

Biodiversidade e funções ecossistêmicas de coleópteros coprófagos em diferentes usos do solo na microrregião de Ituiutaba (MG)

Biodiversity and ecosystem functions of coprophagous beetles in different land uses in the microregion of Ituiutaba (MG)

Biodiversidad y funciones ecossistêmicas de escarabajos coprófagos en diferentes usos del suelo en la microrregión de Ituiutaba (MG)

Recebido: 07/08/2022 | Revisado: 18/08/2022 | Aceito: 19/08/2022 | Publicado: 28/08/2022

Amanda Fialho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4999-9591>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: amanda.fialho@uemg.br

Rafaella Gouveia Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-0841>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: rafaellagouveiamendes@gmail.com

Josef Gastl Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3492-1089>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: josef.gastl@ufu.br

Franciane Diniz Cogo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3152-1381>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: franciane.diniz@uemg.br

Ana Gabrielle Silva Novais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7221-433X>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: anagabriellenovais26@gmail.com

Izabela Vieira Fonseca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-0859>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: izabelavfonseca@gmail.com

Bruna Nayara Gueiros do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8724-796X>
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
E-mail: gueiros077@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente estudo foi realizar o levantamento da biodiversidade de besouros escarabeíneos na região do córrego do Café em Ituiutaba (MG), bem como suas funções ecossistêmicas. O estudo foi realizado nas porções de matas ciliares do córrego do Café localizadas na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Ituiutaba (MG). As coletas de espécies dos escarabeíneos, (Coleoptera: Scarabaeidae) ocorreram entre os meses de março a Junho de 2018. Para a identificação dos escarabeíneos foram instaladas armadilhas nas áreas de vegetação nativa, de agricultura e de pastagem, do tipo pitfall enterradas ao nível do solo, espaçadas 50 m uma da outra e iscadas com fezes suínas (25 g). Após 24 horas os besouros capturados foram triados e acomodados em mantas, produzidas com jornal e algodão, e armazenados para posterior identificação. Para avaliação de funções ecossistêmicas foram instaladas duas armadilhas, tipo arena, espaçadas 100 m uma das outras e preenchidas por 300 g de iscas compostas por esterco de porco e de gado. O solo revolvido pelos besouros foi seco a 60°C por três dias e pesado. Os resultados foram significativos para todas as variáveis em relação ao uso da terra, ou seja, conforme a com a fitofisionomia avaliada apresentou-se diferenças. Pois o ambiente é forte influenciador da biodiversidade. Assim, a maioria dos indivíduos foram encontrados nas áreas de floresta, sendo seguido pelas áreas de pastagem e por fim, as áreas de agricultura composta por cana-de-açúcar, as quais foram as com menor abundância de escarabeíneos.

Palavras-chave: Besouros; Ciclagem de nutrientes; Floresta; Lavoura; Pasto.

Abstract

The objective of the present study was to survey the biodiversity of scarab beetles in the Córrego do Café region in Ituiutaba (MG), as well as their ecosystem functions. The study was carried out in the portions of riparian forests of

the Café stream located at the Experimental Farm of the University of the State of Minas Gerais (UEMG), Ituiutaba Unit (MG). The collections of scarab beetle species (Coleoptera: Scarabaeidae) took place between March and June 2018. To identify the scarab beetle, traps were installed in the areas of native vegetation, agriculture and pasture, of the pitfall type, buried at the level of the soil, spaced 50 m apart and baited with swine feces (25 g). After 24 hours, the captured beetles were sorted and accommodated in blankets, produced with newspaper and cotton, and stored for later identification. To evaluate ecosystem functions, two arena-type traps were installed, spaced 100 m apart and filled with 300 g of baits composed of pig and cattle manure. The soil stirred up by the beetles was dried at 60°C for three days and weighed. The results were significant for all variables in relation to land use, that is, according to the evaluated phytophysiology, differences were presented. Because the environment is a strong influencer of biodiversity. Thus, most of the individuals were found in forest areas, followed by pasture areas and finally, areas of agriculture composed of sugarcane, which were the ones with the lowest abundance of scarab beetles.

Keywords: Beetles; Nutrient cycling; Forest; Agriculture; Pasture.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue relevar la biodiversidad de escarabajos en la región de Córrego do Café en Ituiutaba (MG), así como sus funciones ecosistémicas. El estudio fue realizado en las porciones de bosques ribereños del arroyo Café ubicados en la Granja Experimental de la Universidad del Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidad Ituiutaba (MG). Las colectas de especies de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) se realizaron entre marzo y junio de 2018. Para la identificación del escarabajo se instalaron trampas en las áreas de vegetación nativa, agricultura y pastos, del tipo pitfall, enterradas a nivel de la suelo, separados 50 m y cebados con heces porcinas (25 g). Después de 24 horas, los escarabajos capturados fueron clasificados y acomodados en mantas, elaborados con papel periódico y algodón, y almacenados para su posterior identificación. Para evaluar las funciones del ecosistema, se instalaron dos trampas tipo arena, separadas 100 m y llenas con 300 g de cebos compuestos por estiércol porcino y bovino. La tierra removida por los escarabajos se secó a 60°C durante tres días y se pesó. Los resultados fueron significativos para todas las variables en relación al uso del suelo, es decir, según la fitofisiología evaluada se presentaron diferencias. Porque el medio ambiente es un fuerte factor de influencia de la biodiversidad. Así, la mayoría de los individuos se encontraron en las áreas de bosque, seguidas de las de pastoreo y finalmente las de agricultura compuesta por caña de azúcar, que fueron las que presentaron menor abundancia de escarabajos.

