



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Zoologia

**Características funcionais, generalismo e preferência alimentar de rola-bosta
(Coleoptera: Scarabaeinae) no Cerrado brasileiro**

Marcela Soares Gigliotti de Carvalho

Brasília - DF

Junho – 2018



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Zoologia

**Características funcionais, generalismo e preferência alimentar de rola-bosta
(Coleoptera: Scarabaeinae) no Cerrado brasileiro**

Marcela Soares Gigliotti de Carvalho

Orientadora: Dra. Marina Regina Frizzas

Tese de Doutorado do curso de Pós-Graduação em Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Brasília - DF

Junho – 2018

Á minha linda mãe, a mulher mais forte desse mundo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e aos meus pais, Marcos Bolívar e Maria da Penha, por me amarem e permitirem continuar estudando esses anos todos e sempre acreditarem em mim e no meu potencial como Ser humano. Ao meu irmão, por ser essa luz Divina em nossas vidas e nos presentear com o Cassiano Jorge, meu sobrinho mais lindo. A toda minha família, meus tios e tias, primos e primas, minhas avós e aos meus avôs (*in memoriam*) por todas as maravilhosas lembranças vividas e que ainda vamos viver. Eu amo muito vocês.

Ao Daniel, meu melhor amigo, parceiro e namorado que mesmo longe se faz presente na minha vida, me incentivando, apoiando e me amando do seu jeitinho mais que especial. E toda sua família que me acolheram maravilhosamente bem.

As minhas grandes amigas, que sem elas a vida não teria a menor graça, em especial: Debs, Maroca, Thaix, Romana, Tainá e Gapi. Obrigada por sempre estarem ao meu lado nos momentos bons, mas também nos de desespero. Aos amigos de vida que quero para sempre por perto: Thiago, Milena, Antonio, Olívia, Lira e Glenda. Aos meus amigos do CrossFit: Luis Felipe, Lucax, Flavia, Beto, Arthur e Angélica.

Aos meus amigos de laboratório e UnB e a todos que me ajudaram em campo e durante meu doutorado de alguma forma: Lira, Marcus, Juliane, Túlio, Nathália, Cristielle, Yuri, Isabela, Marcelo, Neuza, Cíntia e André.

A Dra. Marina Regina Frizzas por me orientar durante meus quatro anos de estudo, contribuindo com a minha formação acadêmica e ajudando a me tornar melhor.

A Dra. Ivone Diniz por toda a contribuição intelectual e financeira no início do meu doutorado.

Ao Dr. Hoback por me orientar no meu período sanduíche nos EUA, por toda ajuda intelectual e por acreditar em mim. E a Universidade Estadual de Oklahoma e todos os funcionários, por terem me recebido tão bem e por terem feito parte dessa caminhada.

Ao Marcelo Pessoa, meu grande amigo e parceiro nesse doutorado por toda a ajuda intelectual, orientação e estatística e por me incentivar a ser melhor sempre.

A Dra. Tainá pela confecção dos mapas e Luiz Lira pela formatação da tese.

Aos funcionários do PNB, FLONA e IBGE, onde as coletas foram realizadas.

Ao Zoológico de Brasília em especial ao Thiago Marques e Filipe Reis e aos funcionários que me receberam muito bem e contribuíram para a realização do terceiro capítulo.

A CAPES por financiar toda a minha pós-graduação, meu mestrado na UFMT, meu Doutorado e meu Doutorado sanduíche.

A UnB – Universidade de Brasília, ao Departamento de Zoologia e todos os professores e funcionários.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3

Capítulo I: Resposta funcional da comunidade de Scarabaeinae em relação à dieta no Cerrado brasileiro.

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO	20
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

Capítulo II: Efeito da umidade no generalismo de espécies de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em duas fitofisionomias de Cerrado

1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

Capítulo III: Atratividade de besouros rola-bosta à massas fecais de diferentes mamíferos nativos do Cerrado (Coleoptera: Scarabaeinae)

1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	60
3. RESULTADOS	64
4. DISCUSSÃO	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
APÊNDICE 1	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I: Resposta funcional da comunidade de Scarabaeinae em relação à dieta no cerrado brasileiro

- Figura 1.** Mapa do Distrito Federal com as áreas de coleta dos Scarabaeinae no bioma Cerrado: Floresta Nacional de Brasília - FLONA (1), Parque Nacional de Brasília - PNB (2) e Reserva ecológica do IBGE (3).....12
- Figura 2.** Atributos morfológicos funcionais dos rola-bosta: A – altura prosterno (seta vermelha) e comprimento da metatíbia (seta amarela); B – tamanho corporal (setas vermelha e amarela) e área da asa; C – área da tíbia anterior.....16
- Figura 3.** Índices de diversidade funcional e riqueza absoluta da comunidade de rola-bosta nas duas fitofisionomias de cerrado (cerrado e mata de galeria) e nas duas iscas (fezes e carne) avaliadas.....19

Capítulo II: Efeito da umidade no generalismo de espécies de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em duas fitofisionomias de cerrado

- Figura 1.** Mapa do Distrito Federal com as áreas de coleta dos Scarabaeinae no bioma Cerrado: Floresta Nacional de Brasília - FLONA (1), Parque Nacional de Brasília - PNB (2) e Reserva ecológica do IBGE (3).....37
- Figura 2.** Riqueza e abundância absoluta das espécies de rola-bosta entre as fitofisionomias de cerrado e entre os períodos de seca e chuva.....42
- Figura 3.** Proporção ponderada (proporção de indivíduos na isca x multiplicado pela frequência de indivíduos na isca x) pela umidade e tipo de ambiente. Demonstrando a influência da umidade no generalismo. (vermelho = mata; preto = cerrado).....43

Figura 4. Umidade relativa das duas fitofisionomias nos dois anos de coleta (2015 – 2016).....	44
Figura 5. Precipitação total dos dois anos de coleta (2015 – 2016).....	44
Figura 6. Temperaturas máximas e mínimas dos dois anos de coleta (2015-2016).....	45

Capítulo III: Atratividade de besouros rola-bosta à massas fecais de diferentes mamíferos nativos do cerrado

Figura 1. Mapa do Distrito Federal. Em destaque o Parque Nacional de Brasília – PNB.....	60
Figura 2. Disposição das armadilhas de coleta para rola-bosta, iscados cada um com um tipo de isca (CA – carnívoros; ON – onívoros e HE – herbívoros) no Parque Nacional de Brasília.....	62
Figura 3. Estimativa das espécies por número de indivíduos de rola-bosta referente as dietas (ovívoro; carnívoro e herbívoro).....	64
Figura 4. Abundância das espécies de rola-bosta coletadas em cada tipo de dieta (Apu = <i>Ateuchus puncticollis</i> ; Cba = <i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i> ; Cde = <i>Canthidium decoratum</i> ; Cin = <i>Chalcocopris inexpectatus</i> ; Cma = <i>Canthidium marseuli</i> ; Csp = <i>Coprophanæus spitz</i> ; Cvi = <i>Canthidium</i> aff. <i>viride</i> ; Dmi = <i>Diabroctis mirabilis</i> ; Ds1 = <i>Deltochilum</i> sp.1; Ds2 = <i>Deltochilum</i> sp.2; Eca = <i>Eurysternus caribæus</i> ; Eni = <i>Eurysternus nigrivirens</i> ; Gcr = <i>Genieridium cryptops</i> ; Obu = <i>Onthophagus</i> aff. <i>buculus</i> ; Opa = <i>Oxysternon palemo</i> ; Pki = <i>Phanaeus kirbyi</i> ; Uho = <i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> ; Us1 = <i>Uroxys</i> sp.1; Us2 = <i>Uroxys</i> sp.2).....	66
Figura 5. Ordenação das espécies de Scarabaeinae em relação as dietas dos mamíferos (círculo: onívoro; triângulo: carnívoro; quadrado: herbívoro).....	67

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I: Resposta funcional da comunidade de Scarabaeinae em relação à dieta no cerrado brasileiro

Tabela 1: Número de indivíduos por espécie de rola-bosta capturados com pitfalls iscados com carne e fezes humanas em duas fitofisionomias de cerrado.....18

Capítulo II: Efeito da umidade no generalismo de espécies de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em duas fitofisionomias de cerrado

Tabela 1: Número de indivíduos de rola-bosta capturados por espécies em relação as duas fitofisionomias (cerrado e mata), sazonalidade (seca e chuva) e guilda trófica (C = dieta coprófaga; G = generalista).....41

Capítulo III: Atratividade de besouros rola-bosta à massas fecais de diferentes mamíferos nativos do cerrado (Coleoptera: Scarabaeinae)

Tabela 1: Número de indivíduos capturados por espécies em relação aos tipos de recursos - mamíferos onívoros: *Lycalopex vetulus* (Lv); *Cerdocyon thous* (Ct); *Chrysocyon brachyurus* (Cb); mamíferos carnívoros: *Leopardus tigrinus* (Lt); *Leopardus colocolo* (Lc); *Puma yagouaroundi* (Py); mamíferos herbívoros: *Tapirus terrestris* (Tt); *Mazama gouazoubira* (Mg); *Ozotoceros bezoarticus* (Ob).....65

Apêndice I

Tabela: Número de indivíduos de rola-bosta coletados nas três áreas de proteção ambiental do Distrito Federal.....76

RESUMO

Os besouros da família Scarabaeidae, subfamília Scarabaeinae, são popularmente conhecidos como rola-bosta. Como estimativa da diversidade brasileira do grupo, o número de espécies pode ultrapassar a marca de 1.200 espécies. Os Scarabaeinae são essencialmente detritívoros, consumindo restos de animais mortos, frutos em decomposição e, principalmente, fezes de mamíferos. Esses besouros apresentam um importante papel no ecossistema, pois atuam diretamente na incorporação de biomassa não assimilada por consumidores primários e na disponibilidade de nutrientes a serem utilizados pelos produtores do ecossistema e também em outros processos ecológicos como a dispersão secundária de sementes, alteração das propriedades físico-químicas do solo e o controle das populações de parasitas associados as fezes. A tese priorizou investigar padrões referentes as duas principais dietas dos rola-bosta, a coprofagia e necrofagia, em duas fitofisionomias do bioma Cerrado do Distrito Federal, durante uma coleta de dois anos ininterruptos realizada em três unidades de conservação. Primeiro foi verificada a resposta funcional da comunidade de rola-bosta através de índices de diversidade funcional em relação a coprofagia e necrofagia em duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* e mata de galeria. Segundo, com a premissa de que a exploração do alimento pelos besouros rola-bosta é dependente de variáveis ambientais, como por exemplo a umidade, foi verificado o efeito da umidade no generalismo da comunidade de rola-bosta também nas duas dietas e em relação as fitofisionomias cerrado *sensu stricto* e mata de galeria. E por último, sabendo que a coprofagia é a dieta predominante, onde os Scarabaeinae utilizam principalmente fezes de mamíferos como recurso alimentar e também para a confecção de seus ninhos, foi verificada a atratividade dos besouros rola-bosta as fezes de nove mamíferos nativos do bioma cerrado.

Palavras-chave: diversidade funcional, necrofagia, coprofagia, mamíferos, Scarabaeidae

ABSTRACT

The beetles of the Scarabaeidae family, subfamily Scarabaeinae, are known as dung beetles. As an estimate of the Brazilian diversity of the group, the number of species can exceed the mark of 1200 taxa. Scarabaeinae are essentially detritivores, consuming remains of dead animals, decaying fruits and, mainly, mammalian feces. These beetles play an important role in the ecosystem because they act directly in the incorporation of biomass not assimilated by primary consumers and in the availability of nutrients to be used by the producers of the ecosystem and also in other ecological processes such as the secondary dispersion of seeds, and the control of the populations of parasites associated with feces. The thesis prioritized to investigate patterns referring to the two main diets of the dung beetles, coprophagia and necrophagy, in the cerrado biome of the Federal District, during an uninterrupted two-year collection. First, it was verified the functional response of the dung beetles community through functional diversity indexes in relation to coprophagy and necrophagy and to two in two areas, cerrado *sensu stricto* and gallery forest. Second, with the premise that the exploitation of the food by the dung beetles is dependent on environmental variables, such as humidity, the effect of moisture in the generalism of the dung beetles community was verified in both diets and in relation to the in two areas cerrado *sensu stricto* and gallery forest. Finally, knowing that coprophagy is the predominant diet, where the Scarabaeinae mainly use mammalian feces as food resources and also to make their nests, the attractiveness of the beetles was verified by the feces of nine mammals native to the Brazilian cerrado.

Key words: functional diversity, necrophagy, coprophagy, mammals, Scarabaeidae

INTRODUÇÃO GERAL

Os coleópteros da família Scarabaeidae, subfamília Scarabaeinae são popularmente conhecidos como rola-bosta e apresentam grande diversidade de espécies em áreas tropicais, com aproximadamente 7.000 espécies conhecidas (Schoolmeesters *et al.*, 2017). Estimativas da diversidade brasileira do grupo chegam à marca de 1.200 espécies, sendo 323 endêmicas do país, distribuídos em seis tribos (Ateuchini, Canthonini, Coprini, Eurysternini, Onthophagini e Phanaeini) (Vaz-de-Mello, 2000). Estes besouros apresentam-se como um grupo bastante diversificado na região dos trópicos, formando comunidades bem definidas do ponto de vista taxonômico e funcional (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Halffter, 1991). Um grupo com grande importância ecológica devido aos seus hábitos alimentares, como a ciclagem de nutrientes, controle de praga e dispersão secundária de sementes. São detritívoros, alimentando-se de matéria em decomposição, como restos de animais, frutos podres e fezes de vertebrados (Halffter & Matthews, 1966; Scholtz & Chown, 1995).

A coprofagia é um aspecto fundamental da biologia da maioria das espécies de rola-bosta, um fator importante que determina suas características comportamentais, distribuição geográfica e morfologia (Hanski & Camberfort, 1991). Há poucos estudos sobre as dietas desse grupo. Existem basicamente duas diferentes dietas para os Scarabaeinae: a necrofagia onde se alimentam de carcaças de animais e a coprofagia, a mais predominante, onde utilizam principalmente fezes de mamíferos como recurso alimentar e também para a confecção de seus ninhos (Halffter & Matthews, 1966). Alguns gêneros apresentam espécies coprófagas ou necrófagas e existem espécies com ambos os tipos de dieta. As diferenças na dieta são decorrentes de fatores ecológicos locais e regionais, como por exemplo a disponibilidade e abundância dos recursos, no caso de locais como nas savanas da África com mamíferos de grande porte, ou como na região neotropical que em sua maioria tem mamíferos de pequeno/médio porte (Halffter & Matthews, 1966; Louzada & Lopes, 1997).

Quanto à distribuição dessas espécies no Cerrado e no Distrito Federal (DF), as informações são escassas e, em muitos casos, inexistentes. Milhomem (2003) registrou a ocorrência de 103 espécies de Scarabaeidae em áreas de Cerrado do DF, Nunes *et al.* (2012) coletaram 27 espécies em campo rupestre no DF e, mais recentemente, Rocha (2016) em uma unidade de conservação do DF registrou 46 espécies de rola-bosta em uma fitofisionomia de Cerrado. Entretanto ainda existe pouca informação sobre o grupo o que não permite saber a

real dimensão da diversidade e distribuição dos Scarabaeinae no Cerrado do Distrito Federal. O bioma Cerrado é constituído por diferentes fitofisionomias como: cerradão, Cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo limpo, veredas e matas de galeria (Eiten, 1972). O Cerrado *sensu stricto* é a fitofisionomia predominante no Cerrado, cobrindo aproximadamente 70% da extensão do bioma (Eiten, 1972). Possui vegetação que ocorre geralmente em faixas extensas e contínuas, sem que haja formação de dossel arbóreo contínuo (Eiten, 1994), sendo, portanto, áreas mais abertas. Já as matas de galeria, apresentam uma vegetação florestal que acompanha os corpos d'água de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água (Ribeiro, 1998). Apesar de representarem apenas 5% da área do Cerrado, as matas de galerias possuem extrema importância na biodiversidade desse bioma (Ribeiro & Walter, 2001).

Uma das ameaças mais sérias à diversidade biológica é a alteração ou fragmentação do habitat que muitas vezes é atribuída ao efeito negativo da intervenção antrópica na estrutura e no funcionamento de um ecossistema, causando a extinção de espécies da fauna e da flora, alterando assim a disponibilidade de recursos (Primack & Rodrigues, 2002). E o bioma Cerrado e suas fronteiras vem sofrendo bastante com o crescimento desordenado e o avanço do agronegócio, reduzindo sua extensão drasticamente (Ribeiro, 2011). Os rola-bosta são muito utilizados como bioindicadores ambientais e para avaliação e monitoramento do efeito dos distúrbios e do funcionamento dos ecossistemas (Scherer-Lorenzen, 2005) e alguns estudos já demonstraram a sensibilidade deste grupo a alterações, como fragmentação do habitat (Halfpter *et al.*, 1992; Estrada *et al.*, 1998). Com isso, existem algumas vantagens de se usar os rola-bosta como modelo amostral, pois são de fácil captura através de metodologias padronizadas e que podem ser replicadas em qualquer local (Halfpter & Favila, 1993; Favila & Halfpter, 1997). Além disso, a amostragem desses besouros possui um custo baixo e pode ser feita com rapidez e facilidade, permitindo ao pesquisador descrever a comunidade desses besouros em um tempo relativamente curto (Spector, 2006).

A tese esta subdividida em três capítulos, o primeiro abordou a resposta funcional da comunidade de Scarabaeinae em relação a dieta no Cerrado, no segundo capítulo verificou-se o efeito da umidade no generalismo de espécies de rola-bosta em duas fitofisionomias de Cerrado e no terceiro capítulo testou-se a atratividade dos rola-bosta à massas fecais de mamíferos nativos do Cerrado com diferentes tipos de dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38: 201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N. (Ed.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. SEMATEC/UnB, Brasília, p. 17-73, 1994.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R.; DADDA, A. A. & CAMMARANO, P. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Tropical Ecology*, 14: 577-593, 1998.
- FAVILA, M. E. & HALFFTER, G. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.), 72: 1-25, 1997.
- HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 82: 195-238, 1991.
- HALFFTER, G. & FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventoring and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, 27: 15-21, 1993.
- HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. & HALFFTER, V. A comparative study of the structure of the scarab guild in mexican tropical rain forests and derived ecosystems. *Folia Entomológica Mexicana*, 84: 131-156, 1992.
- HALFFTER, G. & EDMONDS, W. D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). *An Ecological and Evolutive Approach*. 1 ed Veracruz: Instituto de Ecología. 176 p. 1982.
- HALFFTER, G. & MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 14(12): 1-312, 1966.

HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. *Dung beetle ecology*. Princeton: Princeton University Press, 481 p. 1991.

LOUZADA, J. N. C. & LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Entomologia*, 41(1):117-121, 1997.

MILHOMEN, M. S. A fauna de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera: Scarabaeioidea) do Cerrado de Brasília, DF: Variação anual, efeito do fogo e da cobertura vegetal. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília: Brasília, 2003.

NUNES, R. V.; FRIZZAS, M. R.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of a rupestrian Field at Cafuringa, Distrito Federal, Brazil: commented list of species. *Biota Neotropica*, 12(4): 1-5, 2012.

PRIMACK, B. R. & RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Planta, 327 p. 2002.

RIBEIRO, J.F. 1998. Cerrado: matas de galeria. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. 164p.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. p. 29-47. *In*: J. F. Ribeiro; C. E. L. Fonseca & J. C. Souza-Silva. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, EMBRAPA/Cerrados. 2001.

RIBEIRO, M. L. Reserva Ecológica do IBGE - Biodiversidade Terrestre. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. v. 1. Rio de Janeiro, 2011.

ROCHA, M. V. C. Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília: Brasília, 2016.

SCHERER-LORENZEN, M. Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. *In*: Barthlott W.; Linsenmair K. E.; Porembski S. (eds) Biodiversity: Structure and Function. In

Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), vol Developed under the Auspices of the UNESCO. EOLSS Publisher, Oxford. 2005.

SCHOLTZ, C. H. & CHOWN, S. L. The evolution of habitat use and diet in the Scarabaeoidea: a phylogenetic approach. *In*: PAKALUK, J; LIPINSKI, S.A.S. (org.). Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera. Warsaw: Museum i Institut Zoologii PAN, p. 355–374. 1995.

SCHOOLMEESTERS, P.; DAVIS, A. L. V.; EDMONDS, W. D.; GILL, B.; MANN, D.; MORETTO, P.; PRICE, D.; REID, C.; SPECTOR, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. ScarabNet's Global Taxon Database updated to v.1.5. Available at: <http://216.73.243.70/scarabnet/results.htm>. Access on: 1 nov. 2017.

SPECTOR, S. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity and conservation research. *The Coleopterists Bulletin*, 5: 71–83, 2006.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. 2000. *In*: MARTÍN-PIERA, F. et al. (Eds.), Hacia um Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica em Iberoamérica: PRIBES-2000. Monografias Tercer Milênio, vol 1., Zaragoza, pp. 183–195, 2000.

