

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
UNIDADE FRUTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS**

**ANÁLISE DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA NO  
CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO: IMPACTOS SOBRE  
A COMUNIDADE DE BESOUROS ROLA-BOSTA  
(SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)**

**Pedro Gomes Peixoto  
Biólogo**

**FRUTAL-MG  
2021**

**PEDRO GOMES PEIXOTO**

**ANÁLISE DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA NO  
CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO: IMPACTOS SOBRE  
A COMUNIDADE DE BESOUROS ROLA-BOSTA  
(SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora  
Dra. Vanesca Korasaki

Co-orientador  
Dr. Jhansley Ferreira da Mata

**FRUTAL-MG  
2021**

Peixoto, Pedro Gomes

P379a Análise dos sistemas de uso da terra no Cerrado do Triângulo Mineiro: impactos sobre a Comunidade de Besouros Rola-Bosta (Scarabaeidae: Scarabaeinae) / Pedro Gomes Peixoto. - 2021.  
74 f. : il. , tabs.

Orientadora: Vanesca Korasaki.

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, 2021.

Inclui bibliografia

1. Bioindicador. 2. Besouro Escarabeíneo. 3. Conservação. 4. Cerrado. I. Korasaki. I. Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal. III. Título.

CDD - 631.4  
CDU - 631.42



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

**PEDRO GOMES PEIXOTO**

**ANÁLISE DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA NO CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO: IMPACTOS SOBRE A COMUNIDADE DE BESOUROS ROLA-BOSTA (SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, área de concentração Multidisciplinar, Linha de Pesquisa Diagnóstico e Ecologia Ambiental, para à obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de julho de 2021.

Profa. Dra. Ronara de Souza Ferreira Chânille

Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Sabrina da Silva Pinheiro de Almeida

Universidade Federal de Viçosa

Profa. Dra. Vanesca Korasaki

Orientadora

1/2



Documento assinado eletronicamente por **Vanesca Korasaki, Coordenadora de Curso**, em 22/07/2021, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por Ronara de Souza Ferreira Châline, Usuário Externo, em 22/07/2021, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por Sabrina da Silva Pinheiro de Almeida, Usuário Externo, em 22/07/2021, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 32600483 e o código **CRC 30E29DF3**.

**Referência:** Processo nº 2350.01.0006265/2020-30

SEI nº 32600483

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho em memória póstuma de minha avó materna, Acidina Germano de Carvalho, agradeço seus ensinamentos e pela convivência.

It's a new dawn	É um novo amanhecer
It's a new day	É um novo dia
It's a new life	É uma nova vida
For me	Para mim
And i'm feeling good	E estou me sentindo bem
Nina Simone	Feeling Good

**Nina Simone – Feeling Good.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Frutal, enquanto trabalhava nesta instituição. Tratando-se de um período extremamente desafiador, tanto por questões logísticas, quanto de infraestrutura para o desenvolvimento do trabalho, assim, o nome do professor Prof. Dr. Gustavo Henrique Gravatim Costa (Coordenador do Programa de Pós-Graduação), Profa. Dra. Vanesca Korasaki (Orientadora) e Prof. Dr. Jhansley Ferreira da Mata, que abraçaram e permitiram tamanha oportunidade, a vocês tenho somente que agradecer, me faltam palavras para o quão importante foi tudo isso que passei durante o período em que estive vinculado ao programa.

Ao diretor e vice Prof. Dr. Allynson Takehiro Fujita e Prof. Dr. Leandro de Souza Pinheiro, agradeço imensamente a confiança no meu trabalho, posso dizer com segurança que nossos esforços durante o tempo que passei na UEMG e pude acompanhar, tornaram este lugar bem melhor, continuem sua atuação com força e garra, pois a UEMG nos testa o tempo todo, até o limite da paciência, mas pela educação e pelas ciências valem a pena todo e qualquer esforço.

Agradeço a Elias Murakami da Silva por ser isso tudo que você é, um cara honesto e realmente único, enfim um irmão de outra mãe, sem você muito provavelmente esse trabalho, estas páginas e linhas não estariam preenchidos, deixo seu nome eternizado junto a estas páginas, e assim eternizadas na minha memória e história de vida.

Ana Luiza Franco pela literal “força” durante as coletas, sua participação foi essencial para o desenvolvimento do trabalho, conte comigo sempre.

Aos bons amigos do mestrado da primeira turma, agradeço a convivência e a vivência, Lucas, Igor, Heytor, Monica, Cristiele, Jaqueline, Bruna, Lygia, Ana Paula. Deixo também meus agradecimentos aos professores Rodrigo, Osânia, Mauricio agradeço a todos vocês.

A República de Sodoma a qual devo mencionar “Vai Sodoma!” com toda a força... Um ambiente extremamente tóxico e nocivo, mas também acolhedor. Pessoas únicas que passaram por ali e talvez carreguem algum tipo de seqüela mental ou física para vida graças ao convívio comigo, “só lamento”, brincadeiras a parte, agradeço a cada um e faço questão de citar-lhes pois são parte também deste trabalho pelo apoio: Pedro Henrique Coutinho (Bolacha), Guilherme Henrique Pereira (Bin Laden), Carolina Cabeço, Sara Rafaela

(Sarinha), Leão (Agregado de Sodoma), Bruno Pieterzack (O “Cabeleleilo”), Rafael Romanelli, Elias (Japanese), João Pedro, Eduardo Rodrigues.

Agradeço especialmente a você Eduardo, nossos caminhos tinham que se encontrar... Não tenho palavras para agradecer toda a amizade que construímos, apenas obrigado por tudo!

Agradeço a minha família, que teve períodos extremamente conturbados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, mas filho bem criado sabe que é com garra e persistência que se vai longe. Agradeço a você minha mãe Divina Gomes, e a você meu irmão José Otávio Gomes Peixoto por simplesmente estarem aqui ou aí comigo.

A minha noiva Ana Carolina Roque Cardoso, por ser tudo, e quando digo tudo é tudo na minha vida, foram tantas homenagens que sinceramente me faltam palavras novas para poder agradecer tudo o que somos juntos, apenas te amo.

Aos “Hellyeah” (José Augusto, Ulisses Brandão, Gilberto Soares, Guilherme Tair, Wesley Marques) por estarem sempre comigo o convívio com vocês é essencial na minha vida Dedico a vocês estas palavras.