Palabras clave: Escarabajos; Ciclo de nutrientes; Bosque; Agricultura; Pastar.

1. Introdução

Os insetos são os principais representantes da riqueza de comunidades das florestas tropicais (May, 1996). Dentre eles os insetos coleópteros (besouros), que são pertencentes às subfamílias Aphodiinae e Scarabaeinae da família Scarabaeidae são comumente chamados de besouros rola-bosta, pois se alimentam principalmente de esterco de mamíferos e também o usam para fornecer nidificação e alimento para suas larvas (Singh et al., 2019). Apresenta aproximadamente 4.500 espécies, sendo que 618 espécies são conhecidas apenas no território brasileiro (Halffter & Edmonds 1982, Vaz-de-Mello 2000). Os escarabeíneos representam um grupo de insetos com grande importância nos mais variados processos ecológicos (Nichols et al., 2008). Uma característica que lhe confere grande importância é à realização de funções ecossistêmicas, dentre elas: a ciclagem de nutrientes, a incorporação de matéria orgânica que se encontra em decomposição no solo (Bang et al., 2005; Nichols et al., 2008).

Além disso, apresentam o hábito de construir de galerias em variadas profundidades no solo para possibilitar o enterramento das fezes, que são o recurso principal para sua sobrevivência (Nichols et al., 2008). Devido a isso, proporcionam as alterações das características físico-químicas do solo e incrementam de forma significativa a aeração (Bang et al., 2005; Nichols et al., 2008). Além disso, essa movimentação proporciona a ciclagem de nitrogênio e outros nutrientes são de grande importância para em solos agriculturáveis (Kalisz & Stone, 1984), pois favorece muito o estabelecimento de espécies vegetais nos locais onde eles ocorrem (Alves & Nakano, 1997; Haynes & Wiluams, 1993; Miranda et al., 1998).

Na pecuária atuam como agentes de controle biológico de parasitas como, por exemplo moscas hematófagas e vetores de doenças (Fincher, 1975; Miller, 1961), causadoras de consideráveis prejuízos aos produtores (Nichols et al., 2008), controle de saúvas (*Atta* sp.) (Silveira et al., 2006), dispersão secundária de sementes, pedoturbação (Anderson 2003; Braga et al., 2013) e polinização (Beath, 1996).

Devido a sua importância ecológica, muitos autores concordam com a necessidade em se estudar os besouros do esterco, crescendo a produção de trabalhos realizados com esses organismos como ferramenta para obter respostas ecológicas. Principalmente em estudos que visam responder como a mudança no uso do solo pode influenciar na estrutura da comunidade e nas funções ambientais associadas aos besouros do esterco (Barragán et al., 2011).

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

Devido às modificações dos ecossistemas naturais, atualmente resta apenas um terço das florestas tropicais em seu estado natural (FAO, 2006). Dessa forma, diversos autores apontam para a importância em se proteger fragmentos de vegetação original, sendo estes considerados importantes refúgios naturais de indivíduos, proporcionando à manutenção da fauna e flora (Nichols et al., 2007). Estudos mostram que existem consequências para a diversidade, ocasionada principalmente pela ocupação humana (Loreau et al., 2001).

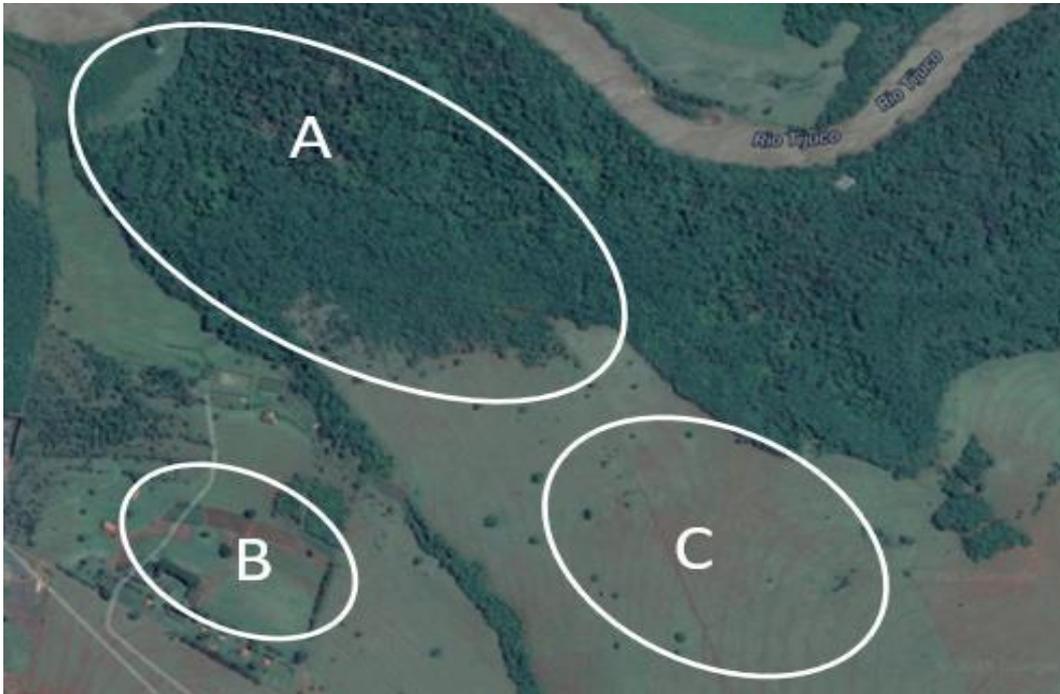
Segundo Sala et al. (2000) podemos aferir que as mudanças de uso do solo, associados a mudanças ambientais, como as climáticas, serão os maiores responsáveis por modificações nos padrões de distribuição da biodiversidade. Possui relevância o fato de que pequenas mudanças no meio natural podem resultar em significativas modificações nos ecossistemas. Além de interferir negativamente na biodiversidade, as suas consequências são proporcionais as alterações nas funções ecológicas que esses organismos são capazes de executar (Suding & Hobbs, 2009).

