultados diferentes foram encontrados para a riqueza de espécies ($p_{\text{ambiente}}=0,23$; $p_{\text{riqueza}}=0,004$). Neste caso, a riqueza foi significativa, porém as diferenças entre os ambientes foram não significantes e as retas ficaram sobrepostas (Figura 5).

Na estação chuvosa foram encontrados praticamente três vezes mais indivíduos que na seca, quando a riqueza (6 spp.) foi inferior ao encontrado na estação chuvosa (14 spp.). A variação das taxas de dispersão por estação e abundância, teve efeito significativo apenas para a sazonalidade ($p_{\text{estação}}<0,001$; $p_{\text{abundância}}=0,50$), e a correlação com estação*riqueza, novamente somente a estação resultou em efeitos estatisticamente significativos ($p_{\text{estação}}<0,001$; $p_{\text{riqueza}}=0,75$) (Figura 6).

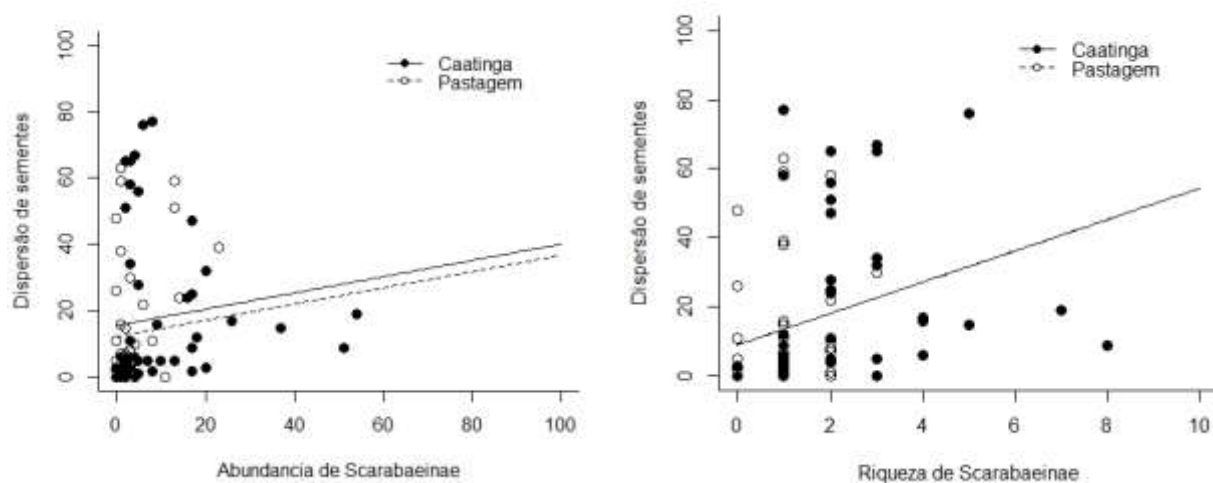


Figura 5. Modelos lineares generalizados (GLM-Ancova) relacionando a dispersão de sementes com a abundância (esquerda) e riqueza (direita) de Scarabaeinae, em ambientes de caatinga e pastagem, no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018.

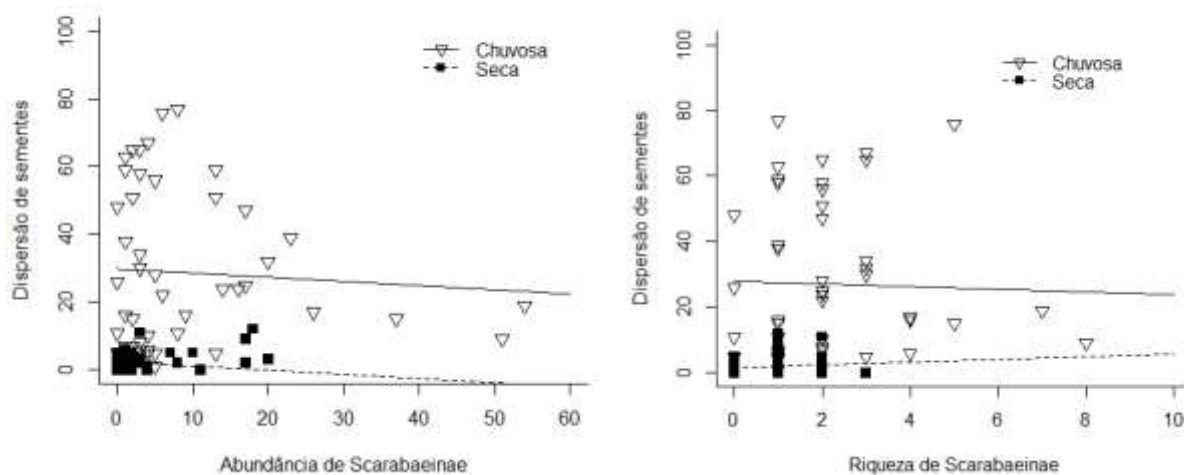


Figura 6. Modelos linear generalizado (GLM-Ancova) relacionando a dispersão de sementes com a abundância (esquerda) e riqueza (direita), entre as estações chuvosa e seca, no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018.

A dispersão total de sementes dos diferentes tamanhos (P: pequena, M: média e G: grande ocorreu em maior quantidade, para médias percentuais equivalentes, nas sementes de tamanho pequeno (29,34%), seguidos por médio (21,23%) e grande (20,68%) (Figura 7), mas houve efeito significativo da sazonalidade de chuvas, em que foram registradas maior abundância e riqueza dos coleópteros.

Já com relação aos grupos funcionais, registrou-se uma maior abundância dos coleópteros telecoprídeos grandes, devido à expressiva dominância da espécie *Deltochilum verruciferum*, com 450 indivíduos, representando 77,5% de toda a amostragem (Tabela 3).