Por fim, deixo aqui ainda meus agradecimentos a todos da UEMG que fazem desta unidade acadêmica única especial e também guerreira soberana das mudanças que guiam outras unidades no caminho do desenvolvimento e da evolução. Em especial a Larissa Souza Amaral que possui uma luz muito grande para iluminar a todos a seu redor, a Adriana B. Alves com todo seu empenho e humanidade, além disso a todo corpo docente, técnicos administrativos, artífices e também ao pessoal da limpeza, dedico vocês minhas palavras finais.

**A todos muito obrigado!**

## RESUMO

As atividades humanas são os principais agentes de degradação dos ecossistemas, resultando na perda de biodiversidade e, conseqüentemente na diminuição da disponibilidade de serviços ecossistêmicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi ampliar o entendimento sobre o efeito da mudança de sistemas de uso da terra no Cerrado mineiro sobre a comunidade de besouros escarabeíneos (Scarabaeidae: Scarabaeinae). Para tanto, foram selecionados quatro sistemas de Uso da Terra (SUTs): floresta, seringueira, pastagem e soja. Em cada sistema, foram avaliadas cinco áreas distantes entre si, cerca de 2 km. Armadilhas do tipo *pitfall*, iscadas com fezes humanas, foram utilizadas para coletar os escarabeíneos, distribuídas em um transecto de 300 m totais (uma armadilha a cada 50 m), distando 50 m de qualquer borda de cada SUT. Avaliamos em cada SUTs a densidade e dimensão fractal do sub-bosque, profundidade da serrapilheira, densidade e área basal arbórea, umidade, umidade e resistência do solo. Além, disso foram avaliadas variáveis da paisagem por meio da utilização de ferramentas geoespaciais. A partir da localização da *pitfall* central foi traçado um buffer de 2 km e quantificado as taxas de uso da terra. Coletamos 2294 indivíduos, distribuídos em 34 espécies, 18 gêneros e cinco tribos Neotropicais: 207 indivíduos de três espécies da tribo Ateuchini, 192 indivíduos de seis espécies da tribo Deltochilini, 1339 indivíduos de 15 espécies da tribo Coprini, 145 indivíduos de três espécies da tribo Onthophagini e 411 indivíduos de sete espécies da tribo Phanaeini. A riqueza e biomassa dos escarabeíneos apresentou diferença unicamente entre a floresta e a soja, sendo maior na floresta. Os SUTs não apresentaram diferenças entre si. A composição da comunidade foi diferente entre os sistemas abertos (soja e pastagem) dos sistemas fechados (floresta e seringueira). Os resultados reforçam principalmente a importância da cobertura vegetal para a estruturação da comunidade de besouros escarabeíneos. As variáveis ambientais locais e da paisagem foram preditores da composição da comunidade de besouros rola-bosta. Este trabalho traz pela primeira vez, dados acerca dos besouros rola-bosta da região de Frutal, MG, com destaque para a informação de que os sistemas de uso da terra fechados e abertos abrigam comunidades distintas, além disto, o sistema de cultura de soja apresentou impactos negativos sobre comunidade de besouros no Cerrado Mineiro amostrado.

**Palavras-chave:** Besouro coprófago. Biodiversidade. Bioindicadores. Conversão de habitat. Escarabeíneos.

**ANALYSIS OF LAND USE SYSTEMS IN THE CERRADO OF TRIANGULO  
MINEIRO REGION: IMPACTS ON THE DUNG BEETLE COMMUNITY  
(SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)**

**ABSTRACT**

Human activities are the main agents of ecosystem degradation, preventing the loss of biodiversity and, consequently, decreasing the availability of ecosystem services. Thus, the objective of this paper was to broaden the understanding of the effect of land use change in the Cerrado of Minas Gerais on the community of dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae). For this purpose, four land use systems (LUS) were selected: forest, rubber, pasture and soy. We collected five areas of each land use system that were a minimum 2 km apart. Pitfall traps, baited with human feces, were used to collect the dung beetles, distributed in a total 300 m transect (one trap every 50 m) and, 50 m from any edge of each LUS. In each LUS we evaluated the density and fractal dimension of the understory, litter depth, tree density and basal area, moisture, soil humidity and soil resistance. In addition, landscape variables were evaluated using geospatial tools. From the location of the central trap, a 2 km buffer was drawn and quantified as land use rates. We collected 2294 individuals, distributed in 34 species, 18 genera and five Neotropical tribes: 207 belonging to three species of the Ateuchini tribe, 192 individuals to six species of the Deltochilini tribe, 1339 individuals to 15 species of the Coprini tribe, 145 individuals of three species of the tribe Onthophagini and 411 individuals to seven species of the Phanaeini tribe. The richness and biomass of dung beetles differ only between the forest and soybeans, being greater in the forest. The other LUSs do not differ from each other. The composition community was different between open sites (soybean and pasture) and closed systems (forest and rubber). The results mainly highlight the importance of vegetation cover for the structuring of the dung beetle's community. The local environmental and landscape variables were predictors of the composition of the dung beetle's community. This work brings, for the first time, data about the dung beetles in the region of Frutal, MG, highlighting the information that closed and open land use systems shelter different communities. Additionally, the soy system has a negative effect on dung beetle community in the Cerrado Mineiro.

**Keywords:** Biodiversity. Bioindicators. Dung beetle. Habitat conversion. Scarabs.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3

- Figura 1-** Sistema de uso da terra amostrados, em Frutal, Minas Gerais. (A) Floresta, (B) Seringueira, (C) Pastagem, (D) Soja..... 45
- Figura 3-** Diagrama de Venn indicando o compartilhamento de espécies em quatro sistemas de uso da terra, Frutal, Minas Gerais..... 51
- Figura 4-** Curva de rarefação baseada no número de indivíduos coletados, por interpolação (linha contínua) e extrapolação (linha tracejada) para quatro sistemas de uso da terra coletado em Frutal, MG. Linha pontilhada representa intervalo de confiança de 95%. Círculo fechado indica a riqueza observada em cada sistema..... 52
- Figura 5-** Ranking de A. espécies e B. biomassa de besouros Scarabaeinae em quatro sistemas de uso da terra, Frutal. Minas Gerais. A. *Dichotomius nisus*; B. *Onthophagus hirculus*; C. *Canthon conformis*; D. *Canthidium refugens*; E. *Dichotomius carbonarius*; F. *Trichilium externepunctantum*; G. *Ontherus appendiculatus*; H. *Canthidium* sp. 3; I. *Ontherus* sp. 1; J. *Ontherus* sp. 3; K. *Genieridium bidens*; L. *Canthidium* sp. 5; M. *Ontherus* sp. 2; N. *Coprophanaeus cyanescens*; O. *Coprophanaeus sptizi*..... 53
- Figura 6-** Representação em box-plot (mediana e quartis) de parâmetros da comunidade de besouros rola-bosta em diferentes sistemas de uso da terra, em Frutal, Minas Gerais. A. Abundância, B. Riqueza e C. Biomassa. Letras diferentes em cima das barras representam diferença estatística ( $p < 0,05$ , teste de Kruskal Wallis, seguido de teste de Dunn com correção de Bonferroni) ..... 54
- Figura 7-** Ordenação de componentes principais (PCO) dos sistemas de uso da terra escalados pela composição da comunidade de besouros rola-bosta em Frutal, Minas Gerais..... 55
- Figura 8-** Ordenação de distance-based redundancy analysis (dbRDA) para investigar as relações entre a composição da comunidade de besouros rola-bosta em quatro sistemas de uso da terra e as variáveis ambientais. Dim Frac: dimensão fractal, Serrap: serapilheira, AB- Arbórea: área basal arbórea, Densidade: densidade arbórea, Cond: condutividade do solo, Res 2,5 cm: resistência do solo a 2,5 cm,