A agricultura se apresenta como a forma de uso do solo de maior potencial modificador do ambiente, sendo urgente a realização trabalhos que capazes de verificar o grau dessa modificação, principalmente em quando as modificações apresentam proximidade com áreas naturais, como as matas ciliares. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo realizar o levantamento da biodiversidade de besouros escarabeíneos na região do córrego do café, na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais, assim como as funções ecossistêmicas realizadas por esses organismos.

2. Metodologia

O presente estudo foi realizado no município de Ituiutaba, localizado na Microrregião geográfica de Ituiutaba e Macrorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba com população estimada em 105.818 habitantes e área de 2.598,046 km² (IBGE 2021). A Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), unidade Ituiutaba possui a Fazenda Experimental de Ituiutaba (FAEXPI) com Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APP) cuja extensão é de aproximadamente dezoito hectares e áreas adjacentes de pastagem e produção agrícola. A porção final do Córrego do Café, afluente do Rio Tijuco, situa-se na APP da FAEXPI/UEMG, unidade Ituiutaba (Figura 1). As matas ciliar e de galeria deste córrego foram o foco deste estudo.

Figura 1. Imagem de satélite com delimitação geográfica (em branco) da região da Reserva Legal e parte da Área de Preservação Permanente da FAEXPI/UEMG, unidade Ituiutaba, nas proximidades da mata ciliar do Córrego do Café. A- áreas de mata ciliar; B – áreas de produção agrícola e C – áreas de pastagens.



Fonte: Imagem obtida pelo software Google Earth7.1.5.1557 Rezende, A. R. (2018).

Segundo a classificação climática de Köppen, pelo tipo *Aw*, a região da microrregião de Ituiutaba apresenta clima tropical quente em todas as estações do ano (temperatura média mensal maior ou igual a 18° C) com inverno seco. Devido a essas características climáticas, as coletas foram realizadas nos meses de março a junho de 2018, correspondentes a estação chuvosa, período em que os escarabeíneos são encontrados em maior abundância (Hanski & Cambefort, 1991; Andresen, 2005).

Para a realização da amostragem de espécies dos escarabeíneos, (Coleóptera: Scarabaeidae), foram instaladas 24 armadilhas nas áreas de vegetação nativa (mata ciliar) e 24 armadilhas na área de agricultura e 24 armadilhas nas áreas de pastagens.

Foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall* (19 cm de diâmetro, 11 cm de profundidade) enterradas ao nível do solo e iscadas com fezes suínas (25 g). Cada armadilha foi preenchida com 250 ml de uma solução de sal + detergente e o conjunto foi protegido com uma cobertura plástica para proteção contra chuva.

As armadilhas foram instaladas a uma distância mínima de 50 metros umas das outras, procedendo a sua retirada após 24 horas de instalação, a seguir os besouros capturados foram transferidos para o laboratório nas dependências da UEMG/Ituiutaba, para serem triados e acomodados em mantas, produzidas com jornal e algodão, e armazenados para identificação.

Em laboratório os besouros foram montados com a utilização de alfinetes entomológicos e identificados com o auxílio de microscópio estereoscópio. As espécies foram revisadas pelo professor do Departamento de Biologia e Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso, Dr. Fernando Zagoury Vaz de Melo, sistemata e taxonomista de coleópteros da superfamília Scarabaeoidea.

Para obter o cálculo da massa corporal para cada espécie coletada, procedeu-se a pesagem em balança de precisão (0,0001 g) com uma amostra de 30 indivíduos de cada espécie quando possível. As médias obtidas a partir do peso destes

indivíduos foi calculada multiplicando-se pela abundância total de cada espécie. Antes de realizar a pesagem, os exemplares foram secos em estufa a uma temperatura de 60 °C por uma semana (Gardner et al., 2008).

Ainda, para cada uma das áreas de estudo da biodiversidade, foram instaladas duas armadilhas, tipo arena para verificar a avaliação de funções ecossistêmicas (Braga et al., 2012), separadas em 100 m. Essas arenas foram compostas por uma tela de nylon de 1,0 m de diâmetro e 0,20 m de altura.

Para a avaliação da remoção de fezes foi depositada um bloco de isca formada por esterco de porco e esterco de gado com 300 g, ao centro da área delimitada da arena. Todas as arenas foram instaladas sempre no horário matutino, e expostas à comunidade de besouros escarabeíneos por um período de 24 horas. Após esse período procedeu-se a coleta da massa de esterco remanescente, e o diferencial de peso final.

Para a verificação das funções ecossistêmicas realizadas pelos escarabeíneos foi coletado todo solo revolvido pelos besouros dentro da área delimitada pela arena. Esse material foi levado para estufa a 60 °C por três dias e pesado para obtenção da quantidade de solo removido, seguindo a metodologia padrão (Braga et al., 2012).

Realizou-se uma análise de cobertura da eficiência amostral em cada amostragem em cada escala (uso do solo) foi realizado uma análise de complementação da amostragem (Chao & Jost, 2012). Para a comparação da riqueza de espécies, estandarizou para a mesma cobertura amostral (comparando-se as proporções iguais da comunidade, por meio da extrapolação e interpolação da cobertura amostral das áreas referência, que neste caso será de mata ciliar) (Chao & Jost, 2012).