CAPÍTULO I

Resposta funcional da comunidade de Scarabaeinae em relação à dieta no Cerrado brasileiro

RESUMO

Vários fatores podem influenciar o funcionamento do ecossistema, e as características funcionais das espécies seria um deles. Nesse contexto, muitos trabalhos abordam a relação da diversidade com o ambiente e utilizam a Diversidade Funcional. Os atributos utilizados para estes estudos, normalmente, são propriedades definidas a priori e podem ser consideradas como quaisquer características do indivíduo, desde que possa ser mensurável, podendo ser morfológica, comportamental, fenológica ou fisiológica, que afetem o *fitness* do indivíduo. O objetivo do trabalho foi investigar a resposta da diversidade funcional da comunidade de rola-bosta em relação às diferentes dietas (coprofagia e necrofagia) em duas fitofisionomias, Cerrado *sensu stricto* e mata de galeria do Distrito Federal. As coletas foram realizadas em três áreas de proteção ambiental do bioma Cerrado no Distrito Federal e em duas fitofisionomias, mata de galeria (áreas mais fechadas) e Cerrado *sensu stricto* (áreas mais abertas). Em cada fitofisionomia foram colocadas 15 armadilhas iscadas com fezes humanas, fígado de boi e sem isca, considerada controle. As coletas dos besouros foram mensais durante dois anos. Foram medidos cinco atributos funcionais morfológicos. A partir dos valores obtidos para os atributos funcionais e a dieta das espécies de Scarabaeinae para cada ambiente foram calculados os seguintes índices de diversidade funcional: riqueza funcional, equitabilidade funcional e divergência funcional. Com os índices de diversidade funcional obtidos, foi feito um modelo linear generalizado (GLM) e foi verificado o efeito de isca (fezes e carne), ambiente (Cerrado e mata) e sua interação em cada índice. Foram coletados 3.175 rola-bosta, totalizando 47 espécies e 16 gêneros. Para a riqueza absoluta tanto o ambiente (Cerrado e mata) quanto a isca (fezes e carne) afetam a riqueza ($p < 0,01$), para a riqueza funcional apenas o efeito do ambiente é importante para a comunidade ($p = 0,0052$), já para a equitabilidade funcional e divergência funcional apenas a isca afeta a comunidade, ($p = 0,0075$ e $p = 0,0025$, respectivamente).

Palavras-chaves: diversidade funcional, índices de diversidade, rola-bosta, Brasil central.

1. INTRODUÇÃO

Vários fatores podem influenciar o funcionamento do ecossistema, e as características funcionais das espécies seria um deles (Silva, 2012). Nesse contexto, muitos trabalhos abordam a relação da diversidade com o ambiente e utilizam a Diversidade Funcional (Flynn *et al.*, 2009; Biswas & Mallik, 2010; Silva, 2012; Pessoa *et al.*, 2017; Nunes *et al.*, 2018). A Diversidade Funcional de uma comunidade é obtida pela amplitude de características funcionais dos organismos, que influenciam um ou mais aspectos do funcionamento do ecossistema (Diaz & Cabido, 2001; Cianciaruso *et al.*, 2009). Os atributos utilizados para estes estudos, normalmente, são propriedades definidas a priori e podem ser consideradas como quaisquer características do indivíduo, desde que possa ser mensurável, podendo ser morfológica, comportamental, fenológica ou fisiológica, que afetem o valor adaptativo do indivíduo (Viole *et al.*, 2007; Cadotte, 2011).

Com as medidas desses atributos, Villéger *et al.* (2008) criaram três índices de diversidade de natureza multivariada, considerando a abundância como um fator de importância funcional das espécies. São eles: riqueza funcional, equitabilidade funcional e divergência funcional. A riqueza funcional é o espaço funcional ocupado pela comunidade. Esse índice pode ser estimado pela diferença entre os valores máximos e mínimos da riqueza de espécies presentes na comunidade. Uma baixa riqueza funcional indica que alguns dos recursos potencialmente disponíveis para a comunidade não são utilizados. Reduzindo a produtividade da comunidade no ambiente (Petchey, 2003; Manson *et al.*, 2005). A equitabilidade mede a regularidade do espaçamento entre espécies ao longo de um gradiente de características funcionais e a uniformidade na distribuição da abundância entre as espécies. Assumindo que a disponibilidade de recursos é uniforme em todo o espaço de nicho, uma menor equitabilidade funcional indica que algumas partes do espaço de nicho, enquanto ocupadas, são subutilizadas. Isso tenderá a diminuir a produtividade e a confiabilidade, além de aumentar as oportunidades de invasores (Manson *et al.*, 2005). E a divergência funcional, que representa como a abundância se espalha ao longo de um eixo de características funcionais, dentro da faixa ocupada pela comunidade. A alta divergência funcional indica um alto grau de diferenciação de nicho e, portanto, baixa competição de recursos. Assim, as comunidades com alta divergência funcional podem ter aumentado a função do ecossistema como resultado do uso mais eficiente dos recursos (Manson *et al.*, 2005). A utilização da diversidade através desses índices é importante, pois estudos

demonstram que a diversidade funcional, melhora a compreensão dos padrões de biodiversidade, uma vez que captura diferentes aspectos dos papéis ecológicos das espécies, uso de recursos e requisitos de habitat (Nunes *et al.*, 2016), além de influenciar os serviços ecológicos como produtividade, resiliência a perturbações e invasões, e regulação de ciclos de matéria (Villéger *et al.*, 2008) e determiná-los pode ajudar na conservação do meio ambiente.

Um grupo bastante diverso e abundante são os besouros rola-bosta, pertencentes a subfamília Scarabaeinae. Estes besouros são importantes modelos de estudos não só pelo papel ecológico importante no ecossistema, mas também, pelo fato da sua amostragem ser de baixo custo, rápida e fácil, o que permite comparações mais seguras da comunidade em um tempo relativamente curto (Spector, 2006). O grupo está relacionado com diversos processos naturais (Nichols *et al.*, 2008), tais como dispersão secundária de sementes (Andresen, 2002), remoção de matéria orgânica em decomposição do ambiente (Halffter & Matthews, 1966), o que reforça a importância de trabalhos considerando a funcionalidade. Diversos trabalhos têm utilizado os rola-bosta para avaliar a resposta destes índices em relação às alterações ambientais, como por exemplo, mudanças causadas por humanos afetam a riqueza e a composição de espécies de rola-bosta tornando-os mais vulneráveis à extinção (Slade *et al.*, 2007; Barragán *et al.*, 2011). Outro trabalho discutiu como o desempenho das funções dos rola-bosta em relação a remoção do recurso alimentar, escavação do solo e dispersão secundária de sementes é afetado pelos atributos da comunidade e os fatores ambientais (Nunes *et al.*, 2018). Foi verificado também o efeito da inundação na diversidade funcional de besouros rola-bosta no Pantanal de Poconé, Mato Grosso (Pessoa, 2013) e a resposta da diversidade funcional de rola-bosta aos diferentes usos de solo na amazônia brasileira (Silva, 2012).

A comunidade de rola-bosta é bem representativa no bioma Cerrado possuindo 44 espécies confirmadas (Vaz-de-Mello, 2018), mas ainda pouco estudada na região. A principal dieta desses besouros é a coprofagia, a qual utilizam as fezes de mamíferos como recurso alimentar, porém, existem outros recursos explorados por estes besouros, como por exemplo a necrofagia, alimentando-se de animais em decomposição (Halffter & Matthews, 1966). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e possui um mosaico de diferentes tipos de vegetação, Cerrado *sensu stricto*, campos de Cerrado, vereda, cerradão e mata de galeria (Eiten, 1972). A paisagem é dominada por fitofisionomias abertas tendo apenas 5% da sua área coberta pelas matas de galeria (Ribeiro & Walter, 2001). Em relação aos índices de

diversidade funcional, o presente estudo é o primeiro estudo que aborda a resposta funcional da comunidade de rola-bosta em relação a ambientes de Cerrado e a dieta dos mesmos.

Com isso testamos se a influência de uma espécie nas funções de um ecossistema está relacionada com suas características funcionais, e podem ser agrupadas conforme a similaridade na utilização de um recurso alimentar. Portanto, espécies de rola-bosta que exploram maior quantidade e tipos de recursos (coprofagia em relação a necrofagia), possuem maior variação de atributos funcionais. Assim, espera-se que as espécies possuam uma maior variação nas características morfológicas relacionadas com a alocação de recurso por explorarem maiores quantidades e tipos de recurso do que as espécies que utilizam um só tipo de recurso alimentar. E o objetivo do trabalho foi investigar a resposta da diversidade funcional da comunidade de rola-bosta em relação às diferentes dietas (coprofagia e necrofagia) em duas fitofisionomias, Cerrado *sensu stricto* e mata de galeria do Distrito Federal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O Distrito Federal está localizado na porção mais elevada do Planalto Central do Brasil. Segundo a classificação de Köppen, o clima é tropical de savana e de altitude, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa (Codeplan, 1984). O DF possui vegetação de Cerrado *sensu lato*, sendo encontradas diversas fitofisionomias como o Cerrado *sensu stricto*, campos de Cerrado, vereda, cerradão e mata de galeria (Eiten, 1972). A maioria da paisagem é dominada por fitofisionomias abertas tendo apenas 5% da sua área coberta pelas matas de galeria (Ribeiro & Walter, 2001). A região do Cerrado é conhecida como o berço das águas do Brasil, pois nessa região se concentra grande parte das nascentes de importantes bacias hidrográficas como: a Bacia Amazônica, a Bacia Araguaia-Tocantins, a Bacia do Rio São Francisco (Caatinga) e a Bacia Platina (Atlântica) (Aquino *et al.*, 2012).

O presente trabalho foi realizado em três áreas representativas do bioma Cerrado no Distrito Federal. Em cada uma destas áreas foi selecionada uma área de Cerrado *sensu stricto* e uma área de mata de galeria para as amostragens dos besouros, o que totalizou três áreas de coleta em cada uma das duas fitofisionomias (Figura 1).

Uma das áreas se encontra no Parque Nacional de Brasília (PNB) (15°42'53.92''S, 47°59'30.58''W) que possui aproximadamente 42.389,01 hectares, onde há grande diversidade de formações vegetais, incluindo todas as fitofisionomias do bioma Cerrado, abrigando alta diversidade de flora e fauna, incluindo desde invertebrados até mamíferos. O PNB é importante como corredor ecológico para as espécies da região, pois faz limite com as Áreas de Proteção Ambiental do Descoberto, da Cafuringa e com a Floresta Nacional (ICMBIO, 2014).

A outra área selecionada foi na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) (15°56'49.97"S, 47°52'05.62"W) que possui 1.300 hectares e que também apresenta os principais tipos de vegetação do bioma Cerrado: cerradão, Cerrado, campos (sujo e limpo) e matas ciliares (brejos e veredas). O IBGE faz parte da APA Gama Cabeça de Veado, e faz fronteira com a Fazenda Experimental Água Limpa da Universidade de Brasília e o Jardim Botânico de Brasília, entre outras pequenas áreas. O IBGE é formado por cinco cursos d'água, formando a Bacia do Córrego Taquara (Ribeiro, 2011).

A Floresta Nacional de Brasília (FLONA) (15°47'11.65"S, 48°03'54.30"W) possui 9.346 hectares e está localizada na região noroeste do Distrito Federal e foi outra área

selecionada para este estudo. É uma área com cobertura florestal de espécies usadas em reflorestamentos, predominando eucaliptos e espécies de *Pinus*, além das principais fitofisionomias de Cerrado em área de preservação permanente envolvendo as nascentes dos córregos Currais e Pedras (IBAMA, 2014).

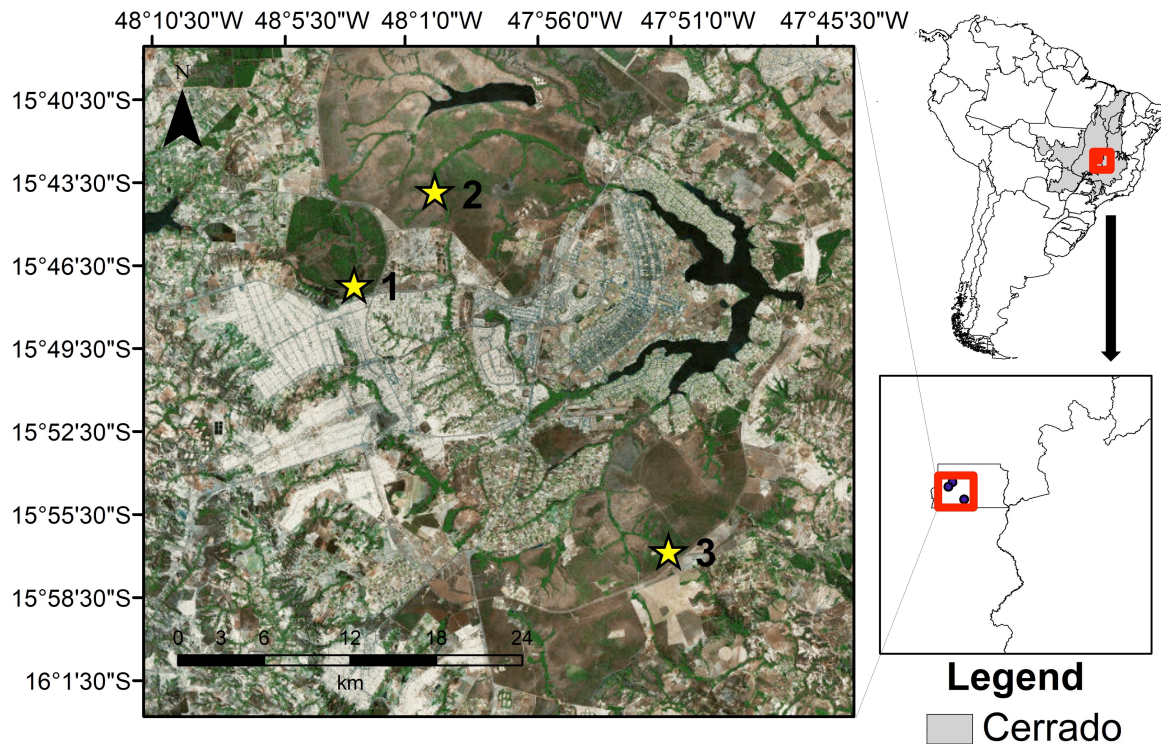


Figura 1. Mapa do Distrito Federal com as áreas de coleta dos Scarabaeinae no bioma Cerrado: Floresta Nacional de Brasília - FLONA (1), Parque Nacional de Brasília - PNB (2) e Reserva ecológica do IBGE (3).

2.2. Coleta de dados

As coletas dos besouros foram mensais durante dois anos a partir de janeiro (mês da estação chuvosa no Distrito Federal) de 2015 a dezembro de 2016. Em cada uma das três áreas de estudo foram selecionados dois tipos de fitofisionomias (unidades amostrais) para as coletas dos Scarabaeinae: mata de galeria (maior cobertura vegetal) e Cerrado *sensu stricto* (menor cobertura vegetal). Em cada uma das unidades amostrais foram delineados três transectos, com distância de 2 m entre eles, para que houvesse a opção de escolha entre as diferentes dietas (Silva, 2012), onde foram dispostas 15 armadilhas, totalizando 90 armadilhas, sendo 30 por área de estudo.

A coleta de Scarabaeinae foi realizada por armadilhas do tipo *pitfall*, que é uma técnica de coleta amplamente utilizada em levantamentos do grupo nas regiões tropicais (Hanski & Cambefort, 1991). Cada armadilha consistiu de dois recipientes plásticos: um com capacidade de 1l contendo água e detergente para quebrar a tensão superficial do líquido, facilitando a captura dos insetos (Larsen & Forsyth, 2005) e outro com a capacidade de 50 ml, suspenso por arames, que abrigou a isca e por cima uma cobertura para proteção da chuva.

As 15 armadilhas foram dispostas no transecto equidistantes em 50 m, sendo cinco armadilhas iscadas com fezes humanas, cinco com fígado de boi, e cinco sem isca, a massa de isca utilizada em cada armadilha foi de aproximadamente 25 g. As armadilhas ficaram expostas 48 horas no campo. Os Scarabaeinae coletados foram armazenados em álcool 70%, devidamente etiquetados e no laboratório foram triados, montados e identificados até gênero de acordo com a chave de identificação de Vaz-de-Mello *et al.* (2011). Após a identificação genérica, os exemplares foram levados até o especialista (Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello, UFMT/Cuiabá/MT) da área para serem identificados até espécie. Os vouchers do material coletado foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília.

2.3. Atributos funcionais

Para a obtenção dos atributos funcionais foram utilizados os Scarabaeinae coletados. Foram medidos, quando possível, 5 indivíduos de cada espécie para cada fitofisionomia (Cerrado *sensu stricto* e mata de galeria) e cada dieta (fezes e carne). Cada atributo foi medido através de fotografia em papel milimetrado, utilizando o software ImageJ e os atributos utilizados segundo metodologia de Pessoa *et al.* (2017) foram:

- Tamanho corporal (Figura 2B): o tamanho do indivíduo está relacionado com a massa de recurso utilizada e consumida por ele. O tamanho foi medido pelos comprimentos do pronoto e do élitro, evitando assim variações da posição da cabeça e do pigídio (Radtke *et al.*, 2007; Slade *et al.*, 2007).
- Área da asa (Figura 2B): está associada com a capacidade de dispersão do indivíduo. Esse atributo pode interferir no momento da chegada em um recurso, obtendo assim vantagem ao utilizar primeiramente um recurso (Byrne *et al.*, 1988; Dudley, 2002; Hongo, 2010).

- Área da tíbia anterior (Figura 2C): indivíduos com maior área da tíbia anterior possuem capacidade de escavação e conseqüentemente uma maior capacidade de manipulação/escavação do recurso alimentar (Halffter & Mathews, 1966).
- Altura do prosterno (Figura 2A): indivíduos com uma maior altura do prosterno sugere uma maior capacidade muscular/força, devido aos músculos do primeiro par de pernas estarem localizados nessa região (Pringle, 1939; Vilhelmsen *et al.*, 2010).
- Comprimento da metatíbia (Figura 2A): essa medida está associada ao ato de rolar/deslocar o recurso, indivíduos com uma metatíbia maior, seriam melhores rolares (Hanski & Cambefort, 1991).

2.4. Análise de dados

A partir dos valores obtidos para os atributos funcionais e a dieta das espécies de Scarabaeinae para cada ambiente foram calculados os seguintes índices de diversidade funcional (Villéger *et al.*, 2008) no R Project - pacote FD (2018):

Riqueza funcional: ou o volume ocupado por uma comunidade no espaço dos atributos; calculado através do logaritmo de Quickhull (Barber *et al.*, 1996).

Equitabilidade funcional: descreve a uniformidade da distribuição da abundância no espaço dos atributos funcionais. Inicialmente se obtém a *árvore de extensão mínima*. Após isso este valor é dividido pela soma das abundâncias através da fórmula:

$$EW_l = \frac{dist(i,j)}{w_i + w_j}$$

Onde EW é a equitabilidade ponderada, $dist(i,j)$ é a distância euclidiana entre as espécies i e j envolvidas no ramo l , w_i é a abundância relativa da espécie i e w_j é a abundância relativa da espécie j . Para cada um dos ramos é calculado o valor de EW , e para obter a equitabilidade pesada parcial PEW , o valor é dividido pela somatória de EW de todos os ramos, definido como:

$$PEW_l = \frac{EW}{\sum_{l=1}^{S-1} EW_l}$$

No caso de uma regularidade perfeita entre os ramos da árvore, todos EW serão iguais e consequentemente todos os valores de PEW serão de $1/(S-1)$. Já quando os valores de PEW são diferentes entre os ramos o índice final deve diminuir. Assim para corrigir este efeito a fórmula final do índice é a seguinte:

$$FE_{ve} = \frac{\sum_{i=1}^{S-1} \min\left(PEW, \frac{1}{S-1}\right) - \frac{1}{S-1}}{1 - \frac{1}{S-1}}$$

Divergência funcional: representa como a abundância é distribuída ao longo de um eixo de características funcionais, dentro da faixa ocupada pela comunidade. Inicialmente obtém-se os centro de gravidade ($Gv(g1, g2, g3...gt)$) das V espécies presentes no vértice do volume convexo através da fórmula: onde x_{ik} é a coordenada da espécie i no atributo k .

$$g_k = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V x_{ik}$$

Após o valor obtido do centro de gravidade é calculado a distância euclidiana entre cada S espécie presente e o centro de gravidade:

$$dG_i = \sqrt{\sum_{k=1}^T (x_{ik} - g_k)^2}$$

Após é calculada a distância média das S espécies ao centro de gravidade (dG):

$$\overline{dG} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S dG_i$$

Então, a soma dos desvios pesados pela abundância (Δd) e os desvios pesados pela abundância absolutos para as distâncias ($\Delta|d|$) do centro de gravidade são calculados para todas as espécies:

$$\Delta d = \sum_{i=1}^S w_1 \times (dG_i - \overline{dG})$$

$$\Delta|d| = \sum_{i=1}^S w_i \times |dG_i - \overline{dG}|$$

Assim a divergência funcional pode ser calculada da seguinte maneira:

$$FDiv = \frac{\Delta d + \overline{dG}}{\Delta |d| + \overline{dG}}$$

Com os índices de diversidade funcional obtidos, foi feito um modelo linear generalizado (GLM) e com a riqueza encontrada em cada isca foi criado um modelo para cada índice na seguinte fórmula:

$$indice \sim isca + ambiente + isca * ambiente \sim 1 | area$$

Onde foi verificado o efeito de isca (fezes e carne), ambiente (Cerrado e mata) e sua interação em cada índice citado acima. Para controlar o efeito das diferentes áreas, a área foi mantida como fator aleatório do modelo.