pastagem, Sav\_Camp: formação savânica campestre..... 57

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 1-</b> Descrição de cada sistema de uso da terra localizado no município de Frutal.....	44
<b>Tabela 2-</b> Resultados da análise PERMANOVA (comparação entre grupos) e PERMDISP (comparação na dispersão dos grupos) comparando pares dos sistemas de uso da terra escalados pela composição da comunidade de besouros rola-bosta em quatro sistemas de uso da terra em Frutal, Minas Gerais.....	56
<b>Tabela 3-</b> Resultado da análise de modelo linear baseado na distância (DistLM) testada para a relação entre as variáveis ambientais (dimensão fractal, densidade de sub-bosque, serapilheira, densidade de árvores, condutividade do solo, resistência do solo a 2,5 cm, 30 cm, 60 cm, formação florestal, formação de savana, pastagem, outros) e a composição da comunidade de besouros rola-bosta no teste marginal (variação explicada por uma única variável) e teste sequencial (variação explicada adicionando uma nova variável a cada vez para obter o critério de ajuste ideal) com base no critério de seleção ajuste $R^2$ (valores de P significativo em negrito).....	58

## SUMÁRIO

	Pagina
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Mudanças de Sistema de Uso da Terra .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Características biológicas e ecológicas de besouros Scarabaeinae.....</b>	<b>20</b>
2.2.1 Evolução e diversificação .....	20
2.2.2 Adaptações Morfológicas e Ecologia .....	22
<b>2.3 Besouros rola-bosta como indicadores ambientais.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Influência de variáveis ambientais sobre a comunidade de besouros rola-bosta</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITULO 3 - ANÁLISE DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA NO CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO: IMPACTOS SOBRE A COMUNIDADE DE BESOUROS ROLA-BOSTA (SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE .....</b>	<b>42</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
3.1. Áreas de estudo e coleta de besouros escarabeíneos .....	44
3.2. Coleta de Variáveis Ambientais .....	46
3.3. Análise de dados .....	48
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
4.1 Riqueza, abundância, biomassa e equitatividade .....	50
4.2 Composição da comunidade e bioindicação.....	55
4.3 Efeito das variáveis ambientais na composição da comunidade.....	56
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
5.1 Riqueza, abundância, biomassa e equitatividade .....	59
5.2 Parâmetros ambientais, composição da comunidade e bioindicação .....	62
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

Historicamente, o Brasil tem se consolidado no mercado internacional de *commodities* agrícolas, devido, principalmente, à expansão de áreas agropastoris sobre o bioma Cerrado, subsidiado por avanços de pesquisas e de tecnologias (LOPES; COX, 1977; LOPES; COX, 1979; ARTUZO et al., 2018). Estas atividades acarretam alterações nos sistemas de uso da terra, o que têm levado à perda maciça de habitats nativos e, conseqüentemente da biodiversidade (JANTZ et al., 2015; KIM; SEXTON; TOWNSHEND, 2015) e de seus serviços ecossistêmicos associados (COSTANZA et al., 1997; COSTANZA 2000; DE-GROOT et al., 2010), acarretando uma ameaça à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (CAJAIBA; SILVA, 2015).

Um das mudanças visíveis na paisagem é a fragmentação de habitats, um processo que causa modificações no ambiente, alterando os habitats e a paisagem como um todo (LAURANCE, 2004). A fragmentação pode levar à um aumento do efeito de borda, que interfere nos parâmetros físicos e químicos dessas áreas e, em muitos casos, pode favorecer a colonização e estabelecimento de espécies invasoras e exóticas. Esses fatores, conseqüentemente, podem levar a alterações na estrutura das comunidades vegetais e animais (LAURANCE et al., 2002; LIU et al., 2018), como a perda de espécies, diversidade e ainda, mudança na composição da comunidade e na abundância relativa, pois enquanto algumas espécies podem se beneficiar das mudanças nos ambientes, outras não as toleram (KORASAKI, 2010). Assim, estudos ecológicos sobre o impacto dos diferentes usos da terra buscam entender essa dinâmica (e.g. GRIES et al., 2011; KORASAKI et al., 2013; BEIROZ et al. 2017; MACEDO et al. 2020).

Neste sentido, a fauna de solo tem sido apontada como importante ferramenta para o entendimento da dinâmica da mudança de uso da terra, pois suas comunidades são diretamente impactadas pelas atividades antrópicas, em especial a Classe Insecta (CLUZEAU et al., 2012). Dentre os insetos, a ordem Coleoptera que compreende os besouros, apresenta uma megadiversidade de aproximadamente 350 a 375 mil espécies descritas, possuindo enorme variação morfoanatômica, fisiológica, comportamental, ocupando diferentes nichos (RAFAEL et al., 2012). Assim, seu estudo permite, além do conhecimento e descoberta de novas e intrigantes espécies, a utilização na avaliação da qualidade ambiental (GHANNEM; TOUAYLIA; BOUMAIZA, 2017).

Os besouros rola-bosta são utilizados com grande frequência como indicadores de qualidade ambiental, pois são sensíveis a alterações do ambiente (NICHOLS et al., 2007;

HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO, 2009). Seu uso como bioindicadores já está consolidado, apresentando diversos resultados que corroboram e garantem seu uso com segurança para avaliar o efeito da mudança de uso da terra (BARLOW et al., 2007; NICHOLS et al., 2008; KORASAKI et al., 2013; MARTELLO et al., 2016; CAJAIBA et al., 2018; CORREA et al., 2019; MACEDO et al., 2020).