Para avaliar se houve efeito do uso do solo sobre a riqueza de espécies, foram produzidos modelos lineares generalizados (GLM) com as informações de número de indivíduos e biomassa da comunidade, tendo a riqueza, abundância e biomassa como variável resposta e os diferentes tipos de uso do solo, como variável determinante (R Development Core Team, 2010).

As diferenças espaciais nas assembleias de Scarabaeinae nas áreas estudadas foram detectadas com dados da composição de espécies, e verificadas através da análise de coordenadas principais (PCO) baseada na matriz (com valores de abundância) de similaridade de Bray-Curtis com dados padronizados e transformados por raiz quadrada. Diferenças estatísticas na composição de espécies nas áreas de estudo foram medidas por meio da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), por comparações múltiplas pareadas. Essas análises foram realizadas usando o software Primer v.6 com PERMANOVA + (Clarke & Gorley, 2006).

3. Resultados e Discussão

Comparando-se os usos do solo, com todas as iscas ou separadamente para cada uma das duas iscas utilizadas, a composição de espécies formou grupos distintos, tanto em pastagens, quanto na agricultura e na floresta, como pode ser verificado na Tabela 1. Os estudos experimentais da função da biodiversidade examinam comunidades cujas estruturas muitas vezes diferem marcadamente daquelas que prestam serviços em paisagens reais (Kremen, 2005).

Foram coletados 329 indivíduos de Scarabaeinae, pertencentes a 14 espécies distribuídas em sete gêneros e quatro tribos; Ateuchini (um gênero, três espécies), Delthochilini (um gênero, quatro espécies), Coprini (três gêneros, cinco espécies), Phanaeini (um gênero, uma espécie) e Onthophagini (um gênero, uma espécie). A tribo Coprini apresentou maior riqueza de espécies, representada por cinco espécies e maior abundância com 158 indivíduos. Sendo percebido uma dominância da espécie *Dichotomius bos* com 91 indivíduos coletados, o que pode se explicar devido à alta incidência da agropecuária na região. Dentre as atividades agrícolas na região, a cultura da Cana-de-açúcar ocupa espaço de destaque na agricultura convencional, com intensa demanda por insumos e necessidade de plantio e colheita mecanizada. Dessa forma, se esperava que esse uso do solo apresentasse a menor biodiversidade de Scarabaeinae, principalmente pela simplificação do sistema.

Tabela 1. Lista de espécies coletadas nos diferentes tipos de uso do solo.

Tribo	Espécie	Usos do solo			Total
		Pastagem	Floresta	Cana-de-açúcar	
Ateuchini	<i>Canthidium sp.</i>	2	18	9	29
	<i>Canthidium sp.1</i>	2	2	3	7
	<i>Canthidium sp.2</i>	2	17	3	22
	Total				58
Delthochilini	<i>Canthon sp.</i>	11	25	*	36
	<i>Canthon lituratus</i>	*	5	1	6
	<i>Canthon sp.1</i>	2	16	1	19
	<i>Canthon sp.2</i>	1	2	20	23
	Total				84
Coprini	<i>Dichotomius nisus</i>	15	8	3	26
	<i>Dichotomius bos</i>	50	36	5	91
	<i>Dichotomius geminatus</i>	1	2	6	9
	<i>Trichillum externepunctatum</i>	4	11	5	20
	<i>Digithonphagus gazela</i>	6	3	3	12
	Total				158
Phanaeini	<i>Coprophanaeus jasius</i>	10	11	*	21
	Total				21
Ontophagini	<i>Onthophagus sp.</i>	1	*	7	8
	Total				8
	Abundância	107	156	66	
	Riqueza	13	13	12	
	Total				329

Fonte: Fialho, A (2018).

Utilizou-se uma análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) conforme demonstra a Tabela 2, por ser um teste estatístico multivariado não paramétrico (Anderson, 2001). Todos os dados foram realizados através de uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis com dados padronizados e transformados em raiz quadrada (Anderson & Willis, 2003). As análises foram realizadas utilizando o software Primer v.6 com PERMANOVA + (Clarke & Gorley, 2006). A análise de PERMANOVA, usando índice de Bray curtis, com dados de abundância foi significativo, mostrando que houve diferença em relação aos usos da terra.

Tabela 2. Resultados da PERMANOVA

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Manejo	2	14258	7129,2	4,1556	0,001	998
Isca	1	5467	5467	3,1867	0,004	998
Maxis	2	10030	5015,1	2,9233		997
Res	18	30880	1715,6		0,001	
Total	23	60636				

Fonte: Fonte: Fialho, A (2018).

Os resultados foram significativos para todas as variáveis em relação ao uso da terra, conforme pode-se observar na Tabela 3, ou seja, pode-se confirmar que existem diferenças entre a biodiversidade desses escaravelhos em resposta a fitofisionomia avaliada, uma vez que o ambiente é forte influenciador da biodiversidade. As áreas identificadas como Pasto e floresta foram iguais (isso pode ser pela proximidade das áreas e pela grande influência da pecuária na região), pasto e cana diferiram, podendo ser devido ao manejo agrícola ser altamente intensivo o que atua na diferenciação da biodiversidade, assim como que para cana e floresta foi diferente. As pastagens na maioria das vezes são abundantes em recursos, como o esterco de gado, primordial para sobrevivência desses escaravelhos, que são um dos grupos de decompositores mais bem estudados (Noriega et al., 2018). Além disso, contribuem para muitos processos e/ou serviços ecológicos, incluindo ciclagem de nutrientes, produtividade do ecossistema, bioturbação, dispersão primária e secundária de sementes, crescimento de plantas, controle de moscas e parasitas e decomposição da serapilheira (Nichols et al., 2008; Tixier et al., 2015; Manning et al., 2016).