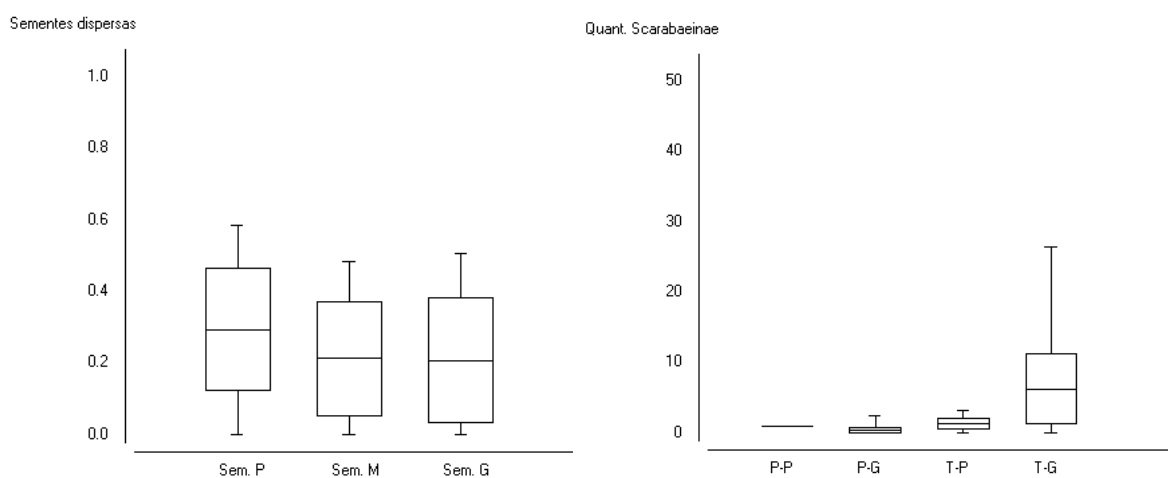


Figura 7. Média da quantidade de sementes dispersas (esquerda) e abundância por grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande.

A dispersão de sementes pequenas foi bem mais intensa no período chuvoso (40,04%), mantendo semelhantes os valores referentes às sementes médias (29,50%) e grandes (28,40%).

Foram coletados 581 espécimes de 14 espécies de besouros escarabeíneos, sendo estas classificadas conforme o tamanho (pequenos e grandes) e a guilda. Com exceção de *Anomiopus* sp., que tem a sua biologia ainda pouco conhecida, foram separados em endocoprídeos (E) (S=2 spp.; N=19 inds.), paracoprídeos (P) (S=5 spp.; N=64 inds.) e telecoprídeos (T) (S=6 spp.; N=497 inds.), bem como classificados em dois tamanhos: pequeno (P) (S=8 spp.; N=98 inds.) e grande (G) (S=5 spp.; N=482 indivíduos) (Tabela 3).

As correlações de dispersão dos três tamanhos de sementes com os grupos funcionais dos besouros, revelou uma correlação positiva significativa entre dispersão de sementes de tamanho P com os grupos funcionais P-P (paracoprídeos pequenos) ($r=0,3005$; $p=0,00979$) e P-G (paracoprídeos grandes) ($r=0,45767$, $p<0,001$), bem como a dispersão de sementes M com os grupos funcionais P-G (paracoprídeos grandes) ($r=0,24748$, $p=0,0347$) e T-P (telecoprídeos pequenos) ($r=0,24019$, $p=0,0406$). A dispersão de sementes G foi correlacionada apenas com P-G (paracoprídeos grandes) ($r=0,25889$, $p=0,0269$) (Figura 8).

Tabela 3. Tribos/espécies, peso, guilda, tamanho e abundância de coleópteros escarabeíneos coletados com armadilhas do tipo pitfall iscadas com fezes suínas, baço bovino em putrefação e banana, no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Ch: chuvosa; S: seco; N: abundância. Guilda - E: endocoprídeo; P: paracoprídeo; T: telecoprídeo. Tamanho - P: pequeno; G: grande.

Tribo/Espécie	Peso médio(g)	Guilda	Tamanho*	CAATINGA			PASTAGEM			N Tot	%
				Ch	Seca	Tot	Ch	Seca	Tot		
Ateuchini											
<i>Anomiopus</i> sp.	-	-	-	0	0	0	1	0	1	1	0,17
<i>Ateuchus semicribratus</i> (Harold, 1868)	0.00985	P	P	20	3	23	3	1	4	27	4,65
<i>Genieridium margareteae</i> (Génier & Vaz-de-Mello, 2002)	0.00344	E	P	8	0	8	0	0	0	8	1,38
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre, 1880)	0.002175	E	P	10	0	10	1	0	1	11	1,89
Canthonini											
<i>Canthon (Canthon)</i> sp.1	0.112599	T	P	10	0	10	0	0	0	10	1,72
<i>Canthon (Canthon)</i> sp.2	0.565685	T	P	5	0	5	0	0	0	5	0,86
<i>Deltochilum verruciferum</i> (Felsche, 1911)	0.276365	T	G	235	115	350	75	25	100	450	77,5
<i>Malagoniella astyanax</i> (Olivier, 1789)	0.1657	T	G	1	3	4	1	0	1	5	0,86
Coprini											
<i>Dichotomius (D.) puncticollis</i> (Leuderwaldt, 1935)	0.0772	P	G	2	0	2	0	0	0	2	0,34
<i>Dichotomius (L.) nisus</i> (Olivier, 1789)	0.3047	P	G	13	0	13	7	1	8	21	3,61
<i>Dichotomius (L.)</i> sp.	0.06735	P	G	3	0	3	1	0	1	4	0,69
<i>Ontherus digitatus</i> (Harold, 1869)	0.022957	P	P	8	2	10	0	0	0	10	1,72
Onthophagini											
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	0.369534	T	P	5	0	5	18	2	20	25	4,3
<i>Onthophagus ptox</i> (Erichson, 1842)	0.40301	T	P	2	0	2	0	0	0	2	0,34
Abundância				322	123	445	107	29	136	581	
Riqueza				13	4	13	8	4	8	14	
Diversidade (H')				1,18	0,31	0,99	1,00	0,54	0,92		

*"P: pequeno" para espécies menores do que 10mm de comprimento e "G: grande" para espécies com mais de 10 mm de comprimento.