Estes insetos também conhecidos como besouros escarabeíneos ou besouros rola-bosta, são detritívoros e a maioria utiliza esterco de vertebrados, para obtenção de recursos para reprodução e/ou alimentação das larvas e adultos (HANSKI; CAMBEFORTI, 1991; NIERO; HERNANDEZ, 2017). Os besouros rola-bosta são importantes componentes bióticos dos ambientes naturais, pois favorecem diversos serviços ecossistêmicos, principalmente referentes à ciclagem de nutrientes terrestres, como a decomposição de matéria orgânica de origem fecal (coprofagia) e também na decomposição de animais mortos (necrofagia) (HANSKI; CAMBEFORTI, 2016). Eles possuem o hábito de construir túneis e galerias para a incorporação do esterco, carcaça ou outro recurso alimentar e com isto, realizam o revolvimento do solo, no processo chamado de bioturbação, onde promovem a aeração e manutenção da fertilidade do solo (HALFFTER; MATTHEWS, 1966).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo estudar os besouros rola-bosta como ferramenta de avaliação do impacto da mudança de sistema de uso da terra, em Frutal-MG. Para isto, foram testadas as seguintes hipóteses: i) Os parâmetros da comunidade: abundância, riqueza, biomassa e equitatividade de besouros rola-bosta diminui com o aumento da intensidade de uso da terra; ii) A composição da comunidade se altera de acordo com o uso da terra, iii) as variáveis ambientais locais e da paisagem influenciam a composição da comunidade e iv) há presença de espécies indicadoras de cada sistema de uso da terra.

## CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Mudanças de Sistema de Uso da Terra

O bioma Cerrado é composto por diversas fitofisionomias que lhe confere alta diversidade estrutural, funcional e paisagística, sendo o segundo maior bioma do país (EMBRAPA, 2020). As fitofisionomias do Cerrado são: Cerrado stricto sensu, campo sujo, campo limpo, veredas, matas de galeria, campos de altitude e Cerradão (AB’SABER, 1983). Seu território se estende por 11 estados brasileiros Bahia, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, São Paulo, Minas Gerais, Rondônia e Paraná e Distrito Federal (KLINK; MACHADO, 2005), abrangendo uma área total, originalmente de 204 milhões de hectares (EMBRAPA, 2020).

Trata-se de um bioma que possui estudos relativamente recentes quando comparados a outros biomas brasileiros. Na região Neotropical, os estudos foram centralizados durante muitos anos nos biomas Mata Atlântica e Amazônia (COLLI; VIEIRA; DIANESE, 2020), o que implica no atraso das obtenções de informações e da valorização da importância do Cerrado, sofrendo assim com a negligência nas políticas de conservação (OVERBECK et al., 2015).

Essa falta de informações pode ter favorecido o desenvolvimento do senso comum de que o bioma Cerrado é um bioma “pobre” em relação à riqueza de espécies e de complexidade ecológica-funcional (OVERBECK et al., 2015), julgamento completamente equivocado. A partir de estudos sobre a biodiversidade, foi verificado que este bioma abriga uma grande riqueza de organismos, e está sob forte pressão de ações antrópicas, o que faz com que seja considerado um *hotspot* da biodiversidade global (MYERS et al., 2000). Portanto, apesar de sua importância, trata-se de um bioma que se apresenta desprovido de ações e políticas públicas de proteção e conservação, o que torna este ambiente extremamente vulnerável, levando o bioma a enfrentar consideráveis ameaças devido às perturbações antrópicas (KLINK; MACHADO, 2005; OVERBECK et al., 2015).

O bioma encontra-se com cerca de apenas 3,1% de sua área total em áreas protegidas, compostas por áreas de preservação permanente, como parques nacionais, sendo esta a mais importante política pública para a conservação do Cerrado (GANEM et al., 2013), outros 5,5% estão em áreas de conservação para uso sustentável de recursos (BRASIL, 2015). Porém estima-se que 50% da área total do Cerrado já foi convertida para outros tipos de

sistemas de uso da terra (BUSTAMANTE, 2015). As principais ameaças ao bioma estão no avanço irrestrito da fronteira agrícola (GANEM et al., 2013).

A existência de amplas e relativamente planas áreas no Cerrado são decisivas para sua ocupação e facilita os diversos usos pelo homem (KLINK; MOREIRA, 2002). Assim, há um processo de substituição de áreas nativas para sistemas de uso agrosilvopastoris, este processo inclusive, encontra-se estimulado por meio de políticas públicas, que descrevem o Cerrado como a última fronteira agrícola (BOLFE; SANO; CAMPOS, 2020). A ocupação do Cerrado começou a ser estimulada com a transferência da capital do Brasil e a construção do Distrito Federal, ocorrida durante o processo de “marcha para o Oeste”, com objetivo de povoamento e desenvolvimento do interior do País (CORREA et al., 1988).

O posicionamento interiorano de Brasília impactou o desenvolvimento da região Centro-Oeste, favorecendo a ocupação do Cerrado. Além disso, a instalação de agentes de desenvolvimento agrícola na região como o Ministério da Agricultura, financiadores, representação de classes, órgãos de assistência rural, de ensino e de pesquisa continuaram este favorecimento (CONTINI et al., 2020). Com isso, outras diversas regiões passaram a contar com legislações específicas para ocupação, como o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste, que visava garantir financiamento aos municípios em desenvolvimento na região (BRASIL, 1989). Outro marco está na implementação da EMBRAPA – Cerrados, que iniciou as pesquisas e transferências de conhecimento e tecnologias no bioma para o setor agropecuário da região, possibilitando a ocupação e uso das terras (CONTINI et al., 2020).

Os produtos oriundos do agronegócio apresentam relevância para a economia do Brasil. No país, a pecuária e os monocultivos são os principais sistemas de uso da terra (IBGE, 2019), isto faz com o que o país esteja na categoria de grandes produtores, possuindo alto impacto nos mercados internacionais (FARIA; HADDAD, 2014). Porém, há necessidade de aplicação efetiva dos princípios de desenvolvimento sustentável, ou seja, atendendo as necessidades atuais sem comprometer as futuras gerações (ONU, 1972), principalmente para manutenção da produtividade e do respeito às normativas ambientais, visando a preservação da qualidade ambiental.