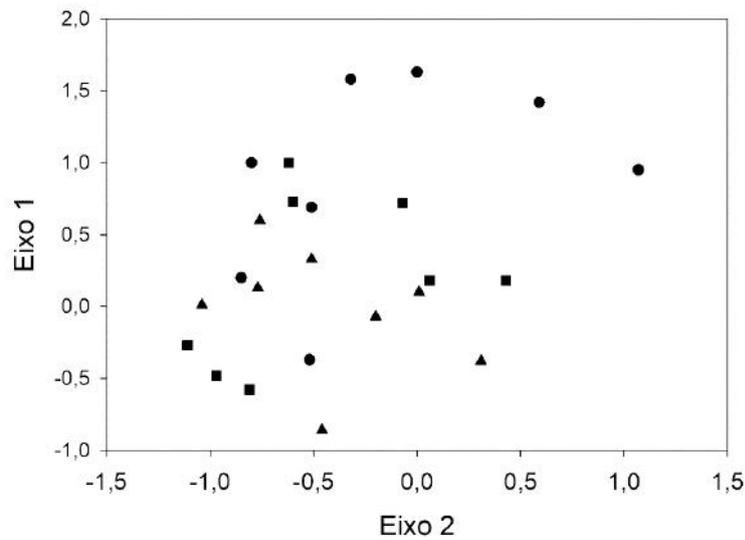
Tabela 3. Relação ao uso da terra.

Uso do solo	t	P(perm)	Unique perms
Pasto, Floresta	1,2905	0,109	999
Pasto, cana	2,4504	0,001	998
Floresta, cana	2,1466	0,001	999

Fonte: Fonte: Fialho, A (2018).

A maioria das espécies de escaravelhos enterra e utiliza o esterco para nidificação e alimentação da prole (Hanski & Cambefort, 1991), aumentando a taxa de reciclagem de nutrientes no solo (Menéndez et al., 2016), melhorando a fertilidade do solo e a aeração (Bang et al., 2005; Brown et al., 2010), contribuem para a redução de moscas (Braga et al., 2012) e vermes parasitas (Nichols & Gómez, 2014; Sands & Wall, 2017). Além disso, auxiliam no crescimento e desenvolvimento das pastagens (Johnson et al., 2016), aumentam a área de pastagem incorporando as massas fecais (Miranda et al., 2000; Mariategui et al., 2001) e reduzem a emissão de gases de efeito estufa (Penttila et al., 2013; Slade et al., 2016). Assim, as funções ecológicas desempenhadas pelos besouros rola-bosta podem reduzir o uso de recursos financeiros para tratar a saúde do gado e aumentar a produtividade do capim por meio da incorporação de nutrientes (Lousey & Vaughan, 2006).

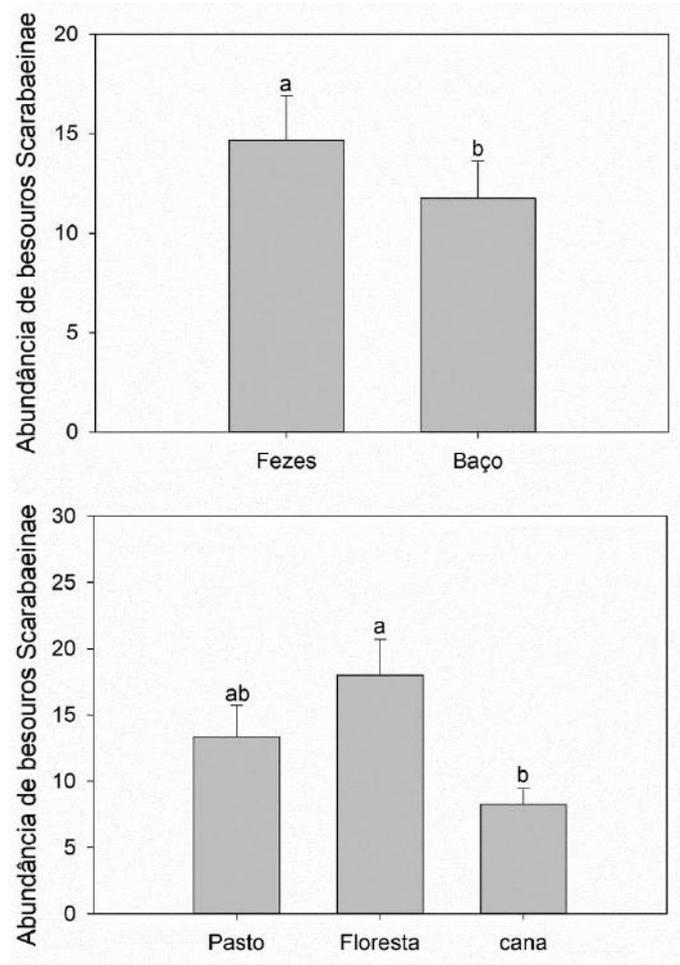
Figura 2. Gráfico de uso do solo: ● Cana de açúcar (), ▲ floresta () e ■ pastagem ().



Fonte: Fialho, A. (2018).

Besouros rola-bosta representam um táxon de estudo ideal, pois características comportamentais e morfológicas podem ser diretamente atribuídas a importantes funções do ecossistema, incluindo dispersão secundária de sementes, aeração do solo e ciclagem de nutrientes (Nichols et al., 2008; Manning et al., 2016; Decastro-Arrazola et al., 2020). A Figura 2 mostra claramente a proximidade da biodiversidade de besouros Scarabaeinae nos ambientes de pastagens e floresta, e a dispersão evidente dos desses insetos nas áreas de cana-de-açúcar quando comparado a esses ambientes. A Figura 3 apresenta a riqueza e abundância conforme o uso da terra, mostrando que as armadilhas iscadas com fezes tiveram maior número de besouros coletados, mostrando que a maior parte das espécies são corógrafas.