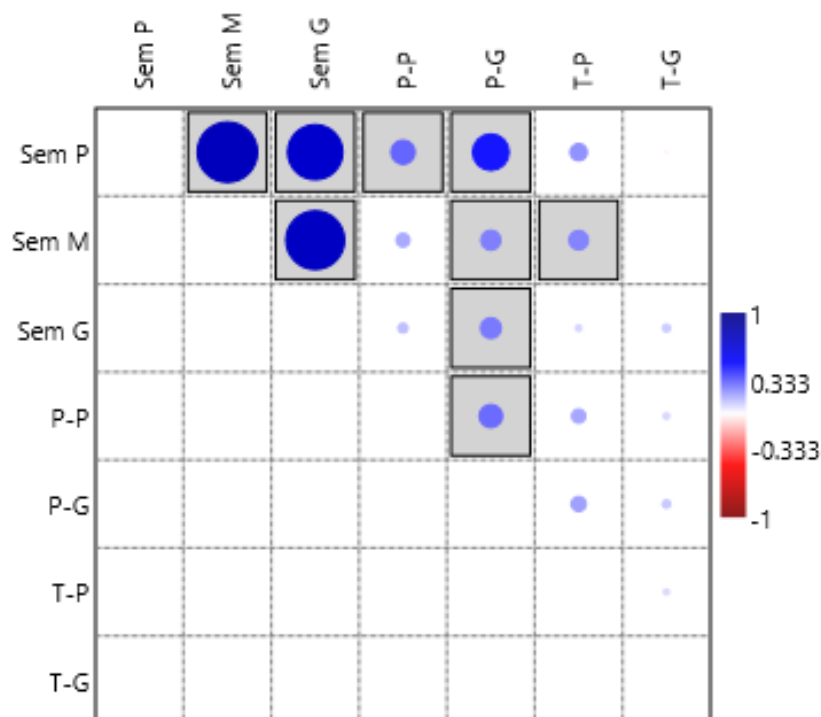


Figura 8. Correlação de Spearman (5% de significância) entre as variáveis (dispersão de sementes pequenas, médias e grandes, e os grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande.

Na análise de componentes principais (PCA) a expressiva abundância da espécie *D. verruciferum*, classificada como telecoprídeo grande, juntamente com os indivíduos do gênero *Canthon* (telecoprídeo pequeno) responderam por quase 98% da variação, distanciando-se ao longo dos eixos 1 e 2 (95,45% e 2,17% de variação explicada, respectivamente), e de forma oposta as variáveis referentes a dispersão das sementes que ficaram agrupadas aos paracoprídeos pequenos e grandes, apresentando os telecoprídeos pequenos e grandes baixíssima correlação com os índices de dispersão de sementes (Figura 9 – PC3 e PC4). Já ao analisarmos a correlação dos eixos 3 e 4 (apenas 1,58% e 0,58% da variação, respectivamente), onde há explicação da variação de 98% para paracoprídeos pequenos e 94% para

paracoprídeos grandes, respectivamente, foi possível observar uma maior correlação dos valores de dispersão dos três tamanhos de sementes com estas variáveis de grupos funcionais (Figura 9 (PC1 e PC2) e Figura 10).

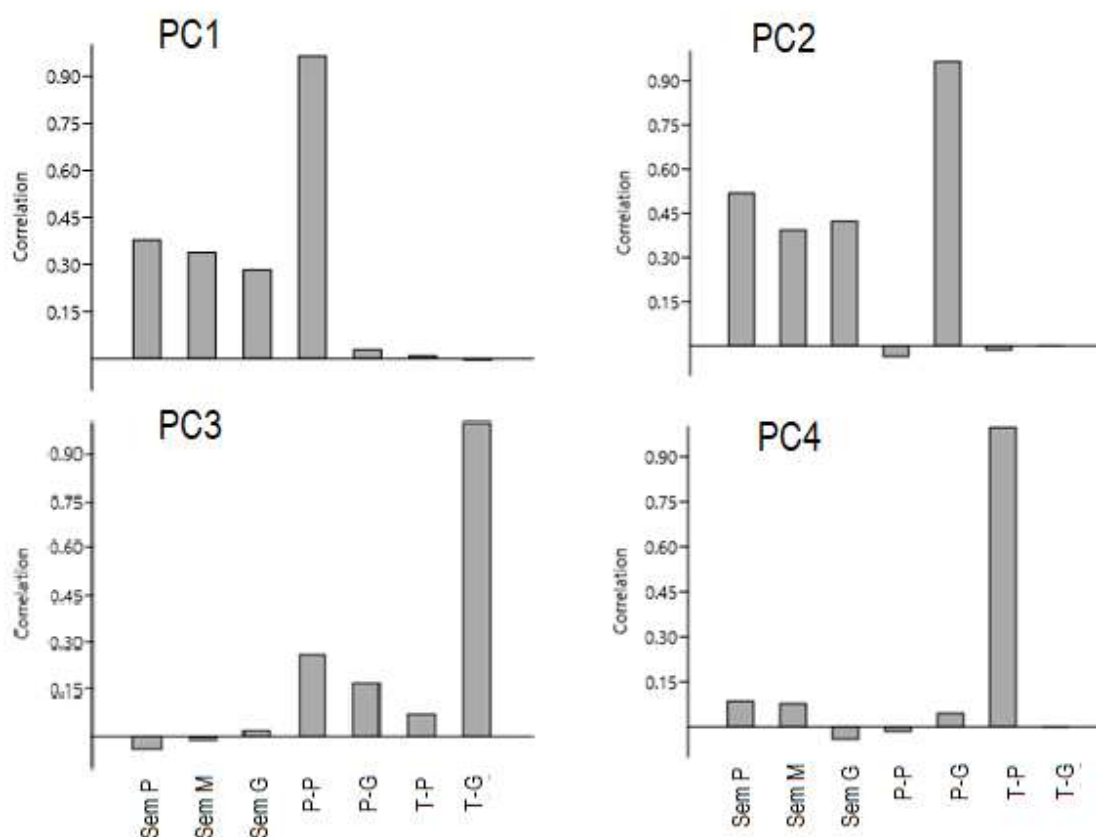


Figura 9. Carga fatorial do PC1 (acima à esquerda), PC2 (acima, à direita), PC3 (abaixo à esquerda) e do PC4 (abaixo à direita) referente à análise de componentes principais com as variáveis: dispersão de sementes de três tamanhos e a correlação com grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. PC: componentes principais. Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande.