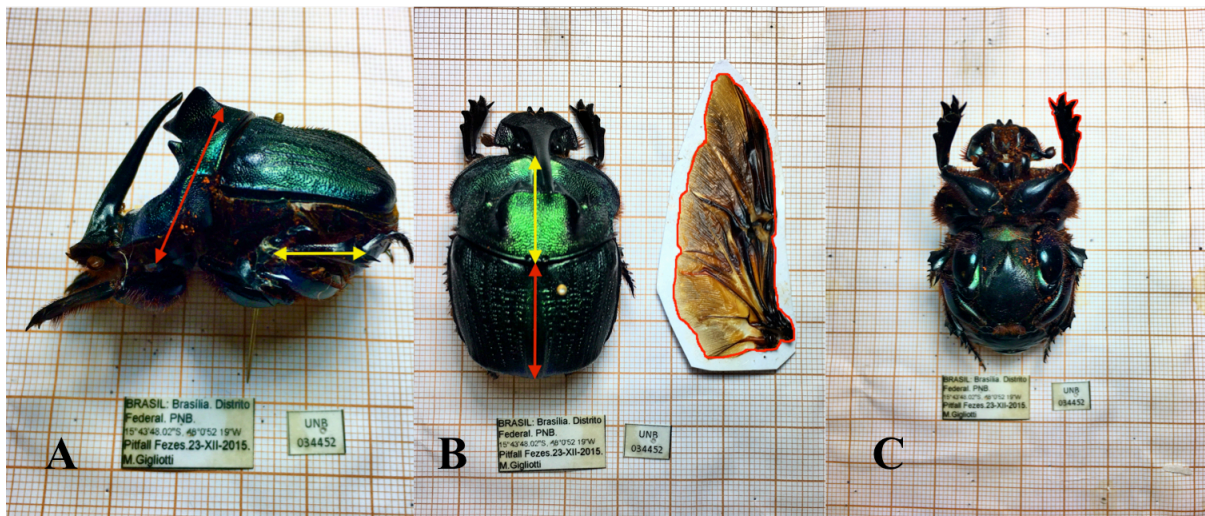


Figura 2. Atributos morfológicos funcionais dos rola-bosta: A – altura prosterno (seta vermelha) e comprimento da metatíbia (seta amarela); B – tamanho corporal (setas vermelha e amarela) e área da asa; C – área da tíbia anterior.

3. RESULTADOS

Foram coletados 3.175 indivíduos de besouros rola-bosta, totalizando 47 espécies e 16 gêneros. Sendo 64,28% apenas no Parque Nacional de Brasília, 20,09% na Reserva Ecológica do IBGE e 15,46% na Floresta Nacional de Brasília. O PNB é a área que possui maior riqueza com 38 espécies coletadas, IBGE 28 espécies e Flona 26 espécies. A espécie mais abundante no total foi *Oxysternon palemo* com 23,87% dos indivíduos coletados, seguido por *Eurysternus caribaeus* com 17% e por *Dichotomius* aff. *carbonarius* com 9,09% (anexo 1 – tabela com os valores das 3 áreas). O Cerrado *sensu stricto* teve 66,14% dos indivíduos coletados e a mata de galeria 34,64%. A dieta/isca mais atrativa foi a de fezes (coprófaga) com 93,19% dos rola-bosta coletados, com isso a dieta/isca de carne (necrófago) capturou apenas 6,80% do total de indivíduos (Tabela 1).

Para a riqueza absoluta tanto o ambiente (Cerrado e mata) quanto a isca (fezes e carne) afetaram a riqueza ($p < 0,01$) (Figura 3) ou seja, existe um efeito de isca (as riquezas nas iscas são diferentes), há menos espécies de rola-bosta na isca de carne do que na isca de fezes, mas é muito mais forte no Cerrado *sensu stricto* do que na mata de galeria. Para a riqueza funcional apenas o efeito do ambiente é significativo ($p = 0,0052$), no Cerrado as espécies de rola-bosta são mais parecidas entre si, ou seja, são mais semelhantes morfológicamente, ao contrário da mata, em que as espécies são mais diferentes. Para a equitabilidade funcional e divergência funcional apenas a isca afeta a comunidade, no caso da equitabilidade funcional as espécies da isca de fezes possuem uma equitabilidade maior ($p = 0,0075$) e a divergência funcional, as espécies na isca de carne são funcionalmente mais parecidas ($p = 0,0025$).

Tabela 1: Número de indivíduos por espécie de rola-bosta capturados com *pitfall* iscados com carne e fezes humanas em duas fitofisionomias de Cerrado.

Espécies	Cerrado		Total	Mata		Total
	Carne	Fezes		Carne	Fezes	
<i>Ateuchus punticollis</i> (Harold, 1867)	2	88	90	-	-	-
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	1	46	47	-	1	1
<i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i> Borre, 1886	3	95	100	-	2	2
<i>Canthidium</i> aff. <i>viride</i> (Lucas, 1859)	7	32	39	-	-	-
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867	-	1	1	-	-	-
<i>Canthidium</i> sp.1	3	23	27	-	1	1
<i>Canthon</i> aff. <i>pauxillus</i> Harold, 1868	-	2	2	-	-	-

<i>Canthon aff. piluliformis</i> Blanchard, 1845	-	1	1	-	-	-
<i>Canthon aff. virens</i> (Mannerheim, 1829)	-	1	1	-	-	-
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868	-	1	1	-	-	-
<i>Canthon decoratum</i> (Perty, 1830)	3	40	43	-	1	1
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	-	3	3	-	-	-
<i>Canthon tristis</i> Harold, 1862	1	36	37	1	-	1
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	1	-	1	-	-	-
<i>Canthonella</i> sp.	-	12	12	-	1	1
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	-	-	-	-	7	7
<i>Coprophanaeus dardanus</i> (MacLeay, 1819)	-	-	-	-	2	2
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	-	12	12	-	-	-
<i>Coprophanaeus spitzii</i> (Pessôa, 1934)	83	89	173	-	-	-
<i>Deltochilum pseudoycarus</i> Balthasar, 1939	-	1	1	-	1	1
<i>Deltochilum</i> sp.1	-	-	-	3	1	4
<i>Deltochilum</i> sp.2	2	13	15	20	67	88
<i>Deltochilum</i> sp.3	1	25	26	11	32	43
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	1	28	29	-	-	-
<i>Dichotomius angeloi</i> Nunes, Carvalho & Vaz-de-Mello, 2016	-	4	4	2	69	71
<i>Dichotomius aff. bicuspis</i> (Germar, 1824)	-	3	3	3	-	3
<i>Dichotomius aff. carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	-	102	102	6	183	189
<i>Dichotomius aff. lycas</i> (Felsche, 1901)	-	3	3	-	-	-
<i>Dichotomius crinicollis</i> (Germar, 1824)	-	20	20	-	9	9
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	-	14	14	-	1	1
<i>Dichotomius reichei</i> (Germar, 1824)	-	-	-	32	49	93
<i>Dichotomius</i> sp.	-	-	-	4	12	16
<i>Dichotomius zikani</i> (Luederwaldt, 1922)	-	-	-	-	3	3
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	-	16	16	-	528	528
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	-	136	136	-	2	2
<i>Eurysternus navajavi</i> Martínez, 1988	-	19	19	-	-	-
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	2	129	133	-	-	-
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	-	1	1	-	-	-
<i>Onthophagus ptox</i> Erichson, 1847	-	29	29	-	2	2
<i>Onthophagus aff. buculus</i> Mannerheim, 1829	-	50	50	-	2	2
<i>Oxysternon palemo</i> Castelnau, 1840	15	746	762	-	2	2
<i>Phanaeus kirby</i> Vigors, 1825	-	5	5	-	-	-
<i>Phanaeus splendidulus</i> (Fabricius, 1781)	-	-	-	-	2	2
<i>Uroxys aff. thoracalis</i> Balthasar, 1940	6	89	95	-	16	16
<i>Uroxys</i> sp.1	3	43	46	-	5	5
Total	134	1958	2100	82	1001	1100

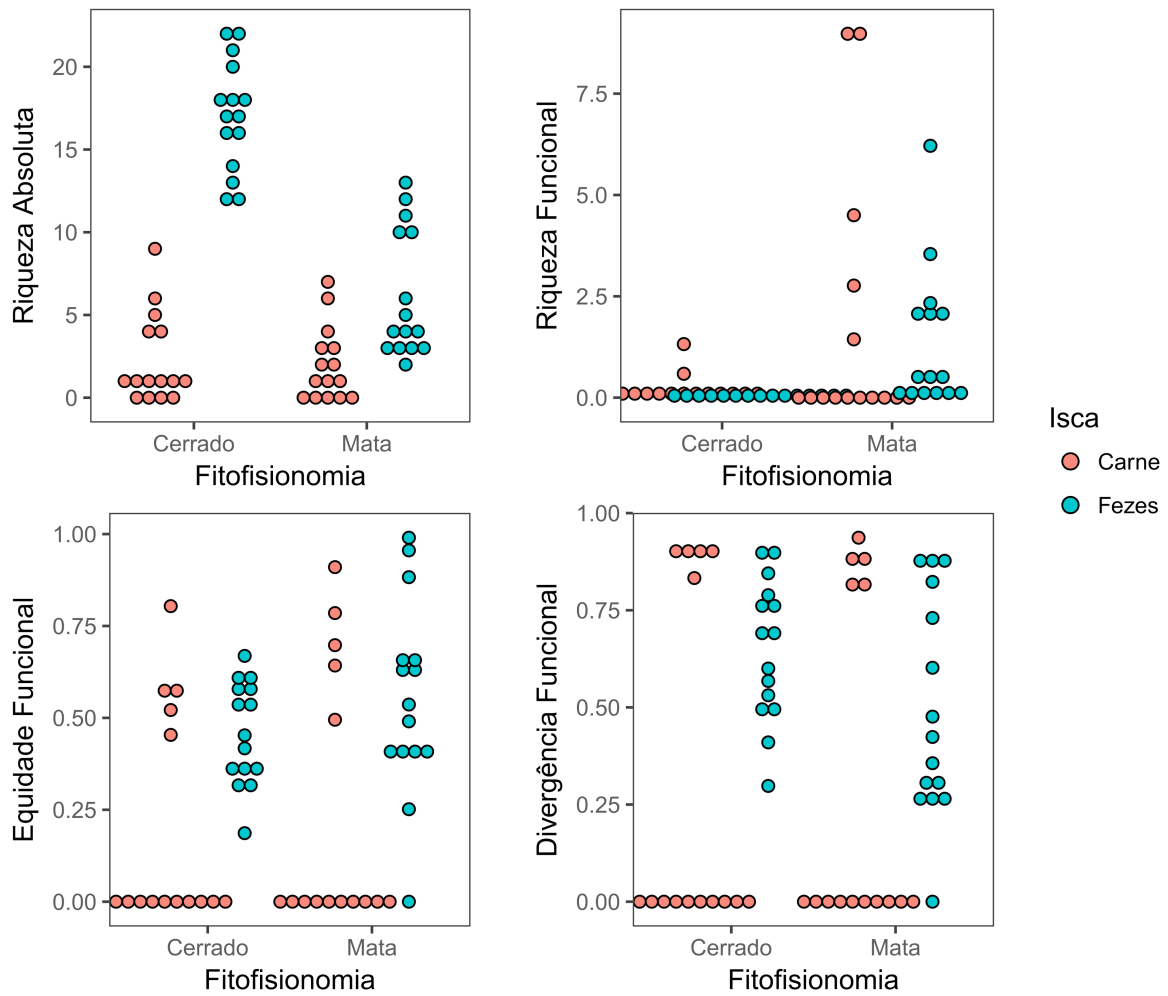


Figura 3. Índices de diversidade funcional e riqueza absoluta da comunidade de rola-bosta nas fitofisionomias (Cerrado *sensu stricto* e mata de galeria) e nas iscas (fezes e carne).

4. DISCUSSÃO

Este trabalho contribuiu com uma lista de 47 espécies de rola-bosta para o Distrito Federal. O número de espécies válidas de rola-bosta no Cerrado até o momento é o maior dos biomas brasileiros, com 44 espécies (Vaz-de-Mello, 2018). E este trabalho apresenta três espécies a mais só para o DF, enfatizando a importância de aumentar e expandir os estudos e levantamentos da fauna de Scarabaeinae no Cerrado, que apresenta uma grande biodiversidade e é uma área prioritária para a conservação (Myers *et al.*, 2000).

O presente estudo foi realizado durante dois anos atípicos, com baixas precipitações, com média de 90.63 mm em 2015 e média de 95.06 em 2016 e o índice pluviométrico médio anual varia de 1.500 a 1.750 mm no Cerrado do Distrito Federal (ICMBio, 2018). O trabalho de Rocha (2016) com apenas três coletas no período chuvoso, registrou 2.605 indivíduos de rola-bosta no PNB, 600 indivíduos a mais que o encontrado no presente estudo com dois anos de coleta. Demonstrando a importância da chuva na atividade dos rola-bosta, já que é no período chuvoso onde eles se alimentam e reproduzem (Halffter & Matthews, 1966). Para o IBGE, Milhomen (2003) registrou 103 espécies em três fitofisionomias, esse trabalho foi o primeiro levantamento de Scarabaeidae do DF, o que justifica o elevado número de espécies, pois nem todas as espécies dessa família são consideradas rola-bosta e algumas das identificações não chegaram a nível de espécie e outras já foram reconfirmadas. A FLONA, até o momento, não tinha nenhum levantamento de Scarabaeinae, e este trabalho contribuiu com uma lista de 26 espécies de rola-bosta. A Floresta Nacional de Brasília possui uma cobertura vegetal com espécies exóticas de reflorestamentos e áreas nativas de Cerrado *sensu stricto* e matas de galerias que protegem importantes nascentes e faz divisa com o PNB (ICMBio, 2018).

A espécie *Canthidium marseuli* possui uma distribuição geográfica regional restrita a áreas rupestres (Almeida & Louzada, 2009; Nunes *et al.*, 2012) mas foi coletada no PNB no presente estudo com apenas um indivíduo. A baixa abundância dessa espécie e de outras espécies no presente estudo, pode se dar pela vulnerabilidade e especialização da sua dieta e habitat (Halffter & Mathews, 1966).

Ao analisar a riqueza absoluta, tanto a fitofisionomia quanto a isca afetaram a riqueza de rola-bosta. Os padrões da comunidade são diferentes dentro das fitofisionomias, ou seja, existe uma interação entre isca e ambiente. Esses dados corroboram com o padrão encontrado em trabalhos com diferentes iscas, onde armadilhas iscadas com fezes capturaram maior

número de espécies (Halffter & Matthews, 1966; Filgueiras *et al.*, 2009; Silva & Di Mare, 2012; Silva *et al.*, 2012; Cajaiba *et al.*, 2017) e também corroboram com a preferência desses besouros por ambientes abertos (Hanski & Camberfort, 1991; Milhomen, 2003).

Para a riqueza funcional apenas o ambiente afeta a comunidade. No Cerrado as espécies de rola-bosta são mais parecidas entre si, possuindo um espaço funcional menor, o que indica que as espécies são mais semelhantes morfológicamente, desempenhando assim menos funções (a capacidade da comunidade é reduzida). Ao contrário da mata, que as espécies são mais diferentes o que gera uma maior diversidade funcional, ou seja, uma maior variabilidade funcional, que está relacionada com uma maior heterogeneidade ambiental em áreas florestadas (Felfili, 1995; Pinto, 2002). Barragán *et al.* (2011) em um estudo com diferentes distúrbios no México, encontrou para os rola-bosta uma maior riqueza funcional em ambientes de florestas tropicais e fragmentos florestais. Biswas & Mallik (2010) verificaram uma maior riqueza funcional em áreas com poucos distúrbios ambientais e em áreas que não apresentaram retiradas da cobertura vegetal. Com isso essa menor riqueza funcional no Cerrado *sensu stricto* pode estar relacionada com a subutilização dos recursos potencialmente disponíveis para a comunidade de rola-bosta (Mason *et al.*, 2005).

Observando esses dois índices, equitabilidade e divergência funcional (Figura 4), podemos observar que houve uma redundância funcional maior na isca de fezes do que na isca de carne, funcionalmente os besouros são mais parecidos na isca de fezes do que na isca de carne. Essa maior redundância na isca de fezes pode estar relacionada com a coprofagia, por ser a principal dieta dos rola-bosta (Halffter & Matthews, 1966) e com a extinção dos mamíferos de grande porte no Pleistoceno, houve um aumento na competição por outros tipos de recursos, permitindo que a necrofagia ganhasse espaço, diversificando o hábito alimentar dos rola-bosta (Halffter & Edmonds, 1982; Gill, 1991).

Na equitabilidade funcional, pode-se observar como o grau em que a biomassa de uma comunidade é distribuída no espaço do nicho, que permite a utilização efetiva de toda a gama de recursos (no caso a isca) disponíveis (Manson *et al.*, 2005). A isca de fezes tem maior equidade, isso significa que as espécies utilizam este recurso de uma maneira mais eficiente, preenchendo uniformemente o espaço funcional. Indicando que as espécies encontradas na isca de carne subutilizam os recursos disponíveis. A coprofagia é um aspecto fundamental da biologia da maioria das espécies de rola-bosta sendo um dos fatores que determinam as características de comportamento, distribuição, morfologia e desenvolvimento (Halffter & Matthews 1966; Camberfort, 1991). No presente estudo a maioria das espécies

apresentaram dieta coprófaga e nenhuma foi considerada apenas necrófaga, outros trabalhos também verificaram esse mesmo padrão (Louzada & Lopes, 1997; Silva *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009; Silva & Di Mare, 2012). As diferenças na dieta são decorrentes de fatores como por exemplo a disponibilidade e abundância dos recursos, e como na América do Sul a presença de mamíferos de grande porte é menor comparada aos grandes mamíferos africanos, fez com que os besouros rola-bosta na região neotropical explorassem uma gama maior de diferentes tipos de fezes, acarretando uma baixa riqueza de rola-bosta necrófagos, já que a especialização nesse determinado tipo de dieta é mais recente (Halffter & Matthews, 1966; Cambefort, 1991; Gill, 1991).

A divergência funcional é alta na isca de carne, ou seja, as espécies são mais diferentes funcionalmente do que as espécies da isca de fezes. A alta divergência funcional indica um alto grau de diferenciação de nicho e, portanto, baixa competição por recursos (Manson *et al.*, 2005). Assim, as comunidades com alta divergência funcional podem aumentar a função do ecossistema como resultado do uso mais eficiente dos recursos (Manson *et al.*, 2005; Villéger *et al.*, 2008). Sabemos que existem espécies consideradas necrófagas e que podem utilizar mais esse tipo de recurso (Louzada & Lopes, 1997; Silva *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009; Silva & Di Mare, 2012). No presente estudo a isca de carne apresentou uma menor riqueza e abundância, desse modo podemos inferir que essa alta diversidade funcional na isca de carne pode estar relacionada com o fato do recurso ser mais escasso (no caso da necrofagia, como citado acima, ser uma dieta relativamente nova para os rola-bosta) e devido as espécies serem muito diferentes, elas ocupam nichos diferentes e acabam tendo menos competição (Hanski & Cambefort, 1991; Garcia *et al.*, 2016). Já para a isca de fezes, essa semelhança funcional entre as espécies aumenta a competição, mas essa competição pode ser diluída por terem mais recurso ou mais tipos de recursos disponíveis, isso pode ser explicado pela rica e representativa mastofauna, com aproximadamente 110 espécies de mamíferos não voadores no Cerrado brasileiro (ICMBio, 2018), permitindo uma grande diversidade de recurso alimentar para os rola-bosta.

Podemos observar que as relações evolutivas nos diferentes tipos de iscas e ambientes podem afetar diretamente as relações funcionais dos besouros rola-bosta. Existem diferenças referentes a abundância e riqueza dessas espécies, quando comparadas a áreas com diferentes coberturas vegetais e em relação a sua dieta (Hanski & Cambefort, 1991; Martinez & Montes de Oca, 1994; Moreno *et al.*, 1998). Embora a literatura mostre que as comunidades desses besouros, principalmente na região neotropical, tenham uma tendência à generalização de

suas funções (Halffter & Matthews, 1966) esse padrão pode ser investigado através da utilização de índices de diversidade com a vantagem de obter padrões mais finos quando utilizados apenas a identidade das espécies.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P. & LOUZADA, J. N. C. Estrutura de comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias de Cerrado e sua importância para a conservação. *Neotropical Entomological*, 38(1): 32-43, 2009.

ANDRESEN, E. Primary seed dispersal by red howler monkeys and the effect of defecation patterns on the fate of dispersed seeds. *Biotropica*, 34(2): 261-272, 2002.

AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, E. S. Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares. *Embrapa*. Brasília, DF. 40 p. 2012.

BARBER, C. B.; DOBKIN, D. P.; HUHDANPAA H. T. The Quickhull algorithm for convex hulls. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 22: 469–483, 1996.

BARRAGÁN, N. F; MORENO, C. E; ESCOBAR, F, HALFFTER, G; NAVARRETE D. Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *Plos One*, 6(3): 1–8, 2011.

BISWAS, S. R. & MALLIK, A. U. Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities. *Ecology*, 91(1): 28-35, 2010.

BYRNE, D. N.; BUCHMANN, S. L.; SPANGLER, H. G. Relationship between wing loading, wingbeat frequency and body mass in homopterous insects. *Journal of Experimental Biology*, 135(1): 9–23, 1988.

CADOTTE, M. W. The new diversity: management gains through insights into the functional diversity of communities. *Journal of Applied Ecology*, 48(5): 1067-1069, 2011.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. *Revista de Biologia Tropical*, 65(3): 917-924, 2017.

CAMBEFORT, Y. From saprophagy to coprophagy. *In: Dung Beetle Ecology* (eds. I. Hanski & Y. Cambefort). pp. 22-35. Princeton University Press, Princeton. 481 p. 1991.