Figura 3. Riqueza e abundância de acordo com o uso da terra. Letras iguais são iguais significativamente. Letras diferentes são diferentes significativamente.

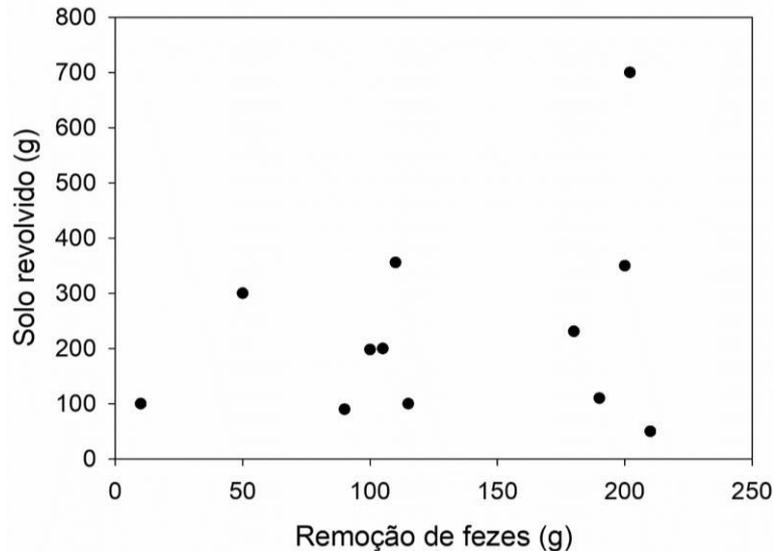


Fonte: Fialho, A. (2018).

Os escaravelhos de Scarabaeinae são um grupo funcionalmente importante que sobrevive principalmente de esterco de mamíferos (Hanski & Cambefort, 1991; Estrada et al., 1993; Davis, 1994). Podendo explorar excrementos dos mais diversos mamíferos, podendo ser considerados oportunistas por não serem especialistas de excrementos de um determinado animal (Hanski & Cambefort, 1991). Análises globais recentes sobre especializações tróficas de escaravelhos mostraram que a maioria das espécies mostra baixa especificidade de recursos e generalismo em toda a comunidade e são generalistas quando forrageiam (Frank et al., 2018, Raine et al., 2018, Ong et al., 2020).

A maioria das espécies de escaravelhos compete pelos excrementos frescos de esterco de mamíferos, uma vez que os recursos são limitados; os escaravelhos desenvolveram várias modificações comportamentais para compartilhar recursos e reduzir a competição interespecífica. Diferentes guildas funcionais e temporais, variações na biologia, diferenças no comportamento de busca de alimentos e especificidade da dieta (associação trófica e preferências de tipo de esterco) dos escaravelhos são os mecanismos empregados pelos escaravelhos para aumentar o compartilhamento de recursos entre as espécies de escaravelhos (Dormont et al., 2010). As guildas com maior poder de remoção de fezes são encontradas nas áreas de pastagens, normalmente apresentam maior tamanho, e isso confere maior capacidade de aproveitamento desse recurso, assim como mostra a Figura 4.

Figura 4. Relação entre fezes e solo. Floresta ($r = 0,842$, $p = 0,138$), Pasto ($r = 0,818$, $p = 0,132$), Cana ($r = 0,614$, $p = 0,614$), independente do uso da terra ($r = 0,364$, $p = 0,288$).



Fonte: Fialho, A. (2018).

Estudos dos campos agrícolas na região paleártica mostraram diferenças na abundância de besouros entre vários tipos de esterco herbívoros e especialização alimentar em alguns (Martin-Piera & Lobo, 1996; Galante & Cartagena, 1999; Finn & Giller, 2002). Estudos recentes das regiões neotropicais, australianas e africanas estabeleceram uma preferência alimentar distinta de escaravos por fezes de mamíferos onívoros (Estrada et al., 1993; Bogoni & Hernandex, 2014; Vernes et al., 2005; Davis, 1994; Tshikae et al., 2008) dentro da guilda trófica e a variação específica das espécies de escaravos nas preferências de esterco é baseada na qualidade nutricional relativa e na variação de odor do esterco entre mamíferos nativos (Bogoni e Hernandex, 2014; Dormont et al., 2004, 2007, 2010; Frank et al., 2017a, 2017b).

4. Conclusões

1. Existem claramente diferenças na biodiversidade em relação aos diferentes tipos de uso do solo estudados.
2. Foram comprovadas as diferenças entre as composições dos escarabeíneos coletados nas áreas de floresta e na agricultura.
3. Os resultados foram significativos para todas as variáveis em relação ao uso da terra, ou seja, de acordo com a fitofisionomia avaliada apresentou-se diferenças. Pois o ambiente é forte influenciador da biodiversidade.
4. Os maiores números de indivíduos com a isca de fezes quando comparado com o baço (carcaça), pois comprovadamente as fezes possuem um grande poder de atração para esses insetos. Assim como, a maioria dos indivíduos foram encontrados nas áreas de floresta, seguido pelas áreas de pastagem e por fim, as áreas de agricultura composta por cana-de-açúcar foram as com menor abundância de escarabeíneos.
5. Besouros do esterco são organismos importantes para estudos de biodiversidade e conservação ambiental, principalmente em áreas de produção agropecuária, por isso os estudos sobre esse tema devem ser ampliados principalmente nessa região. A quantidade de área amostrada se apresenta como fator primordial para estudos de biodiversidade, necessário a continuidade dos estudos.