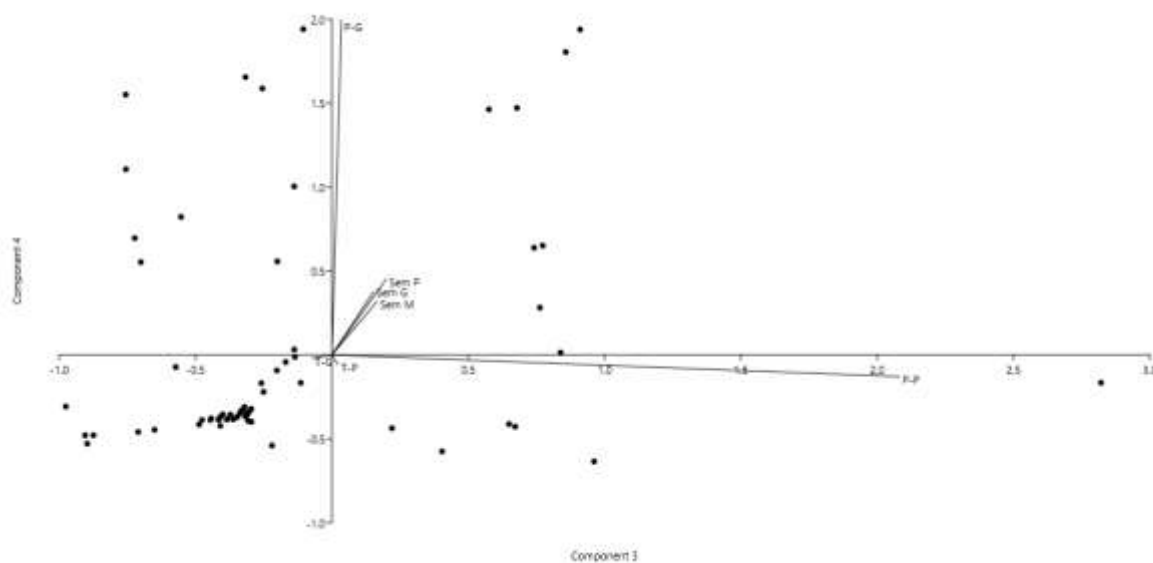


Figura 10. Análise de componentes principais (PCA), referente as variáveis: dispersão de sementes de três tamanhos e grupos funcionais de coleópteros escarabeíneos no município de Andorinha, Bahia, nos meses de março e setembro de 2018. PC: componentes principais, Sem. P: sementes pequenas; Sem. M: sementes médias; Sem. G: sementes grandes; P-P: paracoprídeo pequeno; P-G: paracoprídeo grande; T-P: telecoprídeo pequeno e T-G: telecoprídeo grande

4. DISCUSSÃO

O presente estudo previa que as perturbações causadas ao meio ambiente, aqui representadas pela retirada da cobertura vegetal nativa das caatingas para a formação de pastagens, bem como a sazonalidade, causariam efeito negativo sobre os atributos das comunidades de coleópteros da subfamília Scarabaeinae e, conseqüentemente, sobre os serviços ecológicos por eles prestados, especialmente a dispersão secundária de sementes. Embora o uso da terra tenha alterado de forma negativa os atributos de comunidade (confirmando o encontrado por Liberal *et al.* 2011), não afetou significativamente as taxas de dispersão de sementes, que ocorreu de forma semelhante nos dois ambientes estudados. Estes resultados não corroboram os dados reportados em diversas áreas nas quais o uso da terra afetou

negativamente a realização destes e outros serviços (Braga *et al.* 2012, 2013), mas assemelham-se a outros estudos no qual as taxas de remoção foram muito semelhantes entre os diferentes ambientes estudados (Batilani-Filho & Hernández 2017).

Com relação à sazonalidade, a estação chuvosa apresentou taxas maiores de dispersão das sementes (congruente com os trabalhos revisados por Huerta *et al.* 2018). A estação chuvosa provavelmente facilita a remoção e o enterramento de fezes, e conseqüentemente o enterramento de sementes, pois os solos estão mais úmidos e propícios a escavação (Huerta *et al.* 2018), o recurso não resseca tão rápido; além de ocorrer o ápice das atividades biológicas, em especial a reprodução, aumentando substancialmente as populações, tendo esta estação apresentado quase três vezes mais indivíduos em comparação com a estação seca.

Não houve efeito significativo da abundância sobre as taxas de dispersão, o que pode estar relacionado à dominância expressiva de *D. verruciferum* (77,5%) em ambos os ambientes e estações. É considerada uma espécie generalista (Hernández 2007), talvez a exploração de recursos variados pode ser um dos componentes que maximizam sua dominância tanto na Caatinga quanto na pastagem, bem como a diversos outros fatores que interferem nas taxas de realização dos serviços ecológicos.

Em ambientes semiáridos com a caatinga, a necrofagia é um hábito comum entre coleopteros escarabeíneos (Neves *et al.* 2010; Medina & Lopes 2014, Salomão *et al.* 2017), o que foi constatado em estudo preliminar na área (manuscrito em preparação), no qual 65,11% dos indivíduos de *D. verruciferum* foram coletados em armadilhas iscadas com baço bovino em putrefação. Esta sua preferência alimentar copronecrófaga na área de estudo talvez possa explicar o porquê de não ter ocorrido

uma relação positiva direta da abundância com a dispersão das sementes, pois esta espécie foi a mais abundante mas preferiu a carne em putrefação ao invés das fezes. Espécies generalistas tendem a ter maior permeabilidade ambiental e menor susceptibilidade à extinção (Larsen *et al.* 2008); o que explica a manutenção de grandes populações não somente nos dois ambientes (caatinga e pastagem), como também se mantendo com alta representatividade nas duas estações do ano (chuvosa e seca).

A riqueza de espécies de escarabeíneos foi um fator significativo nas taxas de remoção de sementes. Na caatinga a riqueza foi duas vezes maior que na pastagem e os serviços de dispersão foram mais notáveis, reforçando a ideia de que mudanças na estrutura das comunidades (incluindo o número de espécies, sua diversidade funcional e estrutura morfológica) podem afetar o funcionamento do ecossistema e seus mais variados serviços. Em diversos outros estudos a remoção de sementes também foi afetada positivamente pelo aumento da riqueza de grupos funcionais (Griffiths *et al.* 2015, 2016). A redução da média de biomassa da comunidade de Scarabaeinae afeta negativamente a remoção de fezes (Dangles *et al.* 2012), espécies com grande biomassa têm maior chance de extinção no caso de mudanças ambientais (Larsen *et al.* 2008). Portanto, a modificação ambiental tipificada aqui pela redução de áreas de caatingas à estrutura de pastagens, tanto induz à redução da riqueza quanto à mudança da composição de espécies e conseqüentemente dos grupos funcionais. Logo, pode-se inferir que a formação de pastagens a partir da retirada da caatinga pode influenciar negativamente, por exemplo, nos processos de reciclagem de nutrientes e regeneração da vegetação, tal como acontece nas florestas (Slade *et al.* 2007).