O uso consciente da terra, focado no aumento da produtividade, por meio do manejo e conservação das áreas agrícolas, pode garantir com que haja aumento da produção, sem que necessariamente haja demanda para a expansão de novas terras, e conseqüentemente, acarretaria na diminuição das taxas de desmatamento (FISCHER et al., 2014; LAPOLA et al., 2014). Se o foco for unicamente a intensificação do uso da terra, os efeitos do aumento de produtividade e da produção agrícola podem gerar aumento das emissões de gases do efeito

estufa (SLADE et al., 2016), degradação ambiental, acarretando problemas socioeconômicos (VALIN et al., 2013). Isso inicia um processo de mudanças de uso da terra (SUTs), em que há uma tendência temporal de que novas áreas sejam modificadas a fim de geração de renda, causando impactos adversos ao ambiente, como o avanço de áreas agrícolas sobre os poucos remanescentes florestais (FARIA; HADDAD, 2014).

Esse é um padrão global, que pode ser observado em outras nações, pois o crescimento da população global, alavanca toda uma demanda de recursos que alteram os SUTs, por meio da construção de moradias, infraestrutura viária, elétrica, alimentícia, e especialmente de proteínas de origem animal (FAO, 2019). O sistema produtivo capitalista que rege regras de mercado e possuem suas relações de trocas globalizadas, tende a ignorar a relevância dos ecossistemas e da natureza em si (SCHLEYER et al., 2017). Além disso os cenários futuros também indicam incremento significativo da população humana, o que implica necessariamente em mais consumo de recursos (BODIRSKY et al., 2015).

Este processo tem levado a alterações significativas das paisagens, pode-se dizer que o uso da terra para atividades de agricultura tem reescrito completamente a superfície terrestre do planeta, sendo que se estimam que 40% da superfície emersa do planeta está atualmente sob uso desta atividade (FAO, 2019). A implicação direta desse fenômeno é o aumento de pressões negativas sobre as áreas naturais, como o aumento da conversão da paisagem natural em ambientes antropizados de graus variados (FOLEY et al., 2011), levando ao aporte de gases do efeito estufa, como metano, e óxidos nitrosos (TUBIELLO et al., 2015; SLADE et al., 2016), perda de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados a esta biodiversidade (DE-GROOT et al., 2010; DOODY et al., 2016).

Assim, as mudanças nos SUTs e alterações climáticas são apontadas como as principais ameaças a biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos (SCHEFFERS et al., 2016). Uma das muitas formas de avaliar a evolução dos cenários atuais é fazendo projeções por meio de modelos e cenários, o que permite a exploração e evolução de impactos atuais e futuros (URBAN et al., 2016) sobre a biodiversidade e os diversos habitats. A avaliação de impactos das mudanças de habitats sobre as comunidades naturais é um dos maiores desafios da ecologia (BARRAGÁN et al., 2011).

Assim, o desafio para o desenvolvimento de políticas ambientais na região do Cerrado, envolve o entendimento de que a conversão de áreas nativas do Cerrado para outros SUTs, que atualmente encontra-se na maior parte já alterados ou impactados pelas atividades humanas. As espécies apresentam vulnerabilidades diferentes, o que pode variar amplamente em grau e intensidade. Assim, as regiões com impacto humano têm maior probabilidade de

apresentar espécies ameaçadas, isso porque as atividades humanas impõem rápidas e diferentes pressões seletivas (MARCO-JR et al., 2020). Além disso, cada ecossistema apresenta um conjunto de espécies diferentes ou compartilhadas com capacidades de resiliência relativas (MARCO-JR et al., 2020).

Os sistemas atuais de avaliação de impactos ambientais sobre as comunidades não levam em conta diversas especificidades e também de relações entre os parâmetros avaliados. No caso do solo, por exemplo, as análises físico-químicas são insuficientes para determinação de toda a gama das relações que ali ocorrem (MENDES; SOUSA; JUNIOR, 2015). Assim, pode-se dizer que há expectativas quanto ao desenvolvimento de sistemas de avaliação de impactos mais amplos, com a integração dos componentes avaliados.

Neste sentido, o desenvolvimento de estudos do componente biológico, tanto para elaboração de índices mais amplos, quanto para avaliação de impactos ambientais, faz-se extremamente necessário. Dentro de um cenário global, há o predomínio de paisagens heterogêneas de uso da terra, com fragmentos florestais, imersos em matrizes agrosilvopastoris, o que faz com que haja necessidade de estudos relacionados a biodiversidade não apenas em áreas nativas, mas também nas manipuladas pelo homem (FIALHO, 2014), predominantes na maioria das paisagens.

## **2.2 Características biológicas e ecológicas de besouros Scarabaeinae**

### **2.2.1 Evolução e diversificação**

Os besouros rola-bosta, são organismos detritívoros (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HALFFTER; EDMONDS, 1982; CAMBEFORT, 1991) que pertencem a superfamília Scarabaeoidea, incluídas na família Scarabaeidae e compõem a subfamília Scarabaeinae (GULLAN; CRANSTON, 2008; RAFAEL et al., 2012; BRUSCA; CRANSTON; SHUSTER, 2018), a diversidade da subfamília Scarabaeinae é da ordem de 6562 espécies descritas (SCHOOLMEESTERS, 2020), atualmente presentes em praticamente todos os biomas do planeta. No Brasil, há cerca de 726 espécies distribuídas em 63 gêneros (VAZ-DE-MELLO, 2020), com a exclusividade de 323 espécies (VAZ-DE-MELLO, 2011). A maior diversidade pode ser encontrada nos ambientes savânicos e florestais (HANSKI; CAMBEFORT, 1991).

Estes organismos apresentam uma ampla representatividade no bioma Cerrado com cerca de 44 espécies confirmadas (VAZ-DE-MELLO, 2020), porém se trata de uma região com poucos estudos, mesmo sendo o segundo maior bioma brasileiro (EMBRAPA, 2020),

com uma ampla diversidade de fitofisionomias que lhe confere a aparência de um mosaico de diferentes tipos de vegetação reguladas pela disponibilidade de água e solo. Sendo eles o Cerrado *sensu stricto*, campos, vereda, cerradão e mata de galeria (AB'SABER, 1983).

Os registros paleontológicos do grupo têm origem na descoberta da extinta espécie *Alloioscarabeus cheni* Bai, Ahrens, Yang & Ren, 2012 (BAI et al., 2012), um espécime notavelmente preservado da formação Jiulongshan da Mongólia, China. Dados moleculares obtidos por Gunter e colaboradores (2016) dataram o espécime no período Jurássico Médio 118,8-131,6 milhões de anos atrás.