Referências

- Alves, S. B., & Nakano, O. (1977). Influência do *Dichotomius anaglypticus* (Mannerheim, 1829) (Coleoptera, Scarabaeidae) no crescimento de plantas de napier. *Ecossistema*, 2(2), 31-33.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26, 32- 46
- Anderson, M. J., & Willis, T. J. (2003). Canonical analyses of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology* 84, 511-525.
- Andresen, E. (2005). Effects of Season and Vegetation Type on Community Organization of Dung Beetles in a Tropical Dry Forest1. *Biotropica*, 37(2), 291-300.
- Bang, H. S., Lee, J. H., Kwon, O. S., Na, Y. E., Jang, Y. S., & Kim, W. H. (2005). Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology*, 29(2), 165–171.
- Barragán, F., Moreno, C. E., Escobar, F., Halffter, G., & Navarrete, D. (2011). Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *Plos one*, 6(3), e17976.
- Beath, D. N. (1996). Pollination of *Amorphophallus johnsonii* (Araceae) by carrion beetles (*Phaeochrous amplus*) in a Ghanaian rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 12, 409-418.
- Bogoni, J. A., & Hernández, M. I. M. (2014). Attractiveness of Native Mammal's Feces of Different Trophic Guilds to Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *Journal of Insect Science*, 14 (299).
- Braga, R. F., et al. (2013). Dung beetle community and functions along a habitat- disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. *Plos One*, 8 (2).
- Braga, R. F., Korasaki, V., Audino, L. D., & Louzada, J. (2012). Are dung beetles driving dungfly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? *Ecosystems* 15, 1173–1181.
- Brown, J., Scholtz, C. H., Janeau, J.-L., Grelhier, S., & Podwojewski, P. (2010). Dung beetles (Coleoptera: scarabaeidae) can improve soil hydrological properties. *Applied Soil Ecology*, 46, 9–16.
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533–2547.
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N (2006). Primer v6 Permanova+. Primer-E Ltd., Plymouth (eds).
- Davis, A. L. V. (1994). Association of Afrotropical Coleoptera (Scarabaeidae: Aphodiidae: Staphylinidae: Hydrophilidae: Histeridae) with dung and decaying matter: implications for selection of fly control agents for Australia. *Journal of Natural History*, 28, 383–399.
- DeCastro-Arazola, I., Hortal, J., Noriega, J. A., & Sanchez-Pinero, F. (2020). Assessing the functional relationship between dung beetle traits and dung removal, burial, and seedling emergence. *Ecology*, e03138.
- Dormont, L., Epinat, G., & Lumaret, J. (2004). Trophic preferences mediated by olfactory cues in dung beetles colonizing cattle and horse dung. *Environmental Entomology*, 33(2), 370–377.
- Dormont, L., Rapior, S., McKey, D. B., & Lumaret, J. (2007). Influence of dung volatiles on the process of resource selection by coprophagous beetles. *Chemoecology*, 17 (1), 23–30.
- Dormont, L., Robert, P. J., Bessi`ere, J. M., Rapior,S., & Lumaret, J. P. (2010). Innate olfactory preferences in dung beetles. *Journal of Experimental Biology*, 213, 3177-3186.
- Estrada, A., Halffter, G., Coates-Estrada, R., & Meritt, D. A. (1993). Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rainforest of Los Tuxtlas Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 9, 45–54.
- Fincher, G. T., Stewart, T. B., & Davis, R. (1970). Attraction of coprophagous beetles to feces of various animals. *The Journal of Parasitology*, 378-383.
- Finn, J. A., & Giller, P. S. (2002). Experimental investigations of colonisation by North temperate dung beetles of different types of domestic herbivore dung. *Applied Soil Ecology*, 20 (1), 1–13.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *The State of Food Insecurity in the World*. Quebec: FAO, 42 p. 2006.
- Frank, K., Brückner, A., Hilpert, A., Heethoff, M., & Blüthgen, N. (2017a). Nutrient quality of vertebrate dung as a diet for dung beetles. *Scientific Reports*, 7, 12147.
- Frank, K., Hülsmann, M., Assmann, T., Schmitt, T., & Blüthgen, N. (2017b). Land use affects dung beetle communities and their ecosystem service in forests and grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243, 114–122.
- Frank, K., Krell, F., Slade, E. M., Raine, E. H., Chiew, L. Y., Schmitt, T., Vairappan, C. S., Walter, P., Blüthgen, N., & Novotny, V. (2018). Global dung webs: high trophic generalism of dung beetles along the latitudinal diversity gradient. *Ecology Letters*, 21 (8), 1229–1236.
- Galante, E., & Cartagena, M. C. (1999). Comparison of Mediterranean dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) in cattle and rabbit dung. *Environmental Entomology*, 28 (3), 420–424.