No presente estudo os modelos de taxas de remoção de sementes baseados no ambiente, sazonalidade, abundância e riqueza dos escarabeíneos e sua relação com o tamanho da semente dispersa obteve maiores valores em sementes de tamanho pequeno, o que foi igualmente registrado em outros estudos e ambientes (Estrada & Coates-Estrada 1991; Andresen 1999; Feer 1999; Ebrahimi *et al.* 2014; Feer *et al.* 2013), talvez por que sementes pequenas e médias possam ser realocadas por besouros de diversos tamanhos, já as sementes grandes têm maior probabilidade de serem removidas apenas por besouros de tamanhos maiores (Andresen 2002). Em estudo sobre número de sementes enterradas, constatou-se que sementes pequenas tinham 60% de chances de serem enterradas, enquanto que em relação às sementes médias e grandes este número caiu para apenas 20% (Braga *et al.* 2017). Comparando-se apenas sementes de tamanho grande, Andresen & Levey (2004) registraram 40% de enterramento por escarabeínos na floresta amazônica, com percentuais menores no México (Estrada & Coates-Estrada 1991, de 13%) e no Peru (Andresen 1999, de 12%), o que pode ter variado em função das dimensões das espécies de escarabeíneos destas comunidades (besouros menores), ou por deterem menores índices de riqueza e abundância. No presente estudo na caatinga, foram dispersas 36,8% das sementes grandes, mas o destino da remoção, se enterrado ou realocado para longe do recurso, não foi determinado, o que dificulta nossa comparação com os referidos estudos, que determinaram os grupos funcionais responsáveis pela remoção.

Os escarabeíneos paracoprídeos grandes, representados neste estudo pelo gênero *Dichotomius*, foram os que registraram maior correlação com a dispersão dos três tamanhos de sementes. Esse padrão já foi registrado em vários estudos, sendo o gênero *Dichotomius* amplamente citado como bom dispersor (Vulinec 2000;

Feer 1999). Os besouros grandes tiveram esta correlação positiva devido seu tamanho corporal e biomassa, rápida chegada ao recurso e rápido enterramento antes de outros competidores e da dessecação do recurso, características estas relevantes no processo de remoção de fezes e sementes (Andresen 2003; Anduaga 2004, Griffiths *et al.* 2016; Ortega-Martínez *et al.* 2016). Por outro lado, besouros de tamanhos maiores têm a capacidade de enterrar maior diversidade de tamanhos de sementes e em maior quantidade (Estrada & Coates-Estrada 1991, Nervo *et al.* 2014), podendo esta correlação ser devida ao tamanho do besouro em relação ao diâmetro da semente (ou à largura do pronoto, conforme sugerido por Koike *et al.* 2012); já os besouros pequenos parecem ter efeito relativamente pequeno sobre a remoção de fezes e sementes (Slade *et al.* 2007). Embora o gênero *Dichotomius*, classificado como paracoprídeo grande, tenha ocorrido em baixa abundância, atribuímos a sua correlação significativa na dispersão dos três diferentes tamanhos de sementes, à sua alta eficiência nos processos de remoção (Vulinec 2002). Indivíduos de espécies maiores, porém menos abundantes, como *Dichotomius colonicus*, enterraram uma quantidade cinco vezes maior de fezes em relação a outras espécies e os indivíduos de *Phanaeus tridens* enterraram quase o dobro de sementes (Huerta *et al.* 2018). Estes besouros escarabeíneos grandes caracterizam-se por terem pernas anteriores fortes e bem desenvolvidas que facilita bastante o processo de escavação e abertura de galerias próximas ao bolo fecal utilizado como recurso (Hanski & Cambefort 1991).

O tamanho corporal, portanto, é um fator considerado essencial no que se refere a eficiência de remoção de fezes e das sementes nelas contidas, mas essa eficiência também varia em função da forma de mobilização do recurso, caracterizada por diferentes guildas funcionais nos Scarabaeinae, além de outras

variáveis mais complexas como as taxas metabólicas dos indivíduos e as características morfológicas de cada espécie (Nervo *et al.* 2014). Ao examinar o potencial de dispersão de sementes pelos besouros, a composição das guildas corresponde a uma descrição mais adequada da estrutura de comunidade do que apenas a abundância e riqueza (Vulinec 2002). Neste sentido, os escarabeíneos classificados como paracoprídeos (enterradores), que fazem um túnel abaixo ou perto do recurso alimentar (Halffter & Edmonds 1982) e são tanto os mais abundantes nas florestas tropicais (Hanski & Cambefort 1991), quanto congregam as espécies de tamanhos maiores (Estrada & Coates-Estrada 1991), se apresentam como os mais eficientes removedores de fezes, e considerados potenciais dispersores pois o enterramento aumenta as chances de sucesso na germinação da semente. Porém, no presente estudo, houve uma inversão: registramos os rola-dores, que fazem uma bola de recurso e levam para longe da fonte antes de enterrá-la (Halffter & Edmonds 1982), como os mais abundantes, resultante da presença significativa da espécie *D. verruciferum*, que elevou a abundância dos rola-dores para vinte vezes mais que a de escavadores.

Muitos estudos mostram que os enterradores são muito mais eficientes e removem maiores quantidades de fezes, portanto, são mais correlacionados com a dispersão de sementes devido ao grande volume de massas fecais que enterram (Batilani-Filho *et al.* 2014; Huerta *et al.* 2010, Nervo *et al.* 2014, Amézquita & Fávila 2010, Batilani-Filho & Hernández 2017), nestes estudos os enterradores foram muito mais abundantes que os rola-dores. No trabalho de Huerta *et al.* (2018), por exemplo, os rola-dores representavam apenas 15% das espécies e possuíam abundâncias muito baixas. Como estes enterradores possuem tamanho grande e são frequentemente muito abundantes, são considerados mais importantes na

manutenção das funções de remoção de fezes e sementes nos ecossistemas, e outros grupos funcionais parecem incapazes de compensar, a curto prazo, a perda deste grupo (Slade *et al.* 2007).

As espécies do gênero *Deltochilum* processam menores quantidades, pois necessitam rolar e deslocar o recurso para enterrar em outros ambientes (Hanski & Cambefort 1991). Além do mais, os rolares parecem ser mais seletivos e frequentemente retiram as sementes da porção do recurso a ser deslocada (Feer 1999; Andresen & Levey 2004; Griffiths *et al.* 2015) e esta menor quantidade de fezes removidas pelos rolares pode estar relacionada também ao tempo que é desprendido com disputas pela posse da parcela (bola) do recurso removido e outras interações durante o processo de alocação (Chamorro-Florescano *et al.* 2011). Isto é ainda mais intensificado pela sua alta abundância no presente estudo, aumentando a competitividade, o que pode influenciar na diminuição dos serviços de remoção de fezes e sementes, podendo talvez favorecer a atividade dos indivíduos do gênero *Dichotomius*, que apesar de estarem em menor número, alocam seus recursos abaixo ou muito perto do bolo fecal, diminuindo a competição e disputas pelo recurso, aumentando assim a sua eficácia nestes serviços.