O hábito alimentar dos besouros rola-bosta primitivos, presume-se, saprófago (utilizando-se de restos vegetais e animais) e micetófago (fungos). A utilização de recursos fecais tem origem posterior, provavelmente no Cretáceo Médio, com a utilização de fezes de dinossauros. A utilização de diversos recursos possibilitou um ou mais eventos de diversificação do grupo, muito antes da dominação dos mamíferos, após o evento de extinção dos dinossauros no final do Cretáceo (GUNTER et al., 2016).

O final do Cretáceo é marcado por um evento de extinção em massa, provavelmente oriundo de um impacto de um meteoro contra a superfície terrestre, levando a morte imediata de diversos organismos (PETRI, 2006). A perda dos recursos alimentares oriundos dos dinossauros afetou o grupo, exigindo uma mudança alimentar para as fezes de pequenos mamíferos insetívoros sobreviventes, o que levanta a hipótese de que a sobrevivência do grupo se deu graças à exploração dos recursos fecais de mamíferos, e principalmente, das espécies mais generalistas que utilizam mais de um recurso alimentar (GUNTER et al., 2016; GALETTI et al., 2017).

Assim, o registro fóssil datado do período Jurássico indica que o supercontinente Gondwana mantinha as condições necessárias para a existência do grupo, sendo que o mesmo, aparentemente, originou-se na África (SCHOLTZ et al., 2009). Correspondente a um ambiente tropical, porém, durante os eventos de deriva continental ao longo da história geológica da Terra, os besouros rola-bosta foram levados a eventos de irradiação do grupo (MONAGHAN et al., 2007). O que permitiu a origem de clados exclusivos em diversos continentes, como as tribos Deltochilini (sinonímia para Canthonini), Coprini, Eurysternini, Eucranini e Phaneini, para a América do Sul, Austrália e Madagascar (GUNTER et al., 2016; MONAGHAN et al., 2007).

Assim, a origem e a diversificação do grupo encontram-se ainda em debate, porém, a história evolutiva reconstruída do grupo dos Scarabaeidae, a qual os Scarabaeinae fazem parte, destaca-se por ser altamente complexa, indicando forte laço com outras espécies,

originalmente com os dinossauros e posteriormente com o grupo dos mamíferos, além das angiospermas (GUNTER et al., 2016).

### 2.2.2 Adaptações Morfológicas e Ecologia

Os besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) possuem uma alimentação baseada em recursos fecais, isto ocorreu devido a importantes modificações no seu aparelho bucal, que é em grande parte diferenciado dos demais integrantes da ordem Coleoptera. O aparelho bucal apresenta uma mandíbula adaptada para a alimentação de estruturas macias, e assim, é rica em cerdas que atuam como um filtro e possuem pequenas estruturas microscópicas, que atuam como trituradores (HANSKI; CAMBEFORT, 2016).

Outro fator que os difere dos demais está na estrutura do aparelho reprodutor feminino, que apresenta apenas um ovariolo, ou ainda, pode se apresentar atrofiado, com um grande ovário (HALFFTER et al., 2013). Esta característica faz com que haja um pequeno número de ovos, com alto investimento para lidar com o recurso escasso, e bastante efêmero que utilizam na alimentação (HALFFTER et al., 2013). Além disso, algumas espécies apresentam cuidado parental, inclusive considerado como um comportamento sub-social (BORNEMISSZA, 1969; HALFFTER; MATTHEWS, 1966; ZUNINO, 1991; YAMADA; 2007; HANSKI; CAMBEFORTI, 2016). Este comportamento indica um cuidado com a prole antes mesmo da postura dos ovos (ZUNINO, 1991). Trata-se de uma estratégia de sobrevivência, permitindo que a larva ecloda em um meio rico em alimento, diminuindo o risco de predação (ROCHA, 2016). O cuidado parental dos escarabeíneos incluem comportamentos de proteção e limpeza do ninho (BORNEMISSZA, 1969; SIMMONS; RIDSDILL-SMITH, 2011), até mesmo das bolas-ninho que protegem as fases juvenis (HALFFTER; MATTHEWS, 1966).

Os chifres são características marcantes do grupo, há grande diversidade de formas e tamanhos, variando de saliências discretas até mesmo, estruturas compridas e pontiagudas, com diferentes formas de ornamentações, mesmo dentro da mesma espécie (CUMMINGS; EVANS; CHAVES-CAMPOS, 2018). Em geral, estes são considerados adornos dos machos, porém chifres podem ser presentes, também em fêmeas. Nos machos tem a função de defesa e seleção sexual, tanto para chamar a atenção das fêmeas e para lutar com outros machos, para o acasalamento, quanto para defesa, pois os chifres são associados à defesa dos ninhos, uma vez que permitem o fechamento de espaços e abertura dos túneis, em algumas espécies (EMLEN; PHILIPS, 2006). Porém, o tamanho dos chifres não implica geneticamente em

“melhores” machos, os recursos consumidos ao longo do desenvolvimento do estágio larval é que garantem a qualidade do chifre, ou seja, chifres maiores não implicam em qualidade/sucesso reprodutivo (HUNT, SIMMONS, 1997). Além disto, machos menores e com chifres menores, ou sem chifres, podem apresentar estratégias que permitem vantagem no acasalamento, como por exemplo se esgueirar, passando despercebidos por machos maiores com que utilizam seus chifres para defender as fêmeas em entradas de túneis (MOCZEK; EMLLEN, 2000).

Os olhos também são característicos do grupo, há um prolongamento da gena que se estende até a região ocular, sendo que em alguns casos permite a divisão completa. Aparentemente possui a função de proteger os olhos durante o processo de escavação dos túneis e galerias. Os olhos seccionados permitem a formação de dois órgãos distintos: o olho inferior, que permite a visão usual e o superior que favorece a navegação (SCHOLTZ et al., 2009). Assim, isso pode indicar que seja mais importante em espécies noturnas de áreas abertas, que podem se orientar a partir das estrelas, especialmente da via láctea, como no caso da espécie *Scarabaeus satyrus* (Boheman, 1860) (DACKE et al., 2013).

As antenas são do tipo lameladas, característica da superfamília Scarabaeoidea. Esse tipo de antena possui uma grande superfície de contato, aumentando a percepção olfativa destes organismos, o que permite a detecção dos recursos alimentares com maior eficiência (RAFAEL et al., 2012).