- Gardner, T. A., et al. (2008). Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of applied ecology*, 45 (3), 883-893.
- Gleissman, S., & Gustavo, R. (2000). *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto alegre: Editora da UFRGS.
- Halffter, G., & Edmonds, W. D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). *An ecological and evolutive approach*, 1982.
- Hanski, I., Cambefort, Y. (1991). Competition in dung beetles. *Dung beetle ecology*, 305-329.
- Haynes, R. J., & Williams, P. H. (1993). Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49, 119-199.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021). Cidades e Estados. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/ituiutaba.html>.
- Johnson, S. N., Lopaticki, G., Barnett, K., Facey, S. L., Powell, J. R., & Hartley, S. E. (2016). An insect ecosystem engineer alleviates drought stress in plants without increasing plant susceptibility to an above-ground herbivore. *Functional Ecology*, 30, 894–902.
- Kalisz, P. J., & Stone, E. L. (1984). Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north central Florida. *Soil Science Society American Journal*, 48 (1), 169-172.
- Kremen, C. (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 8(5), 468-479.
- Lousey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56, 311–323.
- Manning, P., Slade, E. M., Beynon, S. A., & Lewis, O. T. (2016). Functionally rich dung beetle assemblages are required to provide multiple ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218, 87–94.
- Mariategui, P., Speicys, C., Urretabizkaia, N., & Fernández, E. (2001). Efecto de *Ontherus sulcator* F. (Coleoptera: scarabaeidae) en la incorporación de estiércol al suelo. *Zootecnia Tropical*, 19, 131–138.
- Martin-Piera, F., & Lobo, J. M. (1996). A comparative discussion of the trophic preferences in dung beetle communities. *Miscellanea Zoologica*, 19, 13–31.
- May, R. M. (1996). Conceptual aspects of the quantification of the extent of biological diversity. In: Hawksworth, D. L., ed. *Biodiversity measurement and estimation*. London: Chapman & Hall. 13-20.
- Menéndez, R., Webb, P., & Orwin, K. H. (2016). Complementary of dung beetle species with different functional behaviours influence dung-soil carbon cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, 92, 142–148.
- Miller, A. (1961). The mouth parts and digestive tract of adult dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), with reference to the ingestion of helminth eggs. *The Journal of parasitology*, 47 (5), 735-744.
- Miranda, C. H. B., Santos, J. C. C., & Bianchin, I. (1998). Contribuição de *Onthophagus gazella* à melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca. 1. Estudo em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27, 681-685.
- Miranda, C. H. B., Santos, J. C., & Bianchin, I. (2000). The role of *Digitonthophagus gazella* in pasture cleaning and production as result of burial of cattle dung. *Pasturas Tropicais*, 22, 14–18.
- Nichols, E., et al. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biological conservation*, 137 (1), 1-19.
- Nichols, E., et al. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological conservation*, 141 (6), 1461-1474, 2008.
- Nichols, E., & Gómez, A. (2014). Dung beetles and the epidemiology of parasitic nematodes: patterns, mechanisms and questions. *Parasitology* 141, 614–623.
- Noriega, J. A., Hortal, J., Azcárate, F. M., Berg, M. P., Bonada, N., Briones, M. J. I., Del Toro, I., Goulson, D., Ibanez, S., Landis, D. A., Moretti, M., Potts, S. G., Slade, E. M., Stout, J. C., Ulyshen, M. D., Wackers, F. L., Woodcock, B. A., & Santos, A. M. C. (2018). Research trends in ecosystem services provided by insects. *Basic and Applied Ecology*, 26, 8–23.
- Ong, X. R., Slade, E. M., & Lim, M. L. M. (2020). Dung beetle-megafauna trophic networks in Singapore’s fragmented forests. *Biotropica*, 1-7.
- Penttila, A., Slade, E. M., Simojoki, A., Riutta, T., Minkkinen, K., & Roslin, T. (2013). Quantifying beetle-mediated effects on gas fluxes from dung pats. *PLoS One*, 8, e71454.
- R Development Core Team (2010). *R: A language and environment for statistical computing*, reference index version 2.12.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raine, E. H., Mikich, S. B., Lewis, O. T., Riordan, P., Vaz-de-Mello, F. Z., & Slade, E. M. (2018). Extinctions of interactions: quantifying a dung beetle–mammal network. *Ecosphere*, 9, 2–15.
- Sala, O., et al. (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287 (5459), 1770-1774.
- Sands, B., & Wall, R. (2017). Dung beetles reduce livestock gastrointestinal parasite availability on pasture. *Journal of Applied Ecology*, 54, 1180–1189.
- Silveira, A. B., Lima A. de M., Steffler, C.E., Port, D., Castro, F., Trierweiler, F., Vinciprova, G., & Silveira, N. J. E. (2006). *Guia de fauna - Usina Hidrelétrica Campos Novos*. Florianópolis: Fábrica de Comunicação. 90 p.
- Singh, A. P., et al. (2019). Observations on nesting activity, life cycle, and brood ball morphometry of the Bordered Dung Beetle *Oniticellus cinctus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Scarabaeidae) under laboratory conditions. *Journal of Threatened Taxa*, 11 (9), 14137-14143.

- Slade, E.M., Riutta, T., Roslin, T., Tuomisto, H.L. (2016). The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Scientific Reports*, 6, 1–8.
- Suding, K. N., & Hobbs, R. J. (2009) Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 271–279.
- Tixier, T., Bloor, J. M., & Lumaret, J. P. (2015). Species-specific effects of dung beetle abundance on dung removal and leaf litter decomposition. *Acta Oecologica*, 69, 31–34.
- Tshikae, B. P., Davis, A. L. V., & Scholtz, C. H. (2008). Trophic association of a Dung Beetle Assemblage (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a Woodland Savanna of Botswana. *Environmental Entomology*, 37, 431–441.
- Vaz-De-Mello, F. Z. (2000). Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: Martín-Piera, F., Morrone, J. J., & Melic, A. (Ed.). *Hacia un Proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000*. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa, 183-195.
- Vernes, K., Pope, L. C., Hill, C. J., & Barlocher, F. (2005). Seasonality, dung specificity and competition in dung beetle assemblages in the Australian Wet Tropics, northeastern Australia. *Journal of Tropical Ecology*, 21 (1), 1–8.