CIANCIARUSO, M. V., SILVA, I. A. & BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropical*. 9(3): 93-100, 2009.

CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto. Atlas do Distrito Federal, vol II. Brasília, DF, 1984.

DIAZ, S.; CABIDO, M. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 646-655, 2001.

DUDLEY, R. Mechanisms and implications of animal flight maneuverability. *Integrative and Comparative Biology*, 42(1): 135–140, 2002.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38: 201-341, 1972.

FELFILI, J. M. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Journal Tropical Ecology*, 11: 67-83, 1995.

FILGUEIRAS, B. K. C.; LIBERAL, C. N.; AGUIAR, C. D. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; IANNUZZI, L. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3): 422–427, 2009.

FLYNN, D. F. B.; GOGOL-PROKURAT, M.; NOGEIRE, T.; MOLINARI, N.; RICHERS, B. T.; LIN, B. B.; SIMPSON, N.; MAYFIELD, M. M.; DECLERCK, F. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters*, 12(1): 22-33, 2009.

GILL, B. D. Dung beetles in tropical American forests. In: HANSKI, ILKKA and CAMBEFORT, YVES (Org.). *Dung Beetle Ecology*. Nova Jersey: Princeton University Press, Cap. 12, p.211-229. 1991.

HALFFTER, G. & EDMONDS, W.D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach. 155. 1982.

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

HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. Competition in dung beetles. In: HANSKI, ILKKA and CAMBEFORT, YVES (Org.). *Dung Beetle Ecology*. Nova Jersey: Princeton University Press, Cap. 12, p.211-229. 1991.

HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. *Dung Beetle Ecology*. New Jersey, Princeton University Press, 481 p. 1991.

HONGO, Y. Does flight ability differ among male morphs of the Japanese horned beetle *Trypoxylus dichotomus septentrionalis* (Coleoptera Scarabaeidae)? *Ethology Ecology & Evolution*, 22(3): 271–279, 2010.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/44-p?download=2327> (acessado em 10 de dezembro de 2016).

ICMBio-Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/visitacao/ucsabertas-a-visitacao/213> parquenacional-de-brasilia acesso em 1 de abril de 2018.

GARCIA, L. E.; MORAES, R. M.; VIANNA, E. E. S. Levantamento de besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) do Bioma Pampa. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15(2): 144-154, 2016.

LARSEN, T. H.; FORSYTH, A. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. *Biotropica*, 37(2): 322–325, 2005.

LOUZADA, J. N. C. & LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Entomologia*, 41(1): 117-121, 1997.

RADTKE, M. G.; FONSECA, C. R. V.; WILLIAMSON, G. B. The old and young amazon: dung beetle biomass, abundance, and species diversity. *Biotropica*, 39(6): 725–730, 2007.

MANSON, N. W. H.; MOUILLOT, D.; LEE, W. G.; WILSON, J. B. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111: 112–118, 2005.

MARTINEZ, I. & MONTES DE OCA, T. Observaciones sobre algunos factores microambientales y el ciclo biológico de dos especies de escarabajos rodadores (Coleoptera, Scarabaeidae, *Canthon*). *Folia Entomológica Mexicana*, 91: 47-59, 1994.

MARTÍNEZ, N. J.; GARCÍA, H.; PULIDO, L. A.; OSPINO, D. & NARVÁEZ, J. C. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology*, 38(6): 708-715, 2009.

MILHOMEN, M. S. A fauna de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera: Scarabaeioidea) do Cerrado de Brasília, DF: Variação anual, efeito do fogo e da cobertura vegetal. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília: Brasília, 2003.

MORENO, A. M., OLVERA, S. C. Y; RAMÍREZ, J. R. P. Analisis de la comunidad de Coleoptera necrófilos de “Las Escolleras”, Alvarado, Veracruz, Mexico. *Dugesiana*, 5(1): 23-40, 1998.

MYERS, N.R.A.; MITTERMEIER, C.G.; MITTERMEIER, G.A.; FONSECA, B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858, 2000.

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

NUNES, C. A.; BRAGA, R. F.; FIGUEIRA, J. E. C.; NEVES, F. D. S.; FERNANDES, G. W. Dung Beetles along a Tropical Altitudinal Gradient: Environmental Filtering on Taxonomic and Functional Diversity. *Plos One* 11(6): e0157442. doi:10.1371/journal.pone.0157442. 2016.

NUNES, C. A.; BRAGA, R. F.; RESENDE, F. M.; NEVES, F. S.; FIGUEIRA, J. E. C.; FERNANDES, G. W. Linking biodiversity, the environment and ecosystem functioning: ecological functions of dung beetles along a tropical elevational gradient. *Ecosystems*, 21:1-11, 2018.

NUNES, R. V.; FRIZZAS, M. R.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of a rupestrian Field at Cafuringa, Distrito Federal, Brazil: commented list of species. *Biota Neotropica*, 12(4): 1-5, 2012.

PESSOA, M. B. Diversidade funcional e estrutura das comunidades de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) em diferentes ambientes do Pantanal de Poconé. Dissertação apresentada á Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. 2013.

PESSÔA, M. B.; IZZO, T. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Assemblage and functional categorization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) from the Pantanal. *PeerJ*, 5:e3978. 1-19, 2017.

PETCHEY, O. L. Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning. *Oikos*, 101: 323-330, 2003.

PINTO, J. R. R. Dinâmica da comunidade arbórea-arbustiva em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília. 2002.

PRINGLE, J. W. S. The motor mechanism of the insect leg. *Journal of Experimental Biology*, 16(2): 220–231, 1939.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. p. 29-47. In: J. F. Ribeiro; C. E. L. Fonseca & J. C. Souza-Silva. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, EMBRAPA/Cerrados. 2001.

RIBEIRO, M. L. Reserva Ecológica do IBGE - Biodiversidade Terrestre. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. v. 1. Rio de Janeiro, 2011.

ROCHA, M. V. C. Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília: Brasília, 2016.

SILVA, P. G. & DI MARE, R. A. Escarabeíneos copro-necrófagos (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) de fragmentos de Mata Atlântica em Silveira Martins, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Serie Zoologia*, 102: 197-205, 2012.

SILVA, P. G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. & DI MARE, R. A. Attractiveness of different bait to the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in forest fragments in extreme southern Brazil. *Zoological Studies*, 51: 429-441, 2012.

SILVA, P. G.; GARCIA, M. A. R. & VIDAL, M. B. Besouros copro- necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae *stricto sensu*) coletados em ecótono natural de campo e mata em Bagé, RS. *Ciência e Natura*, 30(2): 71-91, 2008.

SILVA, W. B. I. Resposta da Diversidade Funcional de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) aos diferentes usos de solo na Amazônia. Dissertação apresentada á Universidade Federal de Lavras. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada. 2012.

SLADE, E. M.; MANN, D. J.; VILLANUEVA, J. F.; LEWIS, O. T. Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. *Journal of Animal Ecology*, 76(6): 1094–1104, 2007.

SPECTOR, S. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An invertebrate focal taxon for biodiversity and conservation research. *The Coleopterists Bulletin*, 5: 71–83, 2006.

VAZ-DE-MELLO, F.Z. Scarabaeinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>>. Acesso em: 01 Abr. 2018.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F.; SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854: 1-73, 2011.

VILHELMOSEN, L.; MIKO, I.; KROGMANN, L. Beyond the wasp-waist: structural diversity and phylogenetic significance of the mesosoma in apocritan wasps (Insecta: Hymenoptera). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 159(1): 22–194, 2010.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89/8: 2290-2301, 2008.

VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5): 882–892, 2007.

CAPÍTULO II

Efeito da umidade no generalismo de espécies de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em duas fitofisionomias de Cerrado

RESUMO

Os Scarabaeinae são besouros detritívoros, popularmente conhecidos como rola-bosta e utilizam carcaças, frutos em decomposição e, principalmente, fezes de mamíferos como recurso para alimentação e construção de seus ninhos. A exploração do alimento pelos besouros rola-bosta é dependente de variáveis ambientais, como por exemplo a umidade, a qual pode alterar a disponibilidade de alimento pressionando as espécies a utilizarem diferentes estratégias de dietas, e apesar dessa importante variável climática e sua relação na disponibilidade de recurso alimentar, nenhum trabalho foi realizado no Cerrado, até o momento. Portanto, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito da umidade no generalismo das espécies de rola-bosta em duas fitofisionomias de Cerrado. As coletas foram realizadas em três áreas de proteção ambiental do bioma Cerrado no Distrito Federal e em duas fitofisionomias, mata de galeria (áreas mais fechadas) e Cerrado *sensu stricto* (áreas mais abertas). Em cada fitofisionomia foram colocadas 15 armadilhas iscadas com fezes humanas, fígado de boi e sem isca, considerada controle. As coletas dos besouros foram mensais durante dois anos. Foram coletados 2.100 indivíduos e 40 espécies de rola-bosta só no Cerrado *sensu stricto*. As duas espécies mais abundantes foram *Oxysternon palemo* com 762 (36,28%) indivíduos capturados, seguido por *Coprophanaeus spitzi* com 173 indivíduos (8,23%). Já na mata de galeria foram 1.100 indivíduos e 29 espécies, a espécie mais abundante foi *Eurysternus caribaeus* com 528 (48%) indivíduos capturados, seguido por *Dichotomius* aff. *carbonarius* com 189 indivíduos (17,18%). O resultado do GLMM demonstrou que a umidade afeta ($p = 0,0046$) o generalismo das espécies de rola-bosta, mas não existe diferença entre as fitofisionomias, quanto maior a umidade maior o generalismo.

Palavras-chave: Variável climática, coprofagia, necrofagia, Scarabaeinae

INTRODUÇÃO

Os Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) comumente conhecidos como besouros rola-bosta são detritívoros, utilizam carcaças, frutos em decomposição e, principalmente, fezes de mamíferos como recurso para a alimentação e construção de seus ninhos (Halffter & Matthews, 1966; Scholtz & Chown, 1995). Assim, apresentam duas dietas principais: os coprófagos que se alimentam de fezes de mamíferos e os necrófagos que utilizam restos de animais em decomposição, podendo ser considerados especialistas ou generalistas dentro de cada uma dessas dietas (Halffter & Matthews, 1966). Os Scarabaeinae neotropicais provavelmente, evoluíram de seus ancestrais africanos no Mesozoico-Cenozoico e sua diversificação parece ter acompanhado o aumento de mamíferos de grande porte, o que teria influenciado a coprofagia. Já a necrofagia pode estar ligada com a extinção da megafauna no Pleistoceno, como uma forma de evitar a competição com a redução das fezes desses mamíferos extintos (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991).

Possuem um papel importante na manutenção do ecossistema com a participação na reciclagem da matéria orgânica (Halffter & Matthews, 1966); na dispersão secundária de sementes, ao enterrar as fezes de animais frugívoros em profundidades consideráveis, o que evita a predação das sementes por outros insetos ou vertebrados (Andresen, 2002) e no controle de parasitas, com a remoção e o manuseio das fezes de gado em pastos o que auxilia no controle populacional da mosca-dos-chifres (Louzada, 2008; Nichols *et al.*, 2008). Outra contribuição essencial para a manutenção do ecossistema é a turbação do solo, pois esses besouros possuem o hábito de cavar túneis no solo para nidificar, o que melhora a aeração, infiltração e retenção de água no solo (Louzada, 2008).

Esses besouros possuem um sucesso maior em áreas florestadas, onde a cobertura vegetal é mais densa, devido ao maior sombreamento e retenção da umidade em relação às áreas abertas (Silva, 2012). São fortemente influenciados pela cobertura vegetal, onde a alta temperatura e a baixa umidade são responsáveis pela perda da viabilidade do recurso alimentar (Gill, 1991) e sabendo que esses besouros se alimentam do líquido rico em microbiota de sua dieta, tanto a coprofagia quanto a necrofagia necessitam da manutenção de umidade do recurso por longos períodos (Halffter & Matthews, 1966).

Os Scarabaeinae, pelo fato, de ser um grupo sensível às diversas alterações ambientais são bastante utilizados tanto como bioindicadores ambientais como para o monitoramento da biodiversidade, pois são os primeiros organismos a responderem às modificações e distúrbios

ambientais acarretando mudanças na riqueza de espécies e na distribuição de abundâncias (Halffter & Favila, 1993). Muitas espécies são sensíveis às perturbações ambientais como a fragmentação de habitats (Andressen, 2003; Feer & Hingrat, 2005; Nichols *et al.*, 2007), ao uso de agrotóxicos no solo (Davis *et al.*, 2004) e às queimadas no bioma Cerrado (Louzada *et al.*, 1996; Milhomen, 2003).

O bioma Cerrado é constituído por diferentes fitofisionomias como: cerradão, Cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo limpo, veredas e matas de galeria (Eiten, 1972). O Cerrado *sensu stricto* é a fitofisionomia predominante no Cerrado, cobrindo aproximadamente 70% da extensão do bioma (Eiten, 1972). Possui vegetação que ocorre geralmente em faixas extensas e contínuas, sem que haja formação de dossel arbóreo contínuo (Eiten, 1994), sendo, portanto, áreas mais abertas. Já as matas de galeria, apresentam uma vegetação florestal que acompanha os corpos d'água de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água (Ribeiro, 1998). Apesar de representarem apenas 5% da área do Cerrado, as matas de galerias possuem extrema importância na biodiversidade desse bioma (Ribeiro & Walter, 2001). Diante destas diferenças quanto a cobertura das fitofisionomias do Cerrado, espera-se que existam mudanças na manutenção da umidade entre esses ambientes o que pode afetar a viabilidade do recurso e a utilização deste pelos rola-bosta (Gill, 1991).

Os rola-bosta são conhecidos por serem muito sensíveis à sazonalidade climática (Andresen, 2005). Em ambientes tropicais em que as oscilações de temperatura são pequenas, a umidade é um dos fatores mais importante que afeta as comunidades desses besouros (Hanski & Cambefort, 1991) com menor abundância e muitas vezes também menor riqueza durante a estação seca (Escobar, 1997). Em algumas áreas muito secas e quentes, como Niamey na região africana do Sahel, algumas espécies de rola-bosta geralmente estão sempre presentes durante a estação seca (Rougon & Rougon, 1991). Para ecossistemas de florestas tropicais, apenas um estudo relatou a ausência completa de algumas espécies grandes de besouros durante a estação seca (Janzen, 1983). A maioria dos trabalhos com rola-bosta no Cerrado são realizados apenas na estação chuvosa, meses de maiores precipitações que influenciam no ciclo de vida e onde se têm o início de seu período reprodutivo (Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991).

A exploração do alimento pelos besouros rola-bosta é dependente de variáveis ambientais, como por exemplo a umidade e que pode alterar a disponibilidade de alimento pressionando as espécies a utilizarem diferentes estratégias de dietas, e apesar dessa

importante variável climática e sua relação na disponibilidade de recurso alimentar, nenhum trabalho foi realizado no Cerrado até o momento. Assim, ambientes que favoreçam menor umidade para o recurso alimentar apresentarão maior número de espécies generalistas, no caso, o Cerrado *sensu stricto*, o qual provavelmente apresentará maior número de espécies generalistas pois possui menor cobertura vegetal e menor umidade, reduzindo a disponibilidade do recurso alimentar. Portanto, o objetivo desse trabalho foi verificar o efeito da umidade sobre o generalismo de espécies de rola-bosta em duas fitofisionomias de Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Áreas de estudo

O Distrito Federal (DF) está localizado na porção mais elevada do Planalto Central do Brasil. Segundo a classificação de Köppen, o clima é tropical de savana e de altitude, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa (Codeplan, 1984). O DF possui vegetação de Cerrado *sensu lato*, sendo encontradas diversas fitofisionomias como o Cerrado *sensu stricto*, campos de Cerrado, vereda, cerradão e mata de galeria (Eiten, 1972). A maioria da paisagem é dominada por fitofisionomias abertas tendo apenas 5% da sua área coberta pelas matas de galeria (Ribeiro & Walter, 2001). A região do Cerrado é conhecida como o berço das águas do Brasil, pois nessa região se concentra grande parte das nascentes de importantes bacias hidrográficas como: a Bacia Amazônica, a Bacia Araguaia-Tocantins, a Bacia do Rio São Francisco (Caatinga) e a Bacia Platina (Atlântica) (Aquino *et al.*, 2012).

O trabalho foi realizado em três áreas representativas do bioma Cerrado no Distrito Federal (Figura 1). Em cada uma destas áreas foi selecionada uma área de Cerrado *sensu stricto* e uma área de mata de galeria para as amostragens dos besouros.

Uma das áreas se encontra no Parque Nacional de Brasília (PNB) (15°42'53.92''S, 47°59'30.58''W) que possui aproximadamente 42.389,01 hectares, onde há grande diversidade de formações vegetais, incluindo todas as fitofisionomias do bioma Cerrado, abrigando alta diversidade de flora e fauna, incluindo desde invertebrados até mamíferos. O PNB é importante como corredor ecológico para as espécies da região, pois faz limite com as Áreas de Proteção Ambiental do Descoberto, da Cafuringa e com a Floresta Nacional (ICMBIO, 2014).

A outra área selecionada foi na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) (15°56'49.97"S, 47°52'05.62"W) que possui 1.300 hectares e que também apresenta os principais tipos de vegetação do bioma: cerradão, Cerrado, campos (sujo e limpo) e matas ciliares (brejos e veredas). O IBGE faz parte da APA Gama Cabeça de Veado, e faz fronteira com a Fazenda Experimental Água Limpa da Universidade de Brasília e o Jardim Botânico de Brasília, entre outras pequenas áreas. O IBGE é formado por cinco cursos d'água, formando a Bacia do Córrego Taquara (Ribeiro, 2011).

A Floresta Nacional de Brasília (FLONA) (15°47'11.65"S, 48°03'54.30"W) possui 9.346 hectares e está localizada na região noroeste do Distrito Federal e foi a outra área selecionada para este estudo. É uma área com cobertura florestal de espécies usadas em reflorestamentos, predominando eucaliptos e espécies de *Pinus*, além das principais

fitofisionomias de Cerrado em área de preservação permanente envolvendo as nascentes dos córregos Currais e Pedras (IBAMA, 2014).

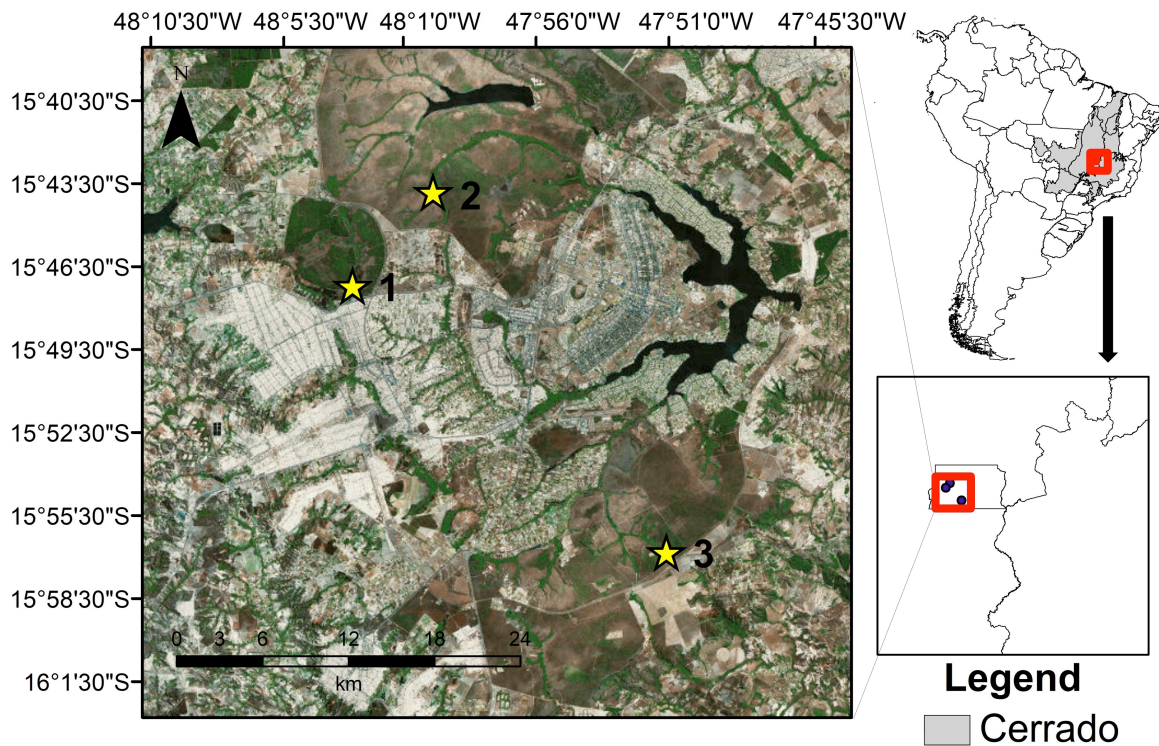


Figura 1. Mapa do Distrito Federal com as áreas de coleta dos Scarabaeinae no bioma Cerrado: Floresta Nacional de Brasília - FLONA (1), Parque Nacional de Brasília - PNB (2) e Reserva ecológica do IBGE (3).

2.2. Coleta de dados

As coletas dos besouros foram mensais durante dois anos a partir de janeiro (mês da estação chuvosa no Distrito Federal) de 2015 a dezembro de 2016. Em cada uma das três áreas de estudo foram selecionados dois tipos de fitofisionomias (unidades amostrais) para as coletas dos Scarabaeinae: mata de galeria (maior cobertura vegetal) e Cerrado *sensu stricto* (menor cobertura vegetal). Em cada uma das unidades amostrais foram delineados três transectos, com distância de 2 m entre eles, para que houvesse a opção de escolha entre as diferentes dietas, coprófaga e necrófaga (Silva, 2012), onde foram dispostas 15 armadilhas, totalizando 90 armadilhas, sendo 30 por área de estudo.