Os besouros dos gêneros *Deltochilum* e *Dichotomius* têm tamanhos e biomassas semelhantes, e são frequentemente abundantes nos ambientes de caatinga. Em estudo realizado sobre remoção de carcaça, Salomão *et al.* (2017) constataram que *Deltochilum verruciferum* e *Dichotomius geminatus* competiram por recursos similares, são de hábitos noturnos, mas apresentaram diferentes picos de atividades durante a noite, uma forma estratégica de evitar a competição. Além do mais, *D. verruciferum* utilizou o recurso com maior frequência do que *D. geminatus*, o que contribui para reforçar nossa inferência sobre a preferência alimentar de

Deltochilum por carcaça e a maior correlação do *Dichotomius* pela dispersão de sementes, já que é considerado um gênero majoritariamente coprófago e promove indiretamente estes serviços ecológicos.

Uma ampla literatura versa sobre a importância dos besouros da subfamília Scarabaeinae na execução de diversos serviços ecossistêmicos, em especial a remoção de fezes e dispersão secundária de sementes e promovendo a regeneração das florestas (Koike *et al.* 2012; Braga *et al.* 2017).

Este é o primeiro estudo sobre como a prestação destes serviços de dispersão secundária ocorre no bioma Caatinga, e estudos posteriores são importantes para colaborar com este entendimento, principalmente por que sendo processos bastante complexos, diversas outras variáveis podem interferir muito além de variáveis usualmente analisadas nos estudos de comunidade (abundância e riqueza). O tamanho, riqueza e diversidade das guildas funcionais; taxas de real germinação das sementes enterradas em ambientes semiáridos como a caatinga, devem ser adicionalmente analisadas, com o uso de sementes reais de espécies de caatinga, visto que a estrutura do solo destes ambientes pode gerar restrições suplementares à germinação.

5. CONCLUSÕES

A retirada da cobertura nativa da Caatinga para formação de pastagens não afetou de maneira significativa os serviços prestados por escarabeíneos como potenciais dispersores secundários de sementes, porém, alguns atributos da comunidade e a sazonalidade causaram interferência na prestação destes serviços.

Com exceção do atributo abundância; os demais, como riqueza de espécies de escarabeíneos e a sazonalidade, mostraram-se significativos, com aumento proporcional dos serviços de dispersão relacionado ao aumento da riqueza e a disponibilidade hídrica na estação chuvosa. Os três diferentes tamanhos de sementes foram dispersos, com correlação mais significativa para os escarabeíneos de tamanho grande, e os indivíduos de tamanho pequeno correlacionaram apenas com sementes pequenas e médias, conforme o esperado.

Este estudo reafirma a importância dos coleópteros da subfamília Scarabaeinae na participação dos serviços de dispersão secundária de sementes. Devido a não existência de estudos sobre estes serviços no bioma Caatinga, estudos posteriores poderão contribuir com o acréscimo de informações sobre a correlação da diversidade funcional das guildas e as taxas de germinação das sementes em ambientes semiáridos, processos estes importantes para manutenção da florestas e entendimento sobre sua dinâmica de regeneração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade Estadual de Feira de Santana pelo apoio logístico à esta pesquisa, e ao Dr. Fernando Vaz-de-Mello pela identificação das espécies.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aidar T., Koller W. W., Rodrigues S. R., Corrêa M. A., Silva J. C. C., Balta O. S., Oliveira J. M. & Oliveira V. L. (2000) Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauana, MS, Brasil. *An. Soc. Entomol. Brasil. Londrina*, **29** (4), 817-820.
- Amézquita S. & Fávila M. E. (2010) Removal rates of native and exotic dung by dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a fragmented tropical rain forest. *Environm. Entomol.* **39**, 328-336.
- Andresen E. (1999) Seed dispersal by monkeys and the fate of dispersed seeds in a Peruvian rain forest. *Biotropica* **31**:145-158.
- Andresen E. (2002) Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. *Ecol. Entomol.* **27**:257-270
- Andresen E. (2003) Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography* **26**, 87-97.
- Andresen E. & Levey D. J. (2004) Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. *Oecologia* **139**:45-54.
- Anduaga S. (2004) Impact of the activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting pasture land in Durango, Mexico. *Environ. Entomol.* **33**, 1307-1312.
- Batilani-Filho M., Batista M., Romeu B., Becker E., Hernández M. I. M. & Favila M. E. (2014) Eficiência de escarabeíneos tuneleiros e roladores na remoção de fezes de mamíferos em Floresta Ombrófila Densa Ecologia de campo: abordagens no mar, na terra e em águas continentais *In* Batilani-Filho M., Zanette-Silva L., Segal B. &

- Hernández M. I. M. (orgs.) Ecologia de campo: abordagens no mar, na terra e em águas continentais. 1. ed. Florianópolis, UFSC/PPGE, 107-115.
- Batilani-Filho M. & Hernández M. I. M. (2017) Decline of ecological functions performed by dung beetles in areas of Atlantic Forest and contribution of rollers and tunnelers in organic matter removal. *Environ. Entomol.* **46**, 784-793.
- Bornemissza G. E. (1970) Insectary studies of the control of dung breeding flies by the activity of the dung beetle *Onthophagus gazella* F. (Coleoptera, Scarabaeidae). *J. Austr. Entomol. Soc.* **9**, 31-41.
- Braga R. F., Korasaki V., Audino L. D. & Louzada J. (2012) Are dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? *Ecosystems* **15**, 1173-1181.
- Braga R. F., Korasaki V., Andresen E. & Louzada J. (2013) 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**(2), e57786. doi:10.1371/journal.pone.0057786
- Braga R. F., Carvalho R., Andresen E., Anjos D. V., Alves-Silva E. & Louzada J. (2017) Quantification of four different post-dispersal seed deposition patterns after dung beetle activity. *J. Trop. Ecol.* **33**, 407–410.
- Brâncio P. A., Euclides V. P. B., Nascimento Jr. D. et al. (2003) Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. *Rev. Bras. Zoot.*, **32** (1), 55-63.
- Cain M. L., Milligan B. G. & Strand, A. E. (2000) Long-Distance Seed Dispersal in Plant Populations. *American Journal of Botany* **87**: 1217-1227.