Os besouros apresentam diferentes estratégias de uso do recurso alimentar, porém basicamente todos fazem uso do líquido resultante do material em decomposição, rico em microrganismos é que de fato, é utilizado para a alimentação dos rola-bosta (HALFFTER; MATTHEWS, 1966), permitindo uma divisão em guildas funcionais, determinada a partir da forma como o recurso alimentar é manipulado. De acordo com essa classificação, os besouros podem ser divididos em: endocoprídeos (residentes), paracoprídeos (escavadores) e telecoprídeos (roladores). No grupo dos residentes, os adultos alimentam-se no local de deposição dos recursos e depositam seus ovos diretamente na massa de esterco, sem que haja a construção de ninho ou câmaras, ou alocação de esterco no solo, representados principalmente por indivíduos da tribo Onitcelini (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HANSKI; CAMBEFORTI, 2016).

Os escavadores constroem túneis verticais logo abaixo ou próximo ao recurso alimentar, e fazem o transporte das massas para o interior, por meio da alocação de porções e incorporação para o perfil do solo, este hábito pode ser encontrado principalmente nas tribos Ateuchini, Coprini, Onthophagini e Phanaeini.

Os besouros rola-bosta podem ser agrupados segundo sua preferência alimentar, o grupo é composto por diversos organismos que, em geral, possuem hábitos detritívoros, fazendo uso de carcaças (necrófagos), fezes (coprófagos), fungos (fungívoros), frutos (frugívoros), generalistas (SLADE et al., 2011) e, há ainda os predadores evidenciados pela espécie *Canthon virens* (Mannerheim, 1829) sobre as formigas (mirmecofagia) cortadeiras do gênero *Atta*, (FORTI et al., 2012), de diplópodes por *Deltochilum valgum acropyge* (Bates) (CANO, 1998), de milípedes por diversas outras espécies (KRELL, 2004), de cupins (termitofagia). Além destes alguns podem assumir hábitos alternativos de dietas conforme a disponibilidade de recursos no meio (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HALFFTER; EDMONDS, 1982; HALFFTER, 1991; HANSKI; CAMBEFORT, 1991; LOUZADA; VAZ-DE-MELLO, 1997).

A maioria das espécies faz uso de ninhos construídos a partir da escavação e deposição de porções de material fecal no interior de galerias simples ou complexas, contribuindo com a incorporação materiais fertilizantes ao solo como o nitrato (YAMADA; 2007; BERTONE, 2004), além disso a escavação permite a aeração do solo, num processo denominado bioturbação (BERTONE, 2004; LOUZADA; CARVALHO, 2009), e ainda podem contribuir com a dispersão secundária de sementes permitindo um aumento na colonização de diversas espécies vegetais (MACQUEEN; BEIRNE, 1975; MIRANDA; SANTOS; BIANCHIN, 2000; ANDRESEN, 2002; VULINEC, 2002; SLADE et al., 2007; BRAGA et al., 2017).

Os besouros rola-bosta utilizam os diversos recursos tanto para alimentação de adultos como de imaturos. Uma das principais características de algumas espécies de rola-bosta é o comportamento de confecção de porções, mais ou menos esféricas de esterco e, posterior deslocamento por meio de rolamento até um local adequado para nidificação (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; NICHOLS et al., 2007; LOUZADA; CARVALHO, 2009; HANSKI; CAMBEFORTI, 2016).

Há evidências de evolução independente do hábito de rolagem, pelo menos cinco vezes no grupo (GUNTER et al., 2016). Este comportamento apresenta vasto repertório como rolamento solitário, fêmea no topo e macho atrás, macho no topo e fêmea atrás, entre outros (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Isso levou à adaptação das pernas, no grupo dos roladores as pernas anteriores apresentam-se como as de um besouro típico, com a tíbia denteada (RAFAEL et al., 2012), já as pernas médias são utilizadas para dirigir o rolamento da bola, assim apresenta um aspecto laminar, já as pernas posteriores em algumas espécies possuem adaptações para a rolagem, como um maior comprimento (HANSKI;

CAMBEFORT, 1991). Os roladores possuem o típico hábito de rolagem de porções, frequentemente, mais ou menos esféricas de alimento, este pode ser conduzido por um único indivíduo, quanto por um casal, sendo transportadas por certas distâncias e então são enterradas (permitindo ampliação da síndrome de dispersão secundária zoocórica de sementes), este hábito encontra-se descrito para espécies da tribo Canthonini, Eucranini e Sisyphini, principalmente para espécies do gênero, *Canthon* e *Deltochilum* (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HANSKI; CAMBEFORTI, 2016).

O olfato representa sua principal ferramenta na detecção de alimento e recursos para nidificação (KINGSTON; COE, 1977), ao detectarem a presença do odor de interesse, inicia-se o processo de busca do recurso (HANSKI; KRIKKEN, 1991), isso pode ocorrer a partir de voos, ou até mesmo do empoleiramento e espera (HALFFTER; MATTHEWS, 1966).

### **2.3 Besouros rola-bosta como indicadores ambientais**

Para avaliar o grau de alteração no meio e outros diversos impactos ambientais como efeito da fragmentação, aumento do efeito de borda, entre outros, alguns organismos são considerados bioindicadores, principalmente invertebrados. Para grupos de maior tamanho corporal, esta avaliação pode ser mais dispendiosa em relação a custo, esforço amostral, tempo, entre outros fatores. São utilizados parâmetros que incluem a presença/ausência de táxons, abundância, riqueza, densidade, equitatividade, biomassa, composição, caracteres morfológicos, entre outros. Assim, necessariamente os organismos utilizados nesta avaliação, como bioindicadores, devem refletir o estado do ambiente por meio de seus parâmetros populacionais ou comunitários, possuírem sensibilidade para isto, e serem conhecidos quanto a sua biologia e suas relações com outras espécies (MCGEOCH, 2007).

A Classe Insecta<sup>1</sup> corresponde aos animais com a maior diversidade dentro do agrupamento dos invertebrados, estimativas indicam cerca de 5 milhões de espécies (STORK et al., 2015). Este número cresce a cada ano com a descrição de novas espécies. Sua importância se reflete na riqueza de organismos, com importância agrícola, veterinária, biotecnológica, ecológica e médica.

Os insetos se destacam no quesito ambiental e ecológico pela sua participação em importantes funções e serviços ecológicos, em entroncadas teias de relações intra e interespecíficas (RAFAEL et al., 2012). Além disso, os parâmetros da comunidade, como alta

---

<sup>1</sup> Insetos aqui utilizados em sentido amplo, contemplando todos os organismos pertencentes ao Sub-Filo Hexapoda, Classe Insecta e suas 35 ordens incluindo Diplura com três ordens (BEUTEL et al., 2017).

abundância, riqueza e biomassa, favorecerem os estudos de impactos ambientais e, assim, são reafirmados como importantes indicadores da qualidade do meio (ROCHA et al., 2011).