A coleta de Scarabaeinae foi realizada por armadilhas do tipo *pitfall*, que é uma técnica de coleta amplamente utilizada em levantamentos do grupo nas regiões tropicais

(Hanski & Cambefort, 1991). Cada armadilha consistiu de dois recipientes plásticos: um com capacidade de 1l contendo água e detergente para quebrar a tensão superficial do líquido, facilitando a captura dos insetos (Larsen & Forsyth, 2005) e outro com a capacidade de 50 ml, suspenso por arames, que abrigou a isca e por cima uma cobertura para proteção da chuva.

As 15 armadilhas foram dispostas no transecto equidistantes em 50 m, sendo cinco armadilhas iscadas com fezes humanas, representando uma dieta coprófaga, cinco com fígado de boi, representando uma dieta necrófaga e cinco sem isca que foi utilizada como controle, a massa de isca utilizada em cada armadilha foi de aproximadamente 25g. As armadilhas ficaram expostas 48 horas no campo.

As espécies foram classificadas de acordo com o seu hábito alimentar como, coprófagas (pelo menos 80% dos indivíduos foram encontrados nos *pitfalls* iscados com fezes); necrófagas (pelo menos 80% dos indivíduos foram encontrados nos *pitfalls* iscados com fígado bovino) (Almeida & Louzada, 2009; Silva *et al.*, 2012) e generalistas (abundância de indivíduos semelhante em mais de um tipo de armadilha iscada) (Halffter & Favila, 1993; Halffter & Arellano, 2002). As espécies com um ou dois indivíduos coletados não foram associadas a nenhuma categoria de dieta por não haver número suficiente para inferência (Almeida & Louzada, 2009).

Os Scarabaeinae coletados foram armazenados em álcool 70%, devidamente etiquetados e no laboratório foram triados, montados e identificados até gênero de acordo com a chave de identificação de Vaz-de-Mello *et al.* (2011). Após a identificação genérica, os exemplares foram levados até o especialista da área (Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello, UFMT/Cuiabá/MT) para serem identificados até espécie. Os vouchers do material foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília.

2.3. Variáveis climáticas

A temperatura e a umidade relativa do ambiente foram medidas por um Datalog HOBO Pro V2, mensalmente durante os dois anos de coleta. Os dados da precipitação pluviométrica mensal do Distrito Federal foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.4. Estimativa de generalismo

Para estimar o generalismo das espécies foi calculada a proporção de indivíduos em cada tipo de isca (fezes e carne) e multiplicado o valor pela frequência de indivíduos na isca a fim de remover o efeito de detectabilidade das espécies. Essa proporção ponderada foi calculada para cada espécie em cada isca e em cada área (proporção de indivíduos na isca x multiplicado pela frequência de indivíduos na isca x).

2.5. Análise de dados

Para verificar se a umidade afeta o generalismo das espécies nas duas fitofisionomias foi feito uma GLMM (modelo linear generalizado misto) utilizando a proporção ponderada (proporção de indivíduos na isca x multiplicado pela frequência de indivíduos na isca x) como variável dependente, umidade e tipo de ambiente como variável independente e a fim de remover a dependência temporal das espécies, utilizou-se as espécies como fator aleatório. Para essas análises foi utilizado o programa R-project 3.1.2. (R Project , 2018). Para verificar as diferenças na riqueza e abundancia de rola bosta entre fitofisionomias e entre período chuvoso e seco foi utilizado um GLMM.

3. RESULTADOS

No total foram coletados 3.200 indivíduos e 45 espécies. No Cerrado *sensu stricto* foram coletados 2.100 indivíduos e 40 espécies de rola-bosta. As duas espécies mais abundantes foram *Oxysternon palemo* com 762 (36,28%) indivíduos capturados, seguido por *Coproghanaeus spitzii* com 173 (8,23%) indivíduos. Já na mata de galeria foram 1.100 indivíduos e 29 espécies, as espécies mais abundantes foram *Eurysternus caribaeus* com 528 (48%) indivíduos capturados, seguido por *Dichotomius aff. carbonarius* com 189 (17,18%) indivíduos (Tabela 1; Figura 2).

Com relação a sazonalidade, o período chuvoso registrou 2.417 indivíduos e 45 espécies e o período seco 783 indivíduos e 28 espécies. A espécie mais abundante no período chuvoso foi *O. palemo* 733 (30,32%) indivíduos e no período seco foi *E. caribaeus* 302 (38,56%) indivíduos. É possível observar então que a comunidade de rola-bosta é diferente nos períodos de chuva e seca (Figura 2).

Das espécies coletadas 51.11% foram consideradas coprófagas e 11.11% generalistas e o restante 37.77% não tiveram abundâncias suficientes para determinar a preferência (Tabela 1).

O resultado do GLMM demonstrou que a umidade afeta ($p = 0,0046$) o generalismo das espécies de rola-bosta, mas não existe diferença entre as fitofisionomias, quanto maior a umidade maior o generalismo (Figura 3).

Tabela 1: Número de indivíduos de rola-bosta capturados por espécies em relação as duas fitofisionomias (Cerrado e mata), sazonalidade (seca e chuva) e guilda trófica (C = dieta coprófaga; G = generalista).

Espécie	Seca		Chuva		Guilda trófica
	Cerrado	Mata	Cerrado	Mata	
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1867)	53	-	37	-	C
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	18	-	29	1	C
<i>Canthidium aff. barbaticum</i> Borre, 1886	52	2	48	-	C
<i>Canthidium aff. viride</i> (Lucas, 1859)	1	-	38	-	C
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867	-	-	1	-	-
<i>Canthidium sp.1</i>	15	-	12	1	C
<i>Canthon aff. pauxilus</i> Harold, 1868	1	-	1	-	-
<i>Canthon aff. piluliformis</i> Blanchard, 1845	-	-	1	-	-
<i>Canthon aff. virens</i> (Mannerheim, 1829)	-	-	1	-	-
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868	-	-	1	-	-
<i>Canthon decoratum</i> (Perty, 1830)	8	1	35	-	C

<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	-	-	3	-	-
<i>Canthon tristis</i> Harold, 1862	6	-	31	1	C
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	-	-	1	-	-
<i>Canthonella</i> sp.	9	-	3	1	C
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	-	-	-	7	-
<i>Coprophanaeus dardanus</i> (MacLeay, 1819)	-	-	-	2	-
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	1	-	11	-	C
<i>Coprophanaeus spitzii</i> (Pessôa, 1934)	33	-	140	-	G
<i>Deltochilum pseudoycarus</i> Balthasar, 1939	-	1	1	-	-
<i>Deltochilum</i> sp.1	-	-	-	4	-
<i>Deltochilum</i> sp.2	3	19	12	69	G
<i>Deltochilum</i> sp.3	1	1	25	42	G
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	-	-	29	-	C
<i>Dichotomius angeloi</i> Nunes, Carvalho & Vaz-de-Mello, 2016	2	42	3	33	C
<i>Dichotomius</i> aff. <i>bicuspis</i> (Germar, 1824)	2	-	1	3	-
<i>Dichotomius</i> aff. <i>carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	4	12	98	177	C
<i>Dichotomius</i> aff. <i>lycas</i> (Felsche, 1901)	-	-	3	-	-
<i>Dichotomius crinicollis</i> (Germar, 1824)	17	7	3	2	C
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	4	-	10	1	C
<i>Dichotomius reichei</i> (Germar, 1824)	-	10	-	83	G
<i>Dichotomius</i> sp.	-	-	-	16	G
<i>Dichotomius zikani</i> (Luederwaldt, 1922)	-	-	-	3	-
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	8	294	8	234	C
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	41	1	95	1	C
<i>Eurysternus navajavi</i> Martínez, 1988	12	-	7	-	C
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	8	-	125	-	C
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	-	-	1	-	-
<i>Onthophagus ptox</i> Erichson, 1847	2	1	27	1	C
<i>Onthophagus</i> aff. <i>buculus</i> Mannerheim, 1829	10	-	40	2	C
<i>Oxysternon palemo</i> Castelnau, 1840	29	-	733	2	C
<i>Phanaeus kirby</i> Vigers, 1825	-	-	5	-	-
<i>Phanaeus splendidulus</i> (Fabricius, 1781)	-	-	-	2	-
<i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> Balthasar, 1940	32	5	63	11	C
<i>Uroxys</i> sp.1	15	-	31	5	C
Total	387	396	1713	704	-

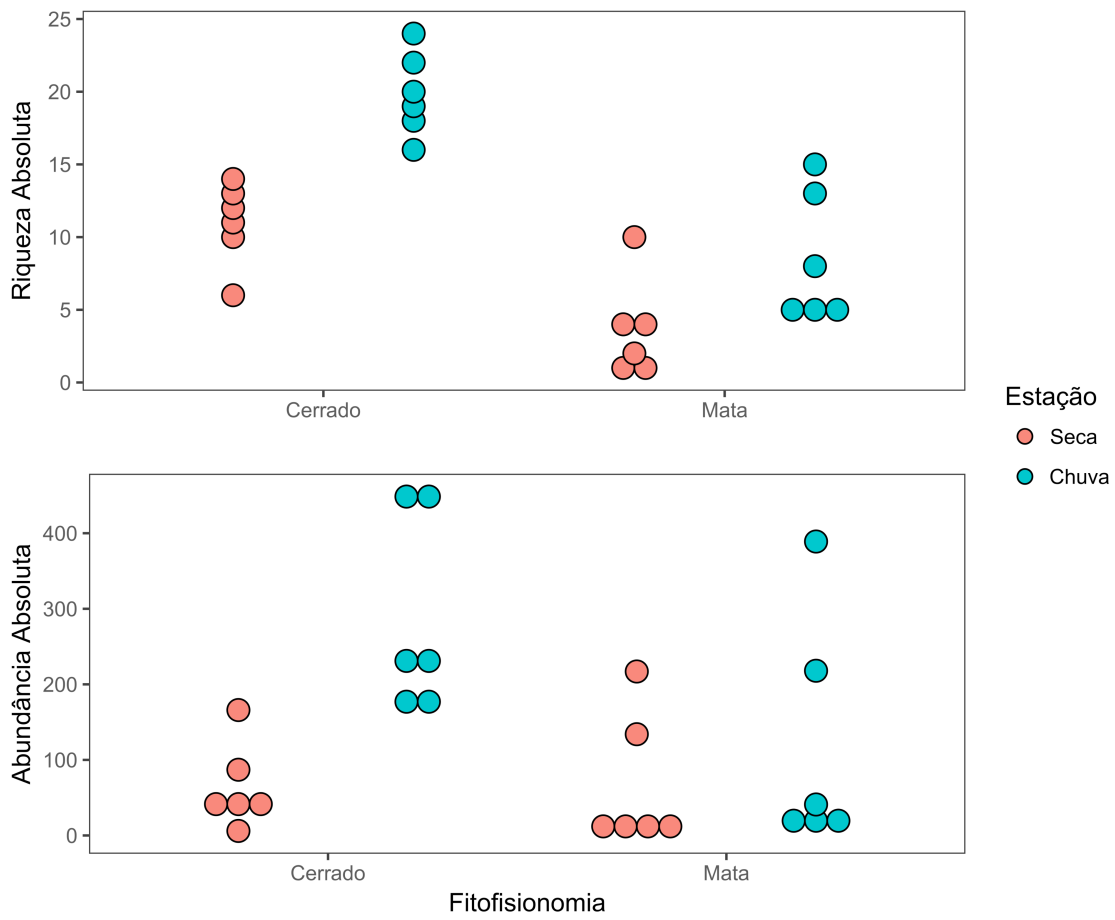


Figura 2. Riqueza e abundância absoluta entre as fitofisionomias e entre os períodos de seca e de chuvas.

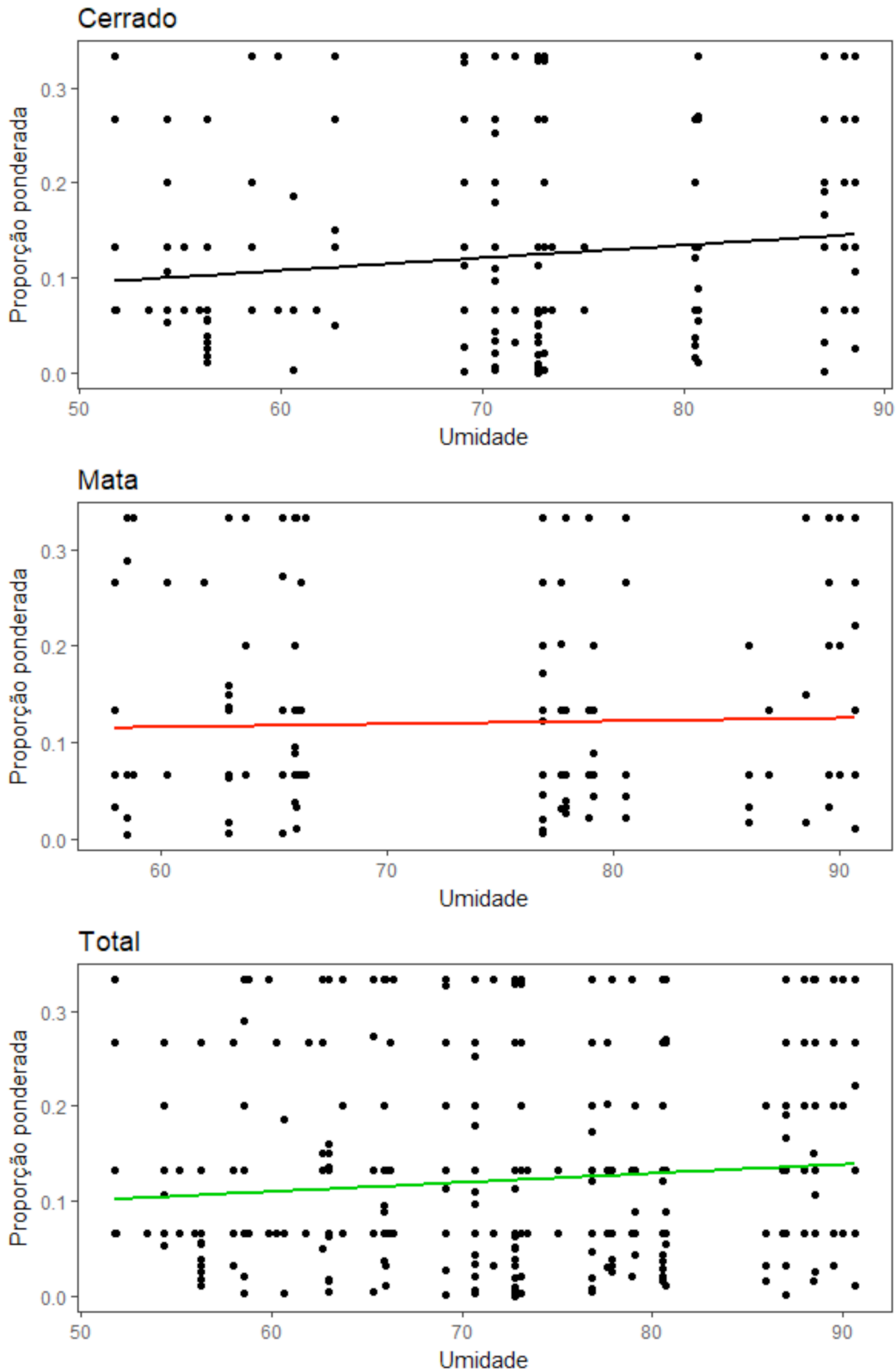


Figura 3. Proporção ponderada (proporção de indivíduos na isca x multiplicado pela frequência de indivíduos na isca x) pela umidade e tipo de ambiente. Demonstrando a influência da umidade no generalismo (vermelho = mata; preto = Cerrado).

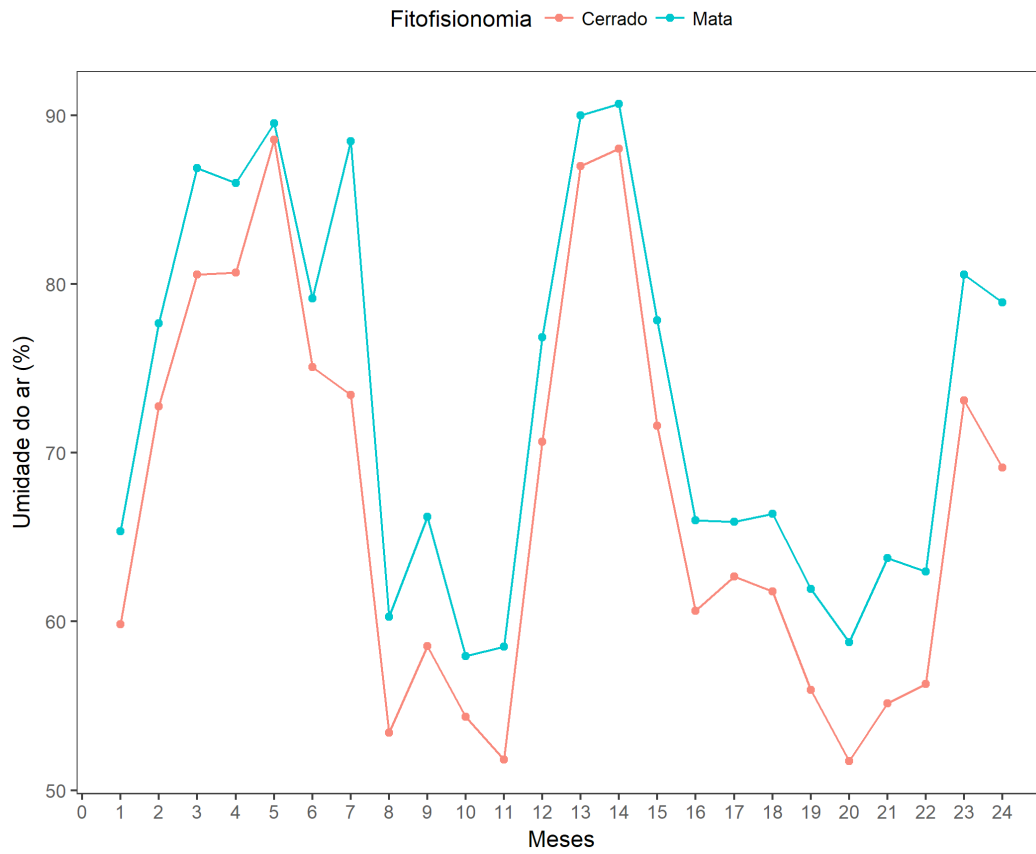


Figura 4. Umidade relativa das duas fitofisionomias nos dois anos de coleta (2015 – 2016).

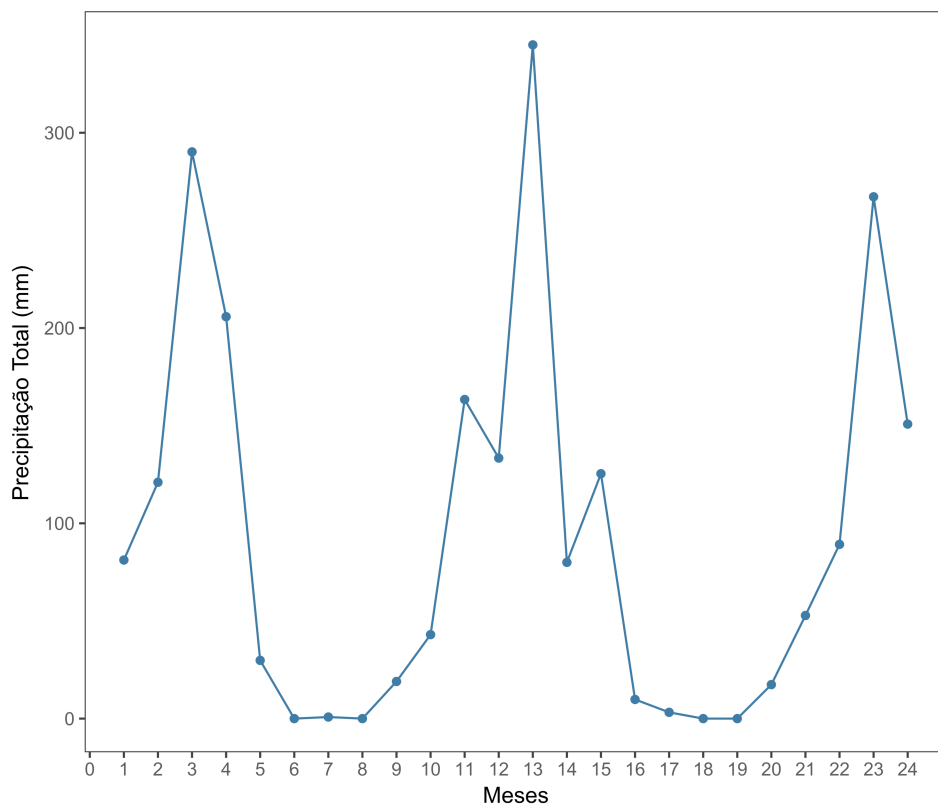


Figura 5. Precipitação total dos dois anos de coleta (2015 – 2016).