- Chamorro-Florescano, Favila I. A., M. E. & Macías-Ordóñez R. (2011) Ownership, size and reproductive status affect the outcome of food ball contests in a dung roller beetle: When do enemies share? *Evol. Ecol.* **25**: 277–289.
- Crawley, M. J. (2002) Statistical computing: an introduction to data analysis using S-Plus. 2nd ed. UK: Wiley–Blackwell: p: 772.
- Climate-Data.org (2018) Clima Andorinha. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/andorinha-42846/>, Acesso em dez. 2018.
- Dangles O., Carpio C. & Woodward G. (2012) Size-dependent species removal impairs ecosystem functioning in a large-scale tropical field experiment. *Ecology* **93**, 2615-2625.
- Daniel G. M., Nunes L. G. O. A. & Vaz-de-Mello F. Z. (2014) Species composition and functional guilds of dung beetles (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in different vegetational types in the Brazilian Shield-Chacoan Depression Border. *Ann. Soc. entomol. France.*, doi: 10.1080/00379271.2014.938936
- Ebrahimi M., Rahimi Pordanjani I. & Tahmasebi P. (2014) Role of Functional Groups of Dung 294 Beetles on Secondary Seed Dispersal by Removing Sheep Dung (Case Study: Shahrekord 295 Rangelands). *Ecopersia*. **2**, 819-831.
- Escobar F., Halffter G., Solís A., Halffter V. & Navarrete D. (2008) Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. *J. Appl. Ecol.* **45**, 1584-1592.
- Estrada A. & Coates-Estrada R. (1991) Howler monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: Ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *J. Trop. Ecol.*, **7**, 459-474.

- 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* **15**, 129-142.
- Feer F., Ponge J. F., Jouard S. & Gomez D. (2013) Monkey and dung beetle activities influence soil seed bank structure. *Ecol. Res.* **28**:93-102.
- Hernández M. I. M. (2007) Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. *Oecol. Bras.* **11**, 356-364.
- Griffiths H. M., Louzada J., Bardgett R. D., Beiroz W., Franc A. F., Tregidgo D., Barlow J. (2015) Biodiversity and environmental context predict dung beetle-mediated seed dispersal in a tropical forest field experiment. *Ecology* **96**, 1607-1619.
- Griffiths H. M., Bardgett R. D., Louzada J. & Barlow J. (2016) The value of trophic interactions for ecosystem function: dung beetle communities influence seed burial and seedling recruitment in tropical forests. *Proc. R. Soc. B* **283**:20161634.
- Halffter G & Edmonds W.D. (1982) The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach. México D.F., Man and the Biosphere Program UNESCO, 177 p.
- Hammer Ø., Harper D. A. T. & Ryan P. D. (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electronica* **4**, 1-9
- Hanski, I. & Cambefort Y. (1991) *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press.
- Hernández M. I. M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. *Oecol. Bras.* **11**, 356-364.
- Huerta C., Anduaga S., López-Portillo J. & Halffter G. (2010) Use of food and space by tunneler dung beetles (Coleoptera; Scarabaeinae) during reproduction. *Environ. Entomol.*, **39**, 1165–1169

- Huerta C., Arellano L. & Cruz M. (2018) Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) and dung removal in Mexican livestock pastures. *Rev. Mex. Biodiv.* **89**, 1280-1292.
- Iannuzzi L., Leal L. C., Meiado M. V., Ribeiro S. C. & Salomão, R. P. (2013) First record of myrmecochorous diaspores removal by dung beetles in the Caatinga vegetation, a Brazilian semiarid ecosystem. *J. Arid Environ.* **88**, 1-3.
- Koike S., Morimoto H., Kozakai C., Arimoto I., Soga M., et al. (2012) M The role of dung beetles as a secondary seed disperser after dispersal by frugivore mammals in a temperate deciduous forest. *Acta Oecol.* **41**, 74-81.
- Larsen T. H., Lopera A. & Forsyth, A. (2008) Understanding Trait-Dependent Community Disassembly: Dung Beetles, Density Functions, and Forest Fragmentation. *Cons. Biol.*, **22** (5), 1288-1298.
- Laurance W. F., Camargo J. L. C., Luizão R. C. C. et al. (2011) The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biol. Conserv*, **144**, 56-67.
- Leal I. R., Leal L. C. & Andersen A. N. (2015) The Benefits of Myrmecochory: A Matter of Stature. *Biotropica*, **47**(3), 281-285.
- Liberal C. N., Isidro de Farias Â. M., Meiado M. V., Filgueiras B. K. C., Iannuzzi L. (2011) How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. *J. Ins. Sci* **11**:114 available online: insectscience.org/11.114.
- Manning P., Slade E., Beynon S. A. & Lewis O. T. (2016) Functionally rich dung beetle assemblages are required to provide multiple ecosystem services. *Agric. Ecos. Environ.* **218** (2016), 87-94.

- Marques L. S. (2016) As comunidades de fundo de pasto e o processo de formação de terras de uso comum no semiárido brasileiro. *Soc. & Nat.* **28** (3): 347-359,
- Medina A. M. & Lopes P. P. (2014) Seasonality in the dung beetle community in a Brazilian tropical dry forest: Do small changes make a difference? *J. Ins. Sci.*, **14**, 123-123.
- Moura A. C. A. & McConkey K. R. (2007) The capuchin, the howler, and the Caatinga: seed dispersal by monkeys in a Threatened Brazilian forest. *Am. J. Primat.* **69**, p.220-226.
- Myers N. (1996) Environmental services of biodiversity. *PNAS* **93**, 2764-2769.
- Nathan R., Katul G. G., Bohrer G., Kuparinen A., Soons M. B., Thompson S. E., Trakhtenbrot A. & Horn, H. S. (2011) Mechanistic models of seed dispersal by wind. *Theor. Ecol.* **4**, 113-132
- Nervo B., Tocco C., Caprio E., Palestrini C. & Rolando A. (2014) The effects of body mass on dung removal efficiency in dung beetles. *PLoS ONE* **9**: e107699.
- 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) Successional and seasonal changes in a community of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian tropical dry forest. *Nat. Conserv.* **8**, 160-164.
- Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amezcua S. & Favila M. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biol. Conserv.* **141**(6), 1461-1474.
- Ortega-Martínez I. J., Moreno C. E. & Escobar F. (2016) A dirty job: manure removal by dung beetles in both a cattle ranch and laboratory setting. *Entomol. exp. Appl.* **161**, 70-78.