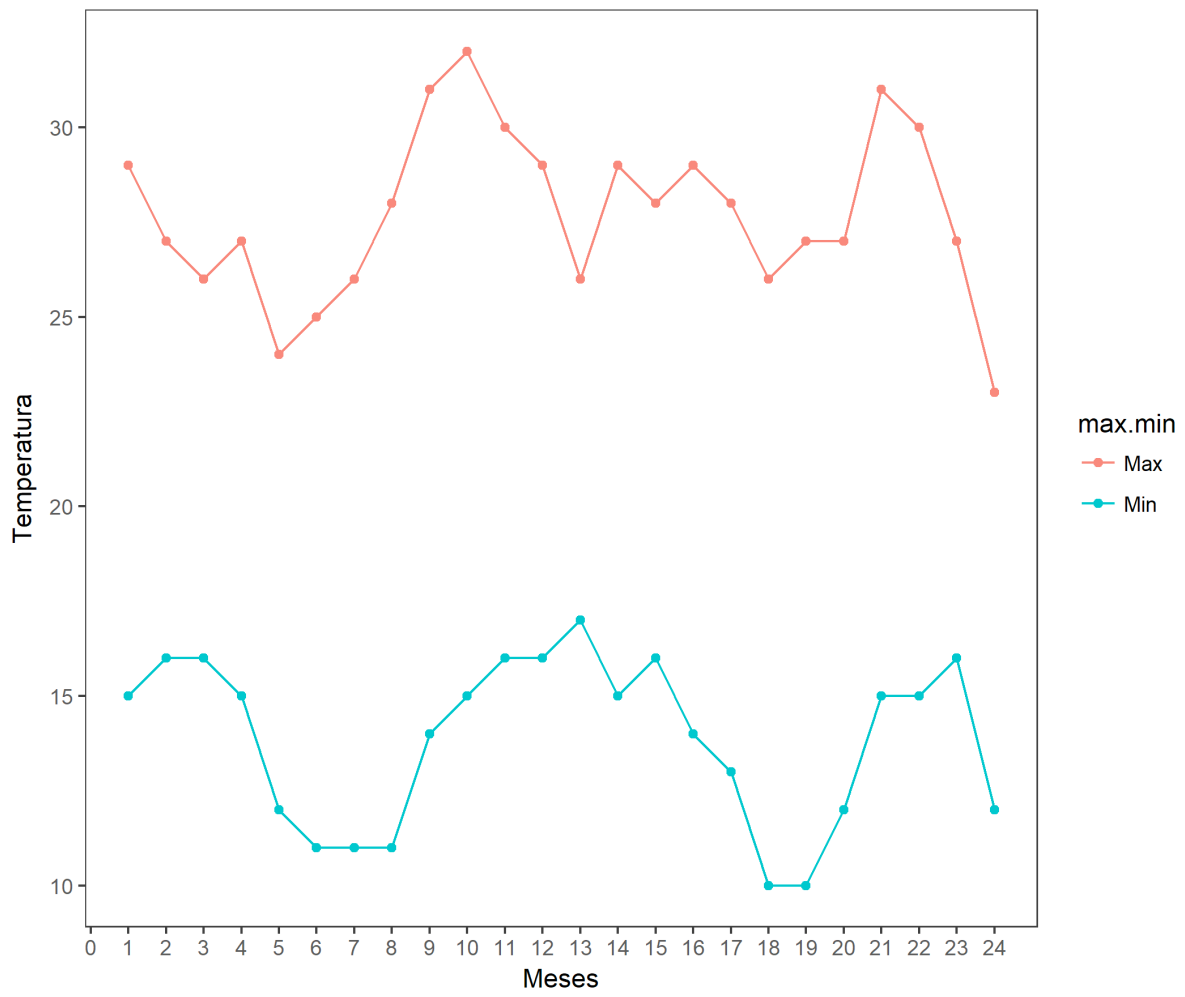


Figura 6. Temperaturas máximas e mínimas dos dois anos de coleta (2015-2016).

4. DISCUSSÃO

Ser generalista é um padrão comumente encontrado em rola-bosta neotropicais (Halffter & Matthews, 1966; Halffter, 1991). Espécies generalistas são consideradas abundantes, uma vez que são capazes de explorar uma ampla gama de condições e recursos ambientais, enquanto espécies especializadas são consideradas raras (Brown, 1984), embora a alta competição em recursos escassos e efêmeros possa levar a uma alta especialização (Hanski & Cambefort, 1991).

Devido ao aparelho bucal frágil e macio, os rola-bosta adultos se alimentam do líquido rico em microrganismos que acompanha o processo de decomposição do recurso (Halffter & Matthews, 1966) necessitando então que o recurso alimentar se mantenha úmido por períodos mais longos (Halffter & Matthews, 1966; Scholtz *et al.*, 2011). A umidade aumenta o padrão de generalismo das espécies, demonstrando sua importância na manutenção e utilização do recurso, independente do ambiente pois a umidade varia igualmente nas duas áreas. Ou seja, quanto maior a umidade maior a disponibilidade de recursos em ambos os ambientes. O fato dos ambientes de mata de galeria e o Cerrado *sensu stricto* variarem de maneira muito próxima, pode ser explicado pelo Cerrado ser considerado um mosaico (Redford & Fonseca, 1986) e as matas de galerias serem muitas vezes isoladas e não possuindo áreas muito extensas (Ribeiro & Walter, 2001) na região de estudo. Com isso as matas de galerias amostradas nesse estudo podem sofrer a mesma pressão hídrica que os outros ambientes de Cerrado.

Oxysternon palemo e *C. spitzzi* foram as espécies mais abundantes coletadas no Cerrado *sensu stricto*, *O. palemo* é uma espécie coprófaga diurna e com uma ampla distribuição no Cerrado brasileiro, principalmente em áreas abertas (Edmonds & Zidek, 2004). Já *C. spitzzi* é preferencialmente necrófago noturno (Edmonds, 1972), mas no presente estudo também foi coletado em fezes humanas. Esse padrão para as abundâncias também foi encontrado por dois trabalhos realizados no Cerrado do Distrito Federal utilizando isca de fezes humanas, Rocha (2016) para *O. palemo* e *C. spitzzi* e Milhomem (2003) registrou maior abundância apenas para *C. spitzzi*. A mata de galeria apresentou uma menor abundância comparada ao Cerrado *sensu stricto*. Uma das espécies mais abundante na mata foi *E. caribaeus* que é considerado coprófago, mas também é atraído por armadilhas iscadas com carne (Silva & Di Mare, 2012). Outra espécie do gênero *Eurysternus* foi considerado generalista, sendo atraída pelos dois tipos de iscas (Silva *et al.*, 2007). Trabalhos semelhantes encontraram muitas espécies generalistas, como Louzada & Lopes (1997) em Viçosa, Minas

Gerais e Silva *et al.* (2007) na região de Brejo Novo, Pernambuco. Muitas espécies são citadas na literatura como sendo coprófagas ou necrófagas devido os hábitos alimentares serem desconhecidos ou ainda não terem sido descritos (Almeida & Louzada, 2009) e pelo fato de que espécies generalistas são mais frequentes nas regiões tropicais (Hanski & Cambefort, 1991).

No presente estudo foi encontrado um maior número de espécies na isca de fezes humanas, sendo considerados coprófagos, essa maior incidência na isca com fezes pode estar relacionado com a menor atratividade do fígado em decomposição que apesar de ser utilizado em trabalhos com rola-bosta, não é tão atrativo quando comparado com as fezes humanas.

As matas de galeria podem contribuir substancialmente com o aumento da diversidade de espécies em geral (Ribeiro & Walter, 2001) e no Cerrado são pouco estudadas em relação a comunidade de rola-bosta. Este trabalho registra uma espécie nova do gênero *Dichotomius* coletada apenas na mata de galeria do PNB. A presença de uma nova espécie restrita a esse ambiente levanta a importância para as matas de galerias do Cerrado em relação ao fluxo de espécies e ao abrigo de mamíferos (Johnson *et al.*, 1999). A maior abundância de rola-bosta no Cerrado *sensu stricto* no presente estudo pode estar relacionada com a utilização das áreas abertas de Cerrado pela maioria dos mamíferos, uma vez que as matas são consideradas abrigos e refúgios em épocas de secas e queimadas (Rodrigues, 2005). Provavelmente isso também ocorra devido ao tamanho e ao isolamento das matas de galeria, já que a maioria das fitofisionomias do Cerrado são de áreas abertas. Hanski (1983) e Nummelin & Hanski (1989) compararam dados entre florestas da Colômbia, Borneo e Uganda e encontraram menos riqueza e abundância de rola-bosta, resultado explicado pela área reduzida e a ocorrência em “manchas” promovendo um isolamento das florestas estudadas.

Os rola-bosta são conhecidos por serem muito sensíveis à sazonalidade climática (Andresen, 2005). E essa sazonalidade reflete um padrão comum entre as espécies de Scarabaeidae coletadas em diversos tipos de vegetação, onde o aumento das chuvas, e com isso o aumento da umidade, faz surgir os adultos (Jansen, 1983; Davis 1987; Louzada & Lopes, 1997). A maioria dos insetos são influenciados pelas condições climáticas, com os adultos aparecendo no início das chuvas e se mostrando ativos durante o período chuvoso, nidificando no final da estação (Diniz, 1997; Silva *et al.*, 2011). A mesma influência é observada no ciclo de vida dos besouros rola-bosta, que têm o início de seu período

reprodutivo nos meses de maiores precipitações (Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991).

Em ambientes tropicais em que as oscilações de temperatura são pequenas, a umidade é um dos fatores mais importante que afeta as comunidades desses besouros (Hanski & Cambefort, 1991) com menor abundância e muitas vezes também menor riqueza durante a estação seca (Escobar, 1997). Em algumas áreas muito secas e quentes, como Niamey na África, algumas espécies de rola-bosta geralmente estão sempre presentes durante a estação seca (Rougon & Rougon, 1991). Um trabalho realizado em Mata Atlântica com registros de *C. ensifer* não capturou nenhum indivíduo no período seco (Endres *et al.*, 2005). Já na Caatinga, Hernandez (2007) encontrou apenas duas espécies no período seco. Para ecossistemas de florestas tropicais, apenas um estudo relatou a ausência completa de algumas espécies grandes de besouros durante a estação seca (Janzen, 1983). No presente estudo não foi encontrada nenhuma espécie apenas no período seco, mas *D. crinicollis* e *D. angeloii* tiveram uma maior abundância nesse período. Isso provavelmente ocorre devido ao fato dessas espécies possuírem muitas cerdas e/ou pelos em seu corpo, que pode estar relacionado com a manutenção da água do corpo (Nunes *et al.*, 2016).

Com isso, a ausência ou até mesmo a baixa abundância de algumas espécies sugere que a umidade é um fator limitante para a comunidade de rola-bosta, por que além de reduzir a atividade de adultos durante o período seco, pois dificulta a manutenção do equilíbrio hídrico (Endres *et al.*, 2005), também reduz a disponibilidade do recurso alimentar já que a perda de água por evaporação, em locais com altas temperaturas, deve ser alta, inviabilizando a utilização do recurso (Halffter & Matthews, 1966; Gill, 1991).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P. & LOUZADA, J. N. C. Estrutura de comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias de Cerrado e sua importância para a conservação. *Neotropical Entomological*, 38(1): 32-43, 2009.

ANDRESEN, E. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica*, 37(2): 291–300, 2005.

ANDRESEN, E. Primary seed dispersal by red howler monkeys and the effect of defecation patterns on the fate of dispersed seeds. *Biotropica*, 34(2): 261-272, 2002.

ANDRESSEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26: 87-87, 2003.

AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, E. S. Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares. Embrapa. Brasília, DF. 40 p. 2012.

BROWN, J. H. On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124: 255–279, 1984.

CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto. Atlas do Distrito Federal, vol II. Brasília, DF, 1984.

DAVIS, A. L. V. Geographical distribution of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) and their seasonal activity in south-western Cape Province. *Journal of Entomology Society of South Africa*, 50: 275–285, 1987.

DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ, C. H.; DOOLEY, P. W.; BHAM, N.; KRYGER, U. Scarabaeinae dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. *South African Journal of Science*, 100: 415-424, 2004.

DINIZ, I. R. Variação na abundância de insetos no Cerrado: Efeito das mudanças climáticas e do fogo. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Distrito Federal. 1997.

EDMONDS, W.D. Comparative skeletal morphology, systematics and evolution of the Phanaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *The University of Kansas Science Bulletin*, 49(11): 731-874, 1972.

EDMONDS, W.D.; ZÍDEK, J. Revision of the Neotropical dung beetle genus *Oxysternon* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Folia Heyrovskyana Supplementum*, 11: 1-58, 2004.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38: 201-341, 1972.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N. (Ed.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. SEMATEC/UnB, Brasília, p. 17-73. 1994.

ENDRES, A. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; CREÃO-DUARTE A. J. Considerações sobre *Coproghanaeus ensifer* (Germar) (Coleoptera, Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(3): 427-429, 2005.

ESCOBAR, F. S. Estudio de la comunidad de coleopteros coprofagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19: 419-430, 1997.

FEER, F.; HINGRAT, Y. Effects of forest fragmentation on a dung beetle community in French Guiana. *Conservation Biology*, 19(4): 1103-1112, 2005.

GILL, B. D. Dung beetles in tropical American forests. In: HANSKI, ILKKA and CAMBEFORT, YVES (Org.). *Dung Beetle Ecology*. Nova Jersey: Princeton University Press, Cap. 12, p.211-229. 1991.

HALFFTER, G. & ARELLANO, L. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica*, 34(1): 144-154, 2002.

HALFFTER, G. & EDMONDS, W. D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). *An Ecological and Evolutionary Approach*. 1 ed Veracruz: Instituto de Ecología. 176 p. 1982.

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

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

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

HANSKI, I. Distributional ecology and abundance of dung and carrion-feeding beetles (Scarabaeidae) in tropical rain forests in Sarawak, Borneo. *Acta Zoologica Fennica*, 167: 1-45, 1983.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. Dung beetle ecology. Princeton: Princeton University Press, 481 p. 1991.

HERNANDEZ, M. I. M. Besouros escarabeíneos (coleoptera: scarabaeidae) da caatinga paraibana, brasil. *Oecologia Brasiliensis*, 11 (3): 356-364, 2007.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/44-p?download=2327> (acessado em 10 de dezembro de 2016).

ICMBio-Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/visitacao/ucsabertas-a-visitacao/213> parquenacional-de-brasilia (acessado em 10 de dezembro de 2016).

JANZEN, D. H. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. *Oikos*, 41: 274–283, 1983.

JOHNSON, M.A.; SARAIVA, P.M.; COELHO, D. The role of gallery forest in the distribution of Cerrado mammals. *Revista Brasileira de Biologia*, 59: 421-427, 1999.

LARSEN, T. H.; FORSYTH, A. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. *Biotropica*, 37(2): 322–325, 2005.

LOUZADA, J. N. C.; LOPES, F. S. A comunidade de Scarabaeidae copro-necrófagos (Coleoptera) de um fragmento de Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Entomologia*, 41: 117-121, 1997.

LOUZADA, J. N. C.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Efeitos do fogo sobre a comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) na restinga da Ilha de Guriri, ES. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (org.) Impactos de Queimadas em áreas de Cerrado e restinga. Brasília: Anais do simpósio impactos de Queimada sobre os ecossistemas e mudanças globais. pp. 161-169. 1996.

LOUZADA, J. Scarabaeidae (Coleoptera - Scarabaeidae) detritívoros em ecossistemas tropicais: diversidade e serviços ambientais. In: MOREIRA, F M S, SIQUEIRA, J O; BRUSAARD, L (Org.). Biodiversidade de solos em ecossistemas brasileiros. Lavras: Editora UFLA, 299-322. 2008.

MILHOMEN, M. S. A fauna de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera: Scarabaeioidea) do Cerrado de Brasília, DF: Variação anual, efeito do fogo e da cobertura vegetal. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília: Brasília, 2003.

NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. Global dung beetle response to tropical Forest modification and

fragmentation: A quantitative literature review and metaanalysis. *Biological Conservation*, 137(1): 1-19, 2007.

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

NUMMELIN, M.; HANSKI, I. Dung beetles of the Kibale forest, Uganda: comparison between virgin and managed forests. *Tropical Ecology*, 5: 349-352, 1989.

NUNES, R. V.; CARVALHO, M. S. G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Taxonomic review of the *Dichotomius* (*Luederwaldtinia*) *assifer* (Eschscholtz) species-group (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 4078 (1): 230–244, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. 2018.

REDFORD, K.H.; FONSECA, G.A.B. The role of gallery forests in the zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. *Biotropica*, 18(2): 126-135, 1986.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. p. 29-47. In: J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C. Souza-Silva. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, EMBRAPA/Cerrados. 2001.

RIBEIRO, J. F. Cerrado: matas de galeria. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. 164p. 1998.

RIBEIRO, M. L. Reserva Ecológica do IBGE - Biodiversidade Terrestre. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. v. 1. Rio de Janeiro, 2011.

ROCHA, M. V. C. Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília: Brasília, 2016.

RODRIGUES, M. T. A biodiversidade dos Cerrados: conhecimento atual e perspectivas, com uma hipótese sobre o papel das matas de galerias na troca faunística durante ciclos climáticos. In SCARIOT, A., SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília: MMA. 2005.

ROUGON, D.; ROUGON, C. Dung beetles of the Sahel region. In I. Hanski, and Y. Cambefort (Eds.). Dung beetle ecology, pp. 230–241. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1991.

SCHOLTZ, C. H.; CHOWN, S. L. The evolution of habitat use and diet in the Scarabaeoidea: a phylogenetic approach. In: PAKALUK, J; LIPINSKI, S.A.S. (org.). *Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera*. Warsaw: Museum i Institut Zoologii PAN, p. 355–374. 1995.

SCHOLTZ, C., et al. *Evolutionary Biology and Conservation of Dung Beetles*. 1 ed Sofia: Pensoft Publisher, 566 p. 2011.

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

SILVA, N. A. P.; FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, C. M. Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1): 79-87, 2011.

SILVA, P. G.; DI MARE, R. A. Escarabeíneos copro-necrófagos (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) de fragmentos de Mata Atlântica em Silveira Martins, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 102(2):197-205, 2012.

SILVA, P. G.; AUDINO, L. D.; NOGUEIRA, J. M.; MORAES, L. P. & VAZ-DE-MELLO, F. Z. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) from native grassland in pampa biome, Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica*, 12(3): 2012.

SILVA, W. B. I. Resposta da Diversidade Funcional de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) aos diferentes usos de solo na Amazônia. Dissertação apresentada á Universidade Federal de Lavras. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada. 2012.

VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F.; SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854: 1-73, 2011.

CAPÍTULO III

Atratividade de besouros rola-bosta à massas fecais de diferentes mamíferos nativos do Cerrado (Coleoptera: Scarabaeinae)

RESUMO

A coprofagia é a dieta predominante, onde os Scarabaeinae utilizam principalmente fezes de mamíferos como recurso alimentar e também para a confecção de seus ninhos. Por estarem associados às fezes produzidas por mamíferos, é provável que alterações nas comunidades de mamíferos induzam respostas nas comunidades de Scarabaeinae. O objetivo desse trabalho foi verificar a atratividade e preferência das espécies de besouros rola-bosta às massas fecais de nove espécies de mamíferos nativos do Cerrado com diferentes tipos de dietas. Foram utilizadas como isca, fezes de mamíferos nativos do Cerrado (três herbívoros, três carnívoros e três onívoros). Para verificar a preferência das espécies de Scarabaeinae pelas massas fecais dos mamíferos e pelas dietas dos mamíferos foi utilizado o valor de indicação IndVal. Para examinar as diferenças na estrutura da comunidade de Scarabaeinae nas diferentes espécies de mamíferos e dos tipos de dietas, foi utilizada uma PCOA e MANOVA. Foram coletados um total de 203 indivíduos de Scarabaeinae, totalizando 19 espécies. As fezes de mamíferos onívoros são as mais atrativas. O valor de indicação IndVal identificou duas espécies indicadoras para dois tipos de dieta, *Deltochilum* sp.1 como indicador de dieta de carnívoros ($p = 0,045$) e *Genieridium cryptops* como indicador de dieta de onívoros ($p = 0,031$). Não existe diferença entre as fezes dos mamíferos, porém, ao analisar as comunidades nas diferentes dietas (onívoro, carnívoro e herbívoro) observa-se comunidades diferentes para cada tipo de dieta ($p = 0,016$). Esses dados indicam que as mudanças nas comunidades de Scarabaeinae resultarão de mudanças nas espécies de mamíferos, como ocorre com a conversão para a produção de gado.

Palavras-chave: biodiversidade, coprofagia, onívoros, detritívoros, preferência de dietas.

1. INTRODUÇÃO

A subfamília Scarabaeinae inclui os besouros conhecidos como rola-bosta, um grupo com grande importância ecológica devido aos seus hábitos alimentares, como a ciclagem de nutrientes, controle de praga e dispersão secundária de sementes (Nichols *et al.*, 2008). São detritívoros, alimentando-se de matéria em decomposição, como restos de animais, frutos podres e fezes de vertebrados (Halfpter & Matthews, 1966; Scholtz & Chown, 1995). Existem basicamente três diferentes dietas para os Scarabaeinae: a necrofagia onde se alimentam de carcaças de animais, a saprofagia onde consomem material vegetal em decomposição e a coprofagia, a mais predominante, onde utilizam principalmente fezes de mamíferos como recurso alimentar e também para a confecção de seus ninhos (Halfpter & Matthews, 1966).

Por estarem associados às fezes produzidas por mamíferos, é provável que alterações nas comunidades de mamíferos induzam respostas nas comunidades de Scarabaeinae. Essas respostas já foram verificadas em floresta tropical no Panamá (Andresen & Laurance, 2007). No México, a ausência de populações do primata *Alouatta palliata* Gray, 1849 causou efeitos negativos na diversidade de Scarabaeinae (Estrada *et al.*, 1999). A relação entre primatas e besouros rola-bosta também foi inferida por Feer & Hingrat (2005) e Vulinec *et al.* (2006). Na Itália, em um parque urbano, a remoção de mamíferos selvagens e domesticados provocou uma redução de mais de 60% na riqueza de Scarabaeinae, mas a abundância aumentou quase 70% (Carpaneto, 2005) como resultado em aumentos de algumas espécies.

Os efeitos da ausência e remoção de mamíferos não se restringem à perda de espécies ou ao aumento no número de indivíduos (Nichols *et al.*, 2009). Além dessa alteração nos padrões de dominância nas comunidades de Scarabaeinae, outros processos ecológicos podem ser prejudicados, tais como a dispersão secundária de sementes ou o consumo de outros recursos, como fungos e carcaças de invertebrados (Halfpter & Matthews, 1966; Sholtz & Chown, 1995; Nichols *et al.*, 2008; Nichols *et al.*, 2009).

Por serem considerados generalistas alguns processos de colonização e utilização dos recursos alimentares tem recebido pouca atenção (Dormont *et al.*, 2007). Entretanto, estudos mostram que os rola-bosta possuem preferência por determinados tipos de fezes como recurso alimentar, incluindo as condições e o odor das fezes e também são capazes de selecionar e mostrar preferência por diferentes tipos de recursos (Estrada *et al.*, 1993; Dormont *et al.*, 2004; Dormont *et al.*, 2007). Estudos recentes têm demonstrado que os rola-bosta preferem fezes de mamíferos onívoros, as quais atraem um maior número de espécies comparadas com as fezes de mamíferos carnívoros e herbívoros, isso é atribuído ao fato dos

animais considerados onívoros possuem uma dieta mais diversificada, incluindo pequenos vertebrados, frutas, répteis e insetos (Estrada *et al.*, 1993; Jácomo, 1999; Bueno *et al.*, 2002; Filgueiras *et al.*, 2009; Whipple & Hoback, 2012; Bogoni & Hernández, 2014). Esse recurso apresenta uma rica fonte de nutrientes devido as bactérias presentes, altos níveis de nitrogênio e também vitaminas e minerais (Holter & Scholtz, 2007; Whipple & Hoback, 2012; Frank *et al.*, 2017).

Os rola-bosta são utilizados como indicadores ambientais, visto que muitas espécies são sensíveis às perturbações no ambiente, como por exemplo, a extinção local de mamíferos (Andressen & Laurance, 2007). Portanto estudos que abordam a preferência e seleção de Scarabaeinae por diferentes tipos de recurso são importantes para compreender a relação de dependência dos besouros rola-bosta aos recursos produzidos por mamíferos (Estrada *et al.*, 1993).

No Brasil, a maioria dos trabalhos que verificaram a atratividade de diferentes tipos de massas fecais foram realizados em áreas de Mata Atlântica ou de Floresta Amazônica (Filgueiras *et al.*, 2009; Marsh *et al.*, 2013; Bogoni & Hernández, 2014; Cajaiba *et al.*, 2017; Salomão *et al.*, 2018). O Cerrado atualmente apresenta 44 espécies de rola-bosta (Vaz-de-Mello, 2018) e 111 espécies de mamíferos, sendo que 19 espécies desses mamíferos são endêmicas (Percequillo & Gregorin, 2018). Apesar de ser o segundo maior bioma do país em área (Ribeiro & Walter, 2008) e um dos biomas terrestres de maior endemismo e diversidade de espécies (Myers *et al.*, 2000) ainda não se conhece a atratividade para os rola-bosta em relação aos animais nativos presentes nesse bioma.

Portanto, a fim de melhor compreender as relações entre os mamíferos e as espécies de rola-bosta do Cerrado, o objetivo desse trabalho foi verificar a atratividade e preferência das espécies de besouros rola-bosta às massas fecais de nove espécies de mamíferos nativos do Cerrado. Com isso testamos a hipótese de que as fezes de mamíferos onívoros nativos do Cerrado são mais atrativas e possuem uma maior riqueza e abundância de besouros rola-bosta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O experimento foi realizado em duas áreas de Cerrado *sensu stricto* do Parque Nacional de Brasília – PNB (15°42'53.92''S, 47°59'30.58''W e 1.200 m de altitude) que possui uma grande extensão de Cerrado nativo (42.389,01 ha) e em seu território abriga bacias hidrográficas que fornecem cerca de 25% da água potável no Distrito Federal. O PNB é composto por diversas fitofisionomias características do Cerrado, como Mata de galeria, Mata seca, cerradão, Cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo limpo, campo rupestre, campo de murunduns, dentre outras. O clima da região é tropical, quente semi-úmido, com temperaturas médias anuais de 22° a 24° C. A umidade relativa fica abaixo dos 70% na época de seca (maio a setembro). O índice pluviométrico médio anual varia de 1.500 a 1.750 mm. É considerado um corredor ecológico por fazer divisa com outras áreas de proteção ambiental (ICMBio, 2018) (Figura 1).

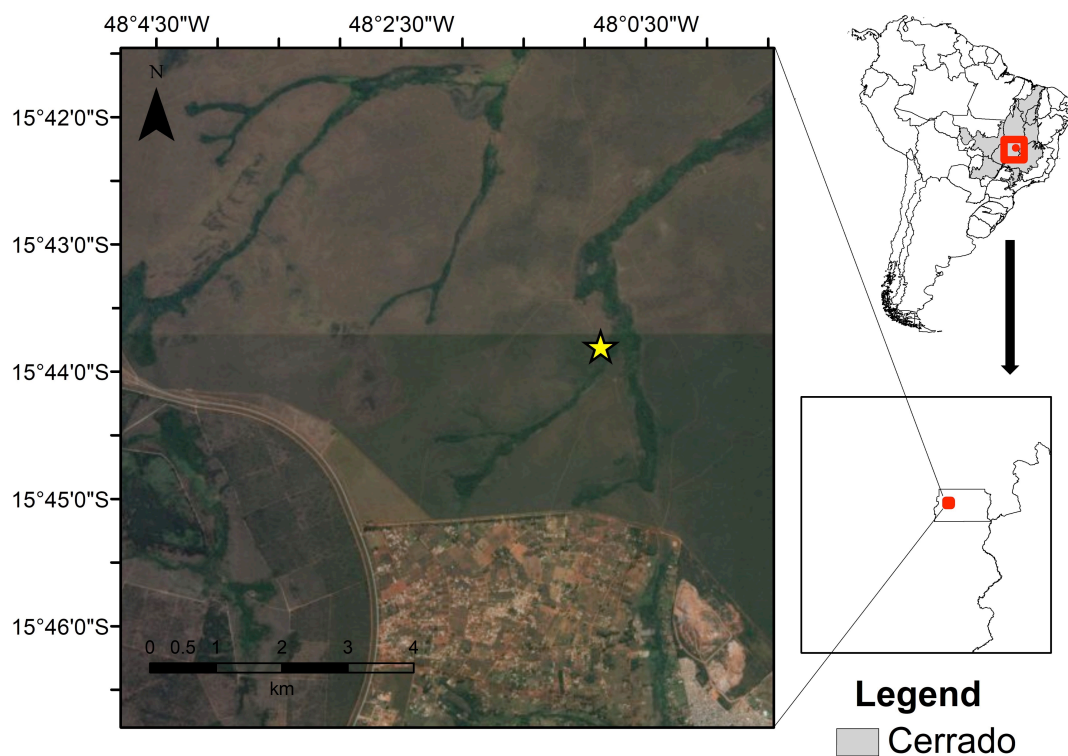


Figura 1. Mapa do Distrito Federal. Em destaque o Parque Nacional de Brasília - PNB.

2.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi feita nos meses de outubro de 2016 a março de 2017 que representa o período de chuvas no Cerrado e é o período onde os rola-bosta são mais abundantes (Gill, 1991). A coleta de Scarabaeinae foi realizada por armadilhas de queda (*pitfalls*). Cada armadilha consistiu de dois recipientes plásticos: um com capacidade de 1 l contendo água e detergente para quebrar a tensão superficial do líquido, facilitando a captura dos insetos (Larsen & Forsyth, 2005) e outro com capacidade de 50 ml, suspenso por arames, que abrigou a isca, e uma cobertura para proteção da chuva.

Em cada área foram utilizadas nove armadilhas separadas em três conjuntos de três armadilhas, as quais foram dispostas em uma distância de 100 m, sendo 3 iscadas com fezes de mamíferos herbívoros, 3 iscadas com fezes de carnívoros e 3 iscadas com fezes de onívoros (Figura 2). As três armadilhas com as diferentes iscas foram montadas com no mínimo 2 m de distância para que houvesse a opção de escolha pelos besouros. Cada isca foi composta por aproximadamente 50 g de fezes e as armadilhas ficaram expostas por 48 horas no campo.

Foram utilizadas como isca, fezes de nove mamíferos nativos do Cerrado. Três herbívoros: *Mazama gouazoubira* Fischer, 1814 (veado-catingueiro), *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758) (anta), *Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus, 1758 (veado campeiro), três carnívoros: *Leopardus colocolo* (Molina, 1782) (gato-palheiro), *Leopardus tigrinus* (Schreber, 1775) (gato-do-mato-pequeno), *Puma yagouaroundi* (Geoffroy, 1803) (jaguarundi) e três onívoros: *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (cachorro-do-mato), *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) (lobo-guará), *Lycalopex vetulus* (Lund, 1842) (raposa-do-campo). As fezes dos mamíferos foram coletadas no Zoológico de Brasília com a devida autorização. As fezes frescas foram coletadas sempre no período da manhã do dia da realização do campo e mantidas em potes individuais devidamente fechados e etiquetados. Foram coletadas preferencialmente as fezes dos animais que não estavam sendo tratados com nenhum tipo de medicamento ou vermífugo.

Os Scarabaeinae coletados foram armazenados em álcool 70% devidamente etiquetados e no laboratório de Entomologia da Universidade de Brasília foram triados, montados e identificados até gênero de acordo com a chave de identificação de Vaz-de-Mello *et al.* (2011). Após a identificação genérica, os exemplares foram levados até o especialista da área (Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello – UFMT/Cuiabá) para identificação específica.

Os vouchers do material coletado foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília.

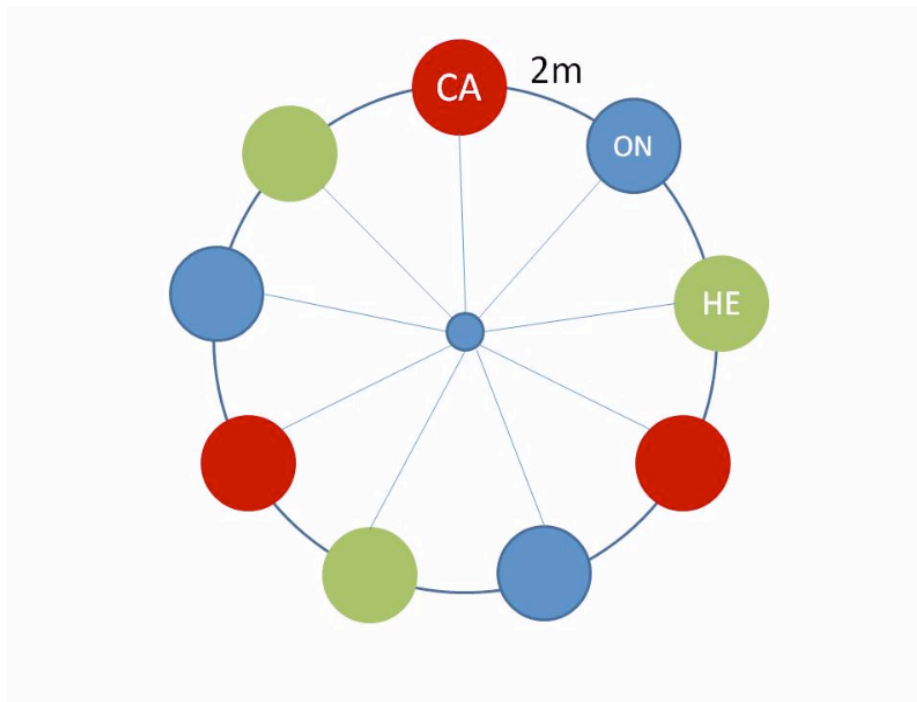


Figura 2. Disposição das armadilhas de coleta para rola-bosta, iscadas cada um com um tipo de isca (CA – carnívoros; ON – onívoros e HE – herbívoros) no Parque Nacional de Brasília.

2.3. Análise de dados

Os dados foram inicialmente analisados de forma descritiva, explorando o número e porcentagem de espécies e o número de indivíduos atraídos para cada tipo de fezes dos mamíferos.

Para verificar a preferência das espécies de Scarabaeinae pelas massas fecais dos mamíferos e pelas dietas foi utilizado o valor de indicação IndVal (Dufrêne & Legendre, 1997) de acordo com a fórmula:

$$f_{i,c} = \frac{\sum_{j \in c} p_{i,j}}{n_c}$$

$$a_{i,c} = \frac{(\sum_{j \in c} x_{i,j})/n_c}{\sum_{k=1}^K ((\sum_{j \in k} x_{i,j})/n_k)}$$

$$d_{i,c} = f_{i,c} \times a_{i,c}$$

Onde $p_{i,j}$ é presença/ausência (1/0) das espécies de Scarabaeinae na amostra; $x_{i,j}$ é abundância das espécies de Scarabaeinae na amostra; n_c é o número de amostras (mamíferos/dietas). E para obter a significância dos valores de indicação foi utilizado o teste de Monte Carlo.

Para examinar as diferenças na estrutura da comunidade de Scarabaeinae nas diferentes espécies de mamíferos e nos tipos de dietas, foi utilizada uma PCOA, ordenando a variação da comunidade e MANOVA para verificar se existia diferenças na comunidade de rola-bosta nas diferentes dietas e diferenças entre as fezes das espécies de mamíferos. As análises foram feitas no R 3.1.2. Pacote labdsv e pacote vegan (R Core Team, 2018).

3. RESULTADOS

No total foram coletados 203 indivíduos e 19 espécies de Scarabaeinae (Tabela 1, Figura 3). As massas fecais com maior atratividade tanto em números de indivíduos quanto em número de espécies foram as dos mamíferos onívoros *C. brachyurus*, com 32,67% dos indivíduos coletados e 13 espécies coletadas, *C. thous* com 15,84% dos indivíduos e 9 espécies e pelo mamífero carnívoro *L. tigrinus* com 14,35% dos indivíduos e 8 espécies coletadas. A massa fecal com menor atratividade foi a do mamífero herbívoro *O. bezoarticus* com 2,47% dos indivíduos coletados e com apenas 2 espécies coletadas. As três espécies de Scarabaeinae mais abundantes foram *Uroxys* aff. *horicallis* (23,26%), seguido por *Oxysternon palemo* (19,30%) e *Canthidium* aff. *viride* (11,38%) (Figura 4).

O valor de indicação IndVal identificou duas espécies indicadoras para dois tipos de dieta, *Deltochilum* sp.1 como indicador de dieta de carnívoros ($p = 0,045$) e *Genieridium cryptops* como indicador de dieta de onívoros ($p = 0,031$). Já com relação aos mamíferos, o índice não identificou espécie indicadora. Em relação a estrutura da comunidade de Scarabaeinae não existe diferença entre as fezes de mamíferos, porém, ao analisar as comunidades nas diferentes dietas (onívoro, carnívoro e herbívoro) observa-se comunidades diferentes para cada tipo de dieta ($p = 0,016$) (Figura 5).

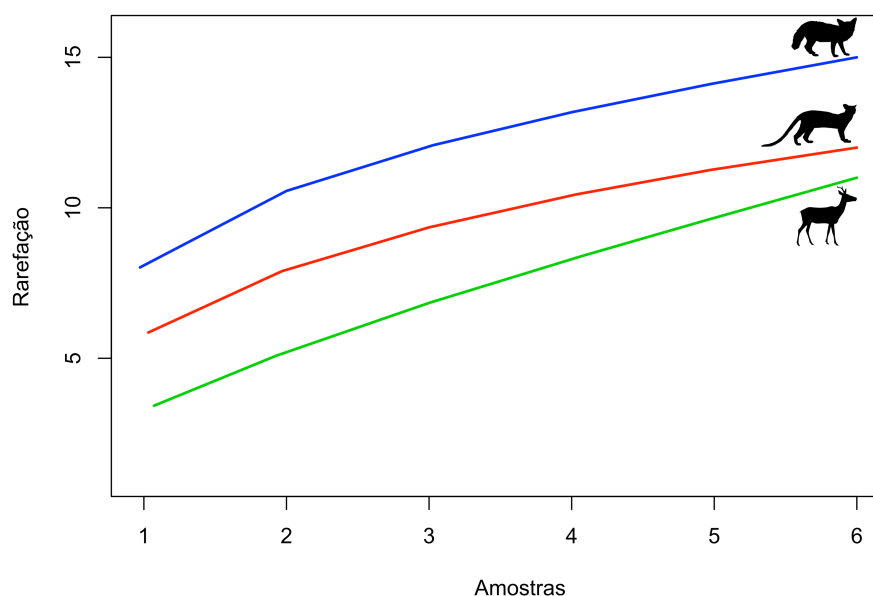


Figura 3. Estimativa das espécies por número de indivíduos de rola-bosta referente as dietas (onívoro; carnívoro e herbívoro).

Tabela 1: Número de indivíduos capturados por espécie em relação aos tipos de recursos - mamíferos onívoros: *Lycalopex vetulus* (Lv); *Cerdocyon thous* (Ct); *Chrysocyon brachyurus* (Cb); mamíferos carnívoros: *Leopardus tigrinus* (Lt); *Leopardus colocolo* (Lc); *Puma yagouaroundi* (Py); mamíferos herbívoros: *Tapirus terrestris* (Tt); *Mazama gouazoubira* (Mg); *Ozotoceros bezoarticus* (Ob).

Espécies	Recurso (massa fecal de mamíferos)									Total
	Onívoro			Carnívoro			Herbívoro			
	Lv	Ct	Cb	Lt	Lc	Py	Tt	Mg	Ob	
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1867)	-	-	-	-	1	-	1	-	-	2
<i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i> Borre, 1886	4	1	1	1	4	-	-	2	1	14
<i>Canthidium</i> aff. <i>viride</i> (Lucas, 1859)	-	1	3	-	-	2	-	-	-	6
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Canthon decoratum</i> (Perty, 1830)	-	1	-	-	-	-	1	-	-	2
<i>Chalcocopris inexpectatus</i> Rossini & Vaz-de-Mello, 2015	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Coprophanaeus spitz</i> (Pessôa, 1934)	1	8	4	3	3	4	-	-	-	23
<i>Deltochilum</i> sp.1	3	2	1	6	5	1	-	-	-	18
<i>Deltochilum</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	-	5	10	3	1	2	1	-	-	22
<i>Eurysternus caribeus</i> (Herbst, 1789)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	-	-	1	-	1	-	1	-	-	3
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	1	3	7	-	-	-	-	1	-	12
<i>Onthophagus</i> aff. <i>buculus</i> Mannerheim, 1829	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Oxysternon palemo</i> Castelnau, 1840	-	4	28	3	-	-	1	3	-	39
<i>Phanaeus kirbyi</i> Vigors, 1825	-	-	2	1	-	-	-	-	-	3
<i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> Balthasar, 1940	2	7	5	11	8	1	5	4	4	47
<i>Uroxys</i> sp.1	1	-	2	1	-	1	-	1	-	6
<i>Uroxys</i> sp.2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Total indivíduos	13	32	66	29	24	11	11	12	5	203
Total		111			64			28		
Espécies	6	9	13	8	8	6	7	6	2	19
Total espécies		15			13			11		

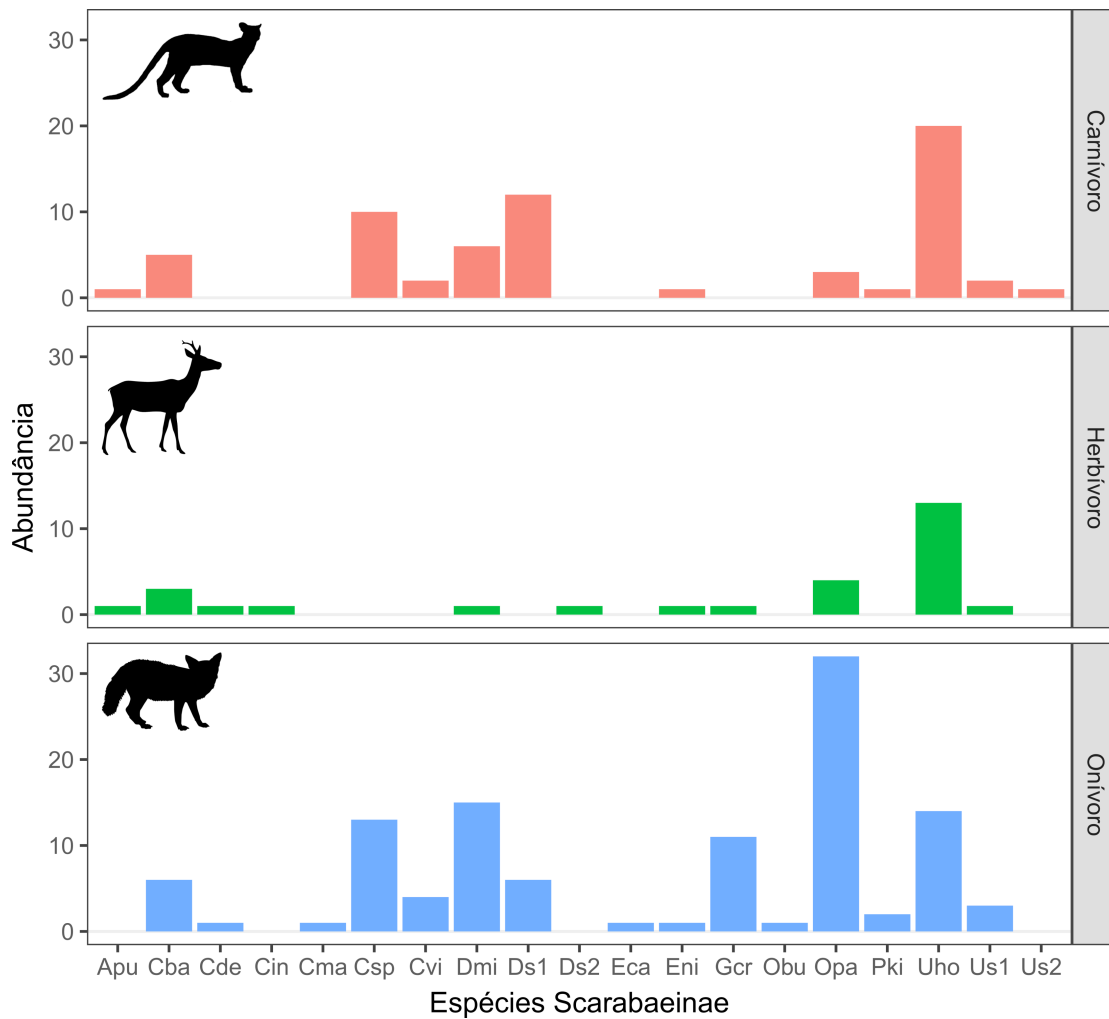


Figura 4. Abundância das espécies de rola-bosta coletadas em cada tipo de dieta (Apu = *Ateuchus puncticollis*; Cba = *Canthidium* aff. *barbacenicum*; Cde = *Canthidium decoratum*; Cin = *Chalcocoprins inexpectatus*; Cma = *Canthidium marseuili*; Csp = *Coprophanæus spitz*; Cvi = *Canthidium* aff. *viride*; Dmi = *Diabroctis mirabilis*; Ds1 = *Deltochilum* sp.1; Ds2 = *Deltochilum* sp.2; Eca = *Eurysternus caribæus*; Eni = *Eurysternus nigrivirens*; Gcr = *Genieridium cryptops*; Obu = *Onthophagus* aff. *buculus*; Opa = *Oxysternon palemo*; Pki = *Phanaeus kirbyi*; Uho = *Uroxys* aff. *thoracalis*; Us1 = *Uroxys* sp.1; Us2 = *Uroxys* sp.2).