- R Development Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Salomão R. P., Bezerra B. M. & Iannuzzi L. (2017) Daily activity of *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913) and *Deltochilum verruciferum* Felsche, 1911 (Coleoptera: Scarabaeinae) facing carrion: from resource perception to feeding. *Rev. Bras. Entomol.* **61**, 300- 6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2017.07.001>.
- Santos-Filho M., Peres C. A., Silva D. J. & Sanaiotti T. M. (2012) Habitat patch and matrix effects on small-mammal persistence in Amazonian forest fragments. *Biodiv. Conserv.*, **21**, 1127-1147.
- Silva A. C. C., Prata A. P. N., Mello A. A. & Santos A. C. A. S. (2013) Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma Unidade de Conservação na Caatinga, SE, Brasil. *Hoehnea* 40(4): 601-609.
- Silva, J. M. C., Barbosa, L. C. F., Leal, I. R. & Tabarelli, M. (2017) “The Caatinga: understanding the challenges” In: Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (eds.) Caatinga. The largest tropical dry forest region in South America. Cham: Springer International Publishing, p. 3-19.
- Slade E. M., Mann D. J., Villanueva J. F. & Lewis O. T. (2007) Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. *J. An. Ecol.* **76**, 1094-1104.
- Tscharntke T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batary, P. et al. (2012) Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biol. Rev.*, **87**, 661-685.
- Vulinec K. (2000) Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), monkeys, and conservation in Amazonia. *Fla. Entomol.* **83**: 229-241.
- Vulinec K. (2002) Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. *Biotropica* **34**, 297-309.

Watson D. M. (2012) The Relative contribution of specialists and generalists to mistletoe dispersal: insights from a Neotropical Rain Forest. *Biotropica*. **45**, 195-202.

ANEXOS

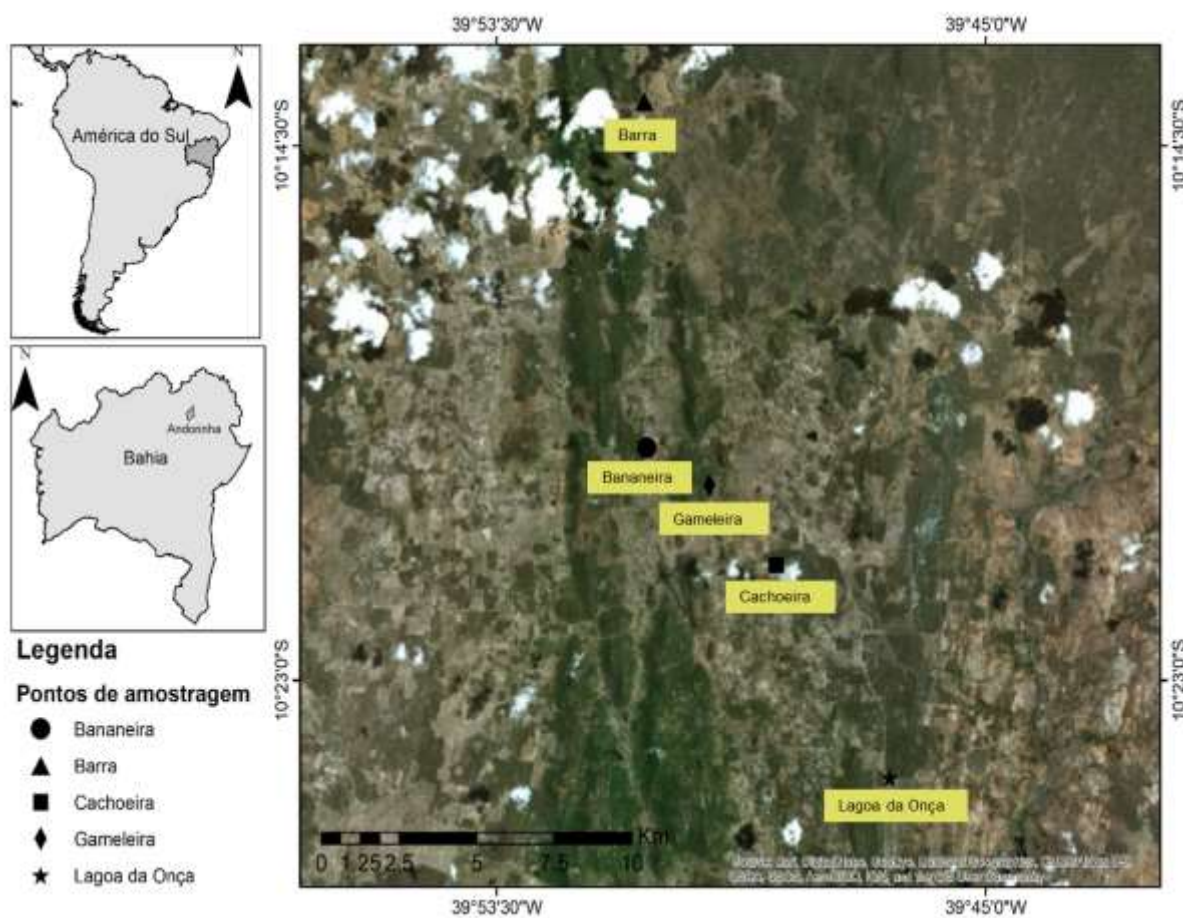


Figura A1. Localização da área de estudo. Município de Andorinha, Bahia, Brasil.

Texto de orientação para autores do periódico alvo de publicação do Capítulo 1:

Journal of Arid Environments

ISSN: 0140-1963

IMPACT FACTOR: 2017: **1.989** © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2018

New submissions

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections.

Texto de orientação para autores do periódico alvo de publicação do Capítulo 2:

Austral Ecology

Online ISSN: 1442-9993

IMPACT FACTOR: **1.73** © Ecological Society of Australia

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2017:96/160 (Ecology)

PREPARING YOUR SUBMISSION

General Style Points

- Manuscripts should be double-spaced.
- The journal uses UK spelling.
- All measurements must be given in SI units
- Abbreviations should be used sparingly. Initially use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation.
- At the first mention of a chemical substance, give the generic name only.
- Trade names should not be used.
- Continuous line numbering must be enabled in the main document.

Title page

The title page should contain:

- (i) a short informative title that contains the major key words. The title should not contain abbreviations (see Wiley's);
- (ii) the full names of the authors;
- (iii) the author's institutional affiliations at which the work was carried out;
- (iv) the full postal and email address, plus telephone number, of the author to whom correspondence about the manuscript should be sent;
- (v) acknowledgements.

Abstract

Articles must have an abstract that states in 300 words or less the purpose, basic procedures, main findings and principal conclusions of the study. The abstract should not contain abbreviations or references. The names of organisms used should be given.

Keywords

Five key words should be supplied below the abstract for the purposes of indexing.

Text

Authors should use the following subheadings to divide the sections of their manuscript: Introduction, Methods, Results, Discussion, Species Nomenclature, Acknowledgements, References. These sections of the text should be less than 7,500 words.

References

The Harvard (author, date) system of referencing is used. Consult a recent issue of the journal for the referencing format.

Personal communications, unpublished data and publications from informal meetings are not to be listed in the reference list but should be listed in full in the text with a year date (e.g. A. Smith, unpublished data, 2000).

References in articles: We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.