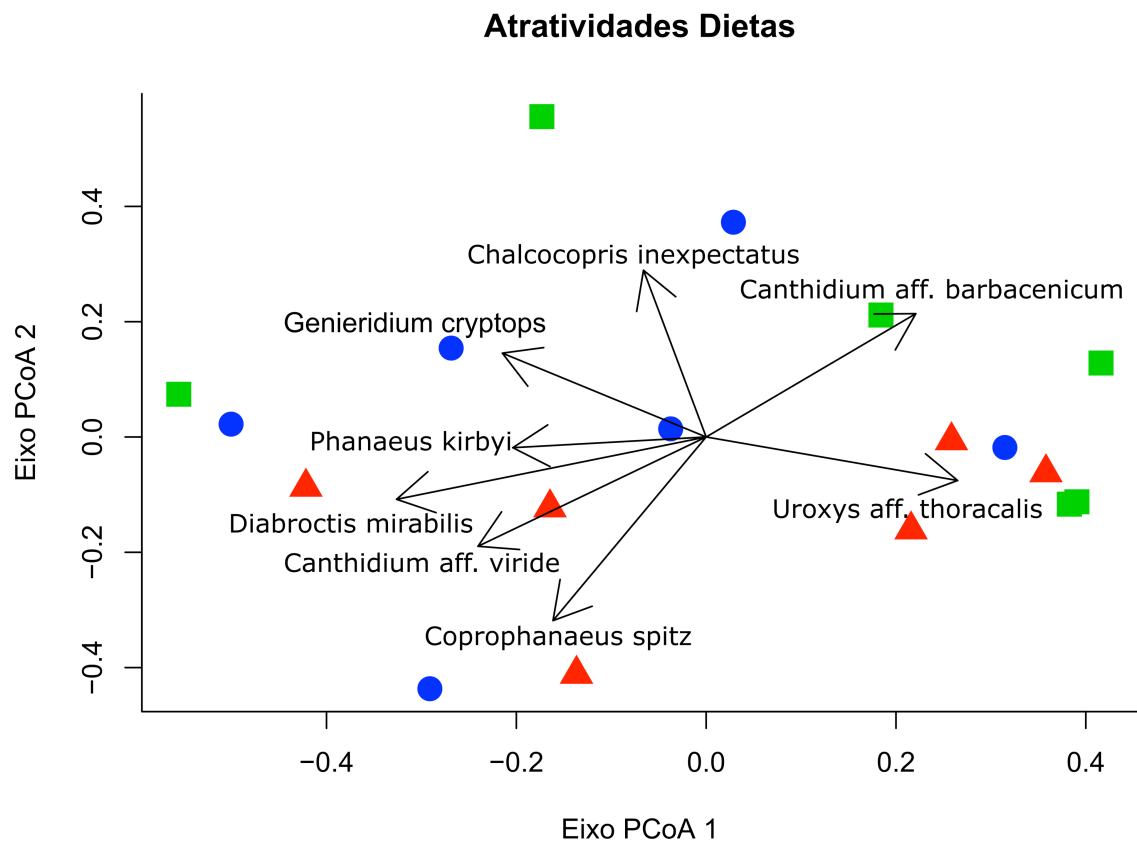


Figura 5. Ordenação das espécies de Scarabaeinae em relação as dietas dos mamíferos (círculo: onívoro; triângulo: carnívoro; quadrado: herbívoro).

4. DISCUSSÃO

Foram coletadas 19 espécies de Scarabaeinae (Tabela 1) com a maior riqueza de espécies ocorrendo nas fezes onívoras. Trabalhos que também avaliaram a preferência de vários tipos de fezes constataram que as fezes de mamíferos onívoros são as mais atrativas (Estrada *et al.*, 1993; Filgueiras *et al.*, 2009; Noriega, 2012; Whipple & Hoback, 2012; Bogoni & Hernández, 2014).

As mais atrativas são as fezes de *C. brachyurus* (lobo-guará) considerada a maior espécie de canídeo da América Latina, apresentando adaptação e distribuição nas áreas abertas, como o Cerrado e possui uma dieta diversificada (frutas, pequenos mamíferos, aves, répteis e insetos) o que justifica essa grande riqueza e abundância de rola-bosta, atraídos as suas fezes (Bueno *et al.*, 2002). *Oxysternon palemo* foi a espécie de rola-bosta mais abundante e sua maior representatividade foi em fezes de lobo-guará isso pode estar relacionado a distribuição geográfica de ambos, porque assim como o lobo-guará *O. palemo* também possui distribuição em áreas abertas (Edmonds & Zidek, 2004) e é umas das espécies mais abundantes coletada em Cerrado no PNB (Rocha, 2016; Dados do primeiro capítulo). A segunda espécie de mamífero onívoro mais atrativa foi *C. thous* corroborando com o trabalho de Bogoni & Hernández (2014), onde foi revelado que as fezes do mesmo foi o recurso mais atrativo, com 59% dos besouros coletados. *Cerdocyon. thous* possui uma distribuição geográfica bem representativa na região neotropical e Brasil. Apresenta uma dieta bem diversificada, parecida com a do lobo-guará mas possui preferencialmente frutas em suas fezes (MacDonald & Courtney, 1996; Gatti *et al.*, 2006).

O Parque Nacional de Brasília é uma unidade de conservação extensa em número de hectares (42.000 hectares), contendo uma rica e representativa mastofauna, com aproximadamente 110 espécies de mamíferos não voadores (ICMBio, 2018). Todas as espécies de mamíferos, que através de suas fezes, foram utilizadas nesse trabalho são encontradas no PNB, incluindo os mamíferos com as dietas de maior atratividade e a raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*) que é a única espécie utilizada no presente estudo, endêmica do Cerrado.

Segundo Halffter e Mathews (1966) as fezes de mamíferos carnívoros são menos atrativas que as fezes de herbívoros e onívoros. No entanto, no presente estudo, as fezes de carnívoros resultaram em captura média mais alta do que a de herbívoros e, *Deltochilum* sp.1

foi uma espécie indicadora (índice IndVal) de dieta de carnívoro, mostrando assim uma preferência por esse tipo de dieta. Esse resultado corrobora com o estudo de Filgueiras *et al.* (2009) onde foi encontrado outra espécie de *Deltochilum* apenas em armadilhas com fezes de carnívoro. As espécies de *Deltochilum* têm atividade necrófaga (Falqueto *et al.*, 2005; Bogoni & Hernandez, 2014) e possui um subgênero considerado predador de diplopodas (Larsen *et al.*, 2009). A presença das duas espécies de *Deltochilum* encontradas nas fezes dos carnívoros pode ser o resultado da atração por restos de animais não digeridos. O gênero é considerado oportunista e porque os predadores são frequentemente raros, é provável que as fezes de carnívoros também sejam raras em comparação com outras fontes (Bogoni & Hernandez, 2014).

A espécie *U. aff. thoracalis* foi a única espécie de rola-bosta a ser coletada em todos os tipos de fezes, se mostrando uma espécie generalista. Já a espécie *G. cryptops*, um endocoprídeo, possuindo comportamento de nidificação diretamente na massa fecal (Alarcón *et al.*, 2009), é indicadora (índice IndVal) de dieta de onívoro fato que pode ser atribuído, em grande parte, as fezes de onívoro serem consideradas com odor mais forte (Scholtz *et al.*, 2009; Whipple & Hoback, 2012), tornando as mesmas mais atrativas para espécies com esse comportamento de nidificação. E por apresentar uma menor abundância, no presente estudo, pode estar associado à sua maior vulnerabilidade devido à especialização em dieta (Halffter & Matthews, 1966).

Muitos trabalhos utilizam fezes humanas e já sabemos que são extremamente atrativas e de fácil aquisição (Spector, 2006). No entanto, a atratividade das fezes humanas provavelmente obscurece informações importantes sobre uma fauna nativa de rola-bosta e não permite previsões dos efeitos das perdas de mamíferos em uma área, especialmente quando a área é uma reserva para a diversidade biológica. Então foi priorizado a utilização apenas de fezes de espécies nativas do bioma em questão, primeiro porque nunca foi realizado um trabalho de atratividade apenas com animais nativos do Cerrado e para que através da comunidade de rola-bosta possamos sugerir futuros estudos para utilização dos rola-bosta como bioindicadores de mamíferos no PNB e para a sua conservação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÓN, D. L.; HALFFTER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Nesting behavior in *Trichillum* Harold, 1868 and related genera (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: *Ateuchini*: *Scatimina*): a primitive process or a loss of nidification? *The Coleopterists Bulletin*, 63: 289-297, 2009.

ANDRESSEN, E.; LAURANCE, S. G. W. Possible indirect effects of mammal hunting on dung beetle assemblages in Panama. *Biotropica*, 39(1): 141–146, 2007.

BOGONI, J. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Attractiveness of native mammal's feces of different trophic guilds to dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *Journal of Insect Science*, 14(299): 1-7, 2014.

BUENO, A. A.; BELENTANI, S. C. S; MOTTA-JUNIOR, J. C. Feeding ecology of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) (Mammalia: Canidae), in the ecological station of Itirapina, São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 2(2), 1-9, 2002.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. *Revista de Biologia Tropical*, 65(3): 917-924, 2017.

CARPANETO, G. M. Changes in food resources and conservation of scarab beetles: from sheep to dog dung in a green urban area of Rome (Coleoptera: Scarabaeidae). *Biological Conservation*, 123: 547-556, 2005.

DORMONT, L.; EPINAT, G.; LUMARET, J. P. Trophic preferences mediated by olfactory cues in dung beetles colonizing cattle and horse dung. *Environmental Entomology*, 33(2): 370-377, 2004.

DORMONT, L.; RAPIOR, S.; MCKEY, D. B.; LUMARET, J. P. Influence of dung volatiles on the process of resource selection by coprophagous beetles. *Chemoecology*, 17: 23-30, 2007.

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

EDMONDS, W.D.; ZÍDEK, J. Revision of the Neotropical dung beetle genus *Oxysternon* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Folia Heyrovskyana Supplementum*, 11:1-58, 2004.

ESTRADA, A.; ANZURES, A. D.; COATES-ESTRADA, R. Tropical rain forest fragmentation, howler monkeys (*Alouatta palliata*), and dung beetles at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 48: 253–262, 1999.

ESTRADA, A.; HALFFTER, G.; COATES-ESTRADA, R.; MERITT, D. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata* Gray) and omnivore (*Nasua narica* Linnaeus) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal Tropical Ecology*, 9: 45-54, 1993.

FALQUETO, S. A.; VAZ-DE-MELLO, F.; SCHOEREDER, J. H. Are fungivorous Scarabaeidae less specialist? *Ecología Austral*, 15: 17-22, 2005.

FEER, F.; HINGRAT, Y. Effects of forest fragmentation on a dung beetle community in French Guiana. *Conservation Biology*, 19(4): 1103-1112, 2005.

FRANK, K.; BRÜCKNER, A.; HILPERT, A.; HEETHOFF, M.; BLÜTHGEN, N. Nutrient quality of vertebrate dung as a diet for dung beetles. *Nature*, 7:1214, 2017.

FILGUEIRAS, B. K. C.; LIBERAL, C. N.; AGUIAR, C. D. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; IANNUZZI, L. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3): 422–427, 2009.

GATTI, A.; BIANCHI, R.; ROSA, C.R.X.; MENDES, S. L. Diet of two sympatric carnivores, *Cerdocyon thous* and *Procyon cancrivorus*, in a restinga area of Espírito Santo State, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 227-230, 2006.

GILL, B. D. Dung beetles in tropical American forests. In: HANSKI, ILKKA and CAMBEFORT, YVES (Org.). *Dung Beetle Ecology*. Nova Jersey: Princeton University Press, Cap. 12, p.211-229. 1991.

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

HOLTER, P.; SCHOLTZ, C. H. What do dung beetles eat? *Ecological Entomology*, 32: 690-697, 2007.

ICMBio-Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/visitacao/ucsabertas-a-visitacao/213-parquenacional-de-brasilia> acesso em 1 de abril de 2018.

JÁCOMO, A. T. A. Nicho alimentar do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus* Illiger, 1811) no Parque Nacional das Emas- GO. Dissertação de Mestrado. Goiânia: Goias, 1999.

LARSEN, T.H.; LOPERA, A.; FORSYTH, A.; GÉNIER, F. From coprophagy to predation: a dung beetle that kills millipedes. *Biology Letters*, 5: 152–155, 2009.

LARSEN, T. H.; FORSYTH, A. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. *Biotropica*, 37(2): 322–325, 2005.

MACDONALD, D.W.; COURTENAY, O. Enduring social relationships in a population of crab-eating zorros, *Cerdocyon thous*, in Amazonian Brazil (Carnivora, Canidae). *Journal of Zoology London*, 239: 329-355, 1996.

MARSH, C.; LOUZADA, J.; BEIROZ, W.; EWERS, R. M. Optimising bati for pitfall trapping of amazonian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *Plos One*, 8(8): e73174, 2013.

MYERS, N. R. A.; MITTERMEIER, C. G.; MITTERMEIER, G. A.; FONSECA, B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858, 2000.

NICHOLS, E.; GARDNER, T. A.; PERES, C. A.; SPECTOR, S. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. *Oikos*, 118: 481-487, 2009.

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

NORIEGA, J. A. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) attracted to *Lagothrix lagotricha* (Humboldt) and *Alouatta seniculus* (Linnaeus) (Primates: Atelidae) dung in a Colombian Amazon Forest. *Psyche*, v(12): 1-6, 2012.

PERCEQUILLO, A. R. & GREGORIN, R. Mammalia in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/64>>. Acesso em: 03 Abril de 2018.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. 2018.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 151-212. 2008.

ROCHA, M. V. C. Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil Central. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília: Brasília, 2016.

SALOMÃO, R. P.; MAIA, A. C. D.; BEZERRA, B. M.; IANNUZZI, L. Attractiveness of different food resources to dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) of a dry tropical area. *Neotropical Entomology*, 47:69–78, 2018.

SCHOLTZ, C. H.; DAVIS, A. L. V.; KRYGER, U. Evolutionary biology and conservation of dung beetles. *Pensoft Publishers*, Sofia, 567, 2009.

SCHOLTZ, C. H.; CHOWN, S. L. The evolution of habitat use and diet in the Scarabaeoidea: a phylogenetic approach. In: PAKALUK, J; LIPINSKI, S.A.S. (org.). *Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera*. Warsaw: Museum i Institut Zoologii PAN, p. 355–374. 1995.

SPECTOR, S. Scarabaeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity and conservation research. *The Coleopterists Bulletin*, 5: 71–83, 2006.

VAZ-DE-MELLO, F. Z., EDMONDS, W. D., OCAMPO, F.; SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854: 1-73. 2011.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>>. Acesso em: 01 Abr. 2018.

VULINEC, K. J.; LAMBERT, E.; MELLOW, D. J. Primate and dung beetle communities in secondary growth rainforests: implications for conservation of seed dispersal systems. *International Journal of Primatology*, 27: 855–878, 2006.

WHIPPLE, S. D.; HOBACK, W. W. A comparison of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) attraction to native and exotic mammal dung. *Environmental Entomology*. 41(2): 238-244, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A comunidade de rola-bosta do presente estudo corrobora com o padrão encontrado em trabalhos realizados em outras regiões e biomas neotropicais: poucas espécies muito abundantes e muitas espécies com poucos indivíduos; maior riqueza e abundância em áreas mais abertas do que em áreas fechadas; maiores ocorrências de rola-bosta em meses de maior umidade e precipitação; e a maioria das espécies com dieta coprófaga;
- Esse é o primeiro trabalho a utilizar índices de diversidade funcional em relação as dietas coprófagas e necrófagas em ambientes de Cerrado;
- É o primeiro trabalho a testar a atratividade em fezes de mamíferos utilizando apenas animais nativos do Cerrado;
- O trabalho contribui com uma lista de espécies de rola-bosta abrangendo três áreas de proteção ambiental do Distrito Federal, aumentando o conhecimento da comunidade desses besouros no bioma Cerrado.

APÊNDICE 1

Tabela: Número de indivíduos de rola-bosta coletados nas três áreas de proteção ambiental do Distrito Federal.

Espécies	Áreas			Total
	Flona	IBGE	PNB	
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1867)	20	20	50	90
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	12	20	16	48
<i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i> Borre, 1886	7	16	79	102
<i>Canthidium</i> aff. <i>viride</i> (Lucas, 1859)		1	38	39
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867			1	1
<i>Canthidium</i> sp.1		2	26	28
<i>Canthon</i> aff. <i>pauxilus</i> Harold, 1868	2			2
<i>Canthon</i> aff. <i>piluliformis</i> Blanchard, 1845		1		1
<i>Canthon</i> aff. <i>virens</i> (Mannerheim, 1829)			1	1
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868		1		1
<i>Canthon decoratum</i> (Perty, 1830)	10	6	28	44
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	2		1	3
<i>Canthon tristis</i> Harold, 1862	1	9	28	38
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)		1		1
<i>Canthonella</i> sp.	3	10		13
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)			7	7
<i>Coprophanaeus dardanus</i> (MacLeay, 1819)			2	2
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	3		9	12
<i>Coprophanaeus spitzi</i> (Pessôa, 1934)	1	5	167	173
<i>Deltochilum pseudoycarus</i> Balthasar, 1939			2	2
<i>Deltochilum</i> sp.1			4	4
<i>Deltochilum</i> sp.2			103	103
<i>Deltochilum</i> sp.3	5	35	29	69
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	2	7	20	29
<i>Dichotomius angeloii</i> Nunes, Carvalho & Vaz-de-Mello, 2016			80	80
<i>Dichotomius</i> aff. <i>bicuspis</i> (Germar, 1824)	6			6
<i>Dichotomius</i> aff. <i>carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	28	91	172	291
<i>Dichotomius</i> aff. <i>lycas</i> (Felsche, 1901)	1	1	1	3
<i>Dichotomius crinicollis</i> (Germar, 1824)	14	11	4	29
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	8	7		15
<i>Dichotomius reichei</i> (Germar, 1824)	2	2	89	93
<i>Dichotomius</i> sp.			16	16
<i>Dichotomius zikani</i> (Luederwaldt, 1922)			3	3
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	24	61	459	544
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	4	127	7	138
<i>Eurysternus navajavi</i> Martínez, 1988		19		19
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	12	30	91	133

<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996			1	1
<i>Onthoohagus ptox</i> Erichson, 1847	15	4	12	31
<i>Onthophagus</i> aff. <i>buculus</i> Mannerheim, 1829	16	6	30	52
<i>Oxysternon palem</i> Castelnau, 1840	294	120	350	764
<i>Phanaeus kirby</i> Vigors, 1825			5	5
<i>Phanaeus splendidulus</i> (Fabricius, 1781)			2	2
<i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> Balthasar, 1940	2	13	96	111
<i>Uroxys</i> sp.1	1	13	37	51
Total	495	639	2066	3200