Há diversos fatores que corroboram o uso dos insetos como bioindicadores, entre eles as respostas rápidas às alterações e distúrbios ambientais, sua alta riqueza e ampla diversidade de habitats que ocupam e sua alta densidade populacional (DUELLI; OBRIST; SCHMATZ, 1999; AGOSTI et al., 2000; BUCHORI et al., 2018). Adicionalmente, a remoção de organismos do ambiente é pouco impactante para suas populações, são fáceis de coletar e apresentam ampla diversidade de ocupação trófica (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Dentre os insetos, a ordem Coleoptera é uma das mais ricas em número de espécies e distribuição, sua diversidade se reflete em importante atuação nas relações ecológicas. Além disto, são sensíveis a mudanças ambientais, modificando seus parâmetros de comunidade e permitindo seu uso como indicadores de distúrbios ambientais (RODRIGUES, 2016). As famílias melhor estudadas e destacadas no papel de bioindicação, tanto de qualidade ambiental bem como de impactos antropogênico são: Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Dynastidae, Elateridae e Scarabaeidae (OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre os besouros, destacam-se os membros da família Scarabaeidae, sub-família Scarabaeinae com grande número de espécies, sendo bem conhecidos do ponto de vista taxonômico, biológico e ecológico (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HANSKI; CAMBEFORTI, 1991; SIMMONS; RIDSDILL-SMITH, 2011). Desempenham notável papel na ciclagem de nutrientes, promovendo a bioturbação do solo, aumento da fertilidade do solo, dispersão secundária de sementes, controle de população e dispersão de moscas e outros parasitas gastrointestinais do gado, além da regulação trófica e da polinização (NICHOLS et al., 2008; BRAGA et al., 2012; BRAGA et al., 2013; GRIFFITHS et al., 2016). A relevância aplicada desta família se estende ainda mais, pelo seu uso como bioindicadores de impactos ambientais, como nas mudanças de SUTs (SHAHABUDDIN et al., 2010; KORASAKI et al., 2013; SALOMÃO et al., 2019).

Em ambientes em que passam ou passaram por mudanças de SUTs, os parâmetros da comunidade destes besouros são alterados e, podem se manter por muito tempo, o que causa um impacto a longo prazo, mesmo assim, uma diversificação de habitats e recursos alimentares podem garantir um aumento de serviços ecológico providos pelos besouros rola-bosta, principalmente nas pastagens exóticas (CORREA et al., 2013), originárias da pecuária

tradicional, que preza pela substituição de pastagens naturais pelas mais produtivas, como a pastagem composta por *Urochloa* spp. (Syn. *Brachiaria* spp.)<sup>2</sup>

A homogeneização do uso da terra, é amplamente promovida pelos sistemas convencionais de produção de alimentos, eles limitam os habitats naturais e favorecem a exclusão de mamíferos selvagens, os quais reduzem a quantidade e a qualidade dos recursos que os besouros necessitam (NICHOLS et al., 2007). Segundo Favila e Halffter (1997) os besouros rola-bosta apresentam graus diferenciados de associação com habitats específicos, existindo uma gama de espécies que ocorrem em ambientes abertos e espécies que jamais se afastam de florestas. A associação dos besouros rola-bosta com os demais organismos que habitam os ecossistemas favorece seu uso como bioindicadores de qualidade ambiental, sendo indispensáveis seus estudos, para averiguação de qualidade do ambiente (RONQUI; LOPES, 2006), Porém, são necessários estudos amplos com as devidas associações para reforçar esta afirmativa, uma vez que apesar de haverem inúmeros estudos de alterações da comunidade de besouros rola-bosta com relação a habitats, os estudos associativos com a mastofauna são escassos (NICHOLS et al., 2013a; RAINE; SLADE, 2019).

Desta forma, as modificações nos SUTs e a conseqüente alteração de seus habitats podem provocar a alteração da estrutura da comunidade, incluindo a perda de espécies (FAVILA; HALFFTER, 1997) e conseqüentemente as funções ecológicas associadas (NICHOLS et al., 2013b). Pode-se destacar ainda a sazonalidade, um fator significativo para a modulação da ocorrência desses besouros, pois durante os períodos chuvosos, com altas taxas de umidade é o momento em que eles saem do solo para forragear e procurar parceiro sexual, permitindo a sua disseminação (VASCONCELLOS et al., 2010).

Além disso, são organismos sensíveis as alterações ambientais, sendo afetados em múltiplos fatores e escalas, possuem uma rápida resposta ambiental, com facilidade de coleta e monitoramento, além de apresentarem diversas funções ecossistêmicas (NICHOLS et al., 2008). Na mesma fitofisionomia, no caso do bioma Cerrado, pode haver comunidades heterogêneas, como indicado por estudos no Cerrado *sensu stricto* que indicaram que múltiplas localidades mesmo que identificadas sob o mesmo domínio, apresentam heterogeneidade na comunidade, fazendo com que múltiplas localidades dentro da mesma região necessitem de preservação, especialmente devido a estruturação da comunidade,

---

<sup>2</sup> Ao longo de todo o trabalho foi utilizada a terminologia de *Brachiaria* uma gramínea predominante nas pastagens tropicais, uma vez que recentemente houve publicação taxonômica incluindo-a no gênero *Urochloa* dadas as controvérsias apresentadas no artigo em questão, consideramos *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*).

fornecidas a partir de “filtros” ambientais locais na seleção das espécies que ocorrem nestes ambientes (CUNHA; FRIZZAS, 2020).

#### **2.4 Influência de variáveis ambientais sobre a comunidade de besouros rola-bosta**

O ambiente em que os organismos vivos estão presentes é altamente dinâmico, e varia constantemente ao longo do tempo e espaço, assim, os organismos apresentam aparatos moduladores para responder as diversas pressões ambientais, que podem ser fisiológicos, químicos e até mesmo comportamentais (RICKLEFS; RELYEA, 2017). As alterações no meio podem ser de origem antrópica ou até mesmo naturais, porém qualquer uma das alterações nos parâmetros ambientais, em qualquer nível, pode influenciar diretamente a presença e/ou ausência de organismos no ambiente (SILVA, 2017).

Os fatores bióticos, incluindo a interação com outros organismos, seja positiva ou negativa, tanto de modo direto quanto indireto, são importantes fatores condicionadores da comunidade de besouros escarabeíneos. Existe uma dependência destes organismos por recursos providos pela presença e atividade de outras espécies, principalmente de vertebrados (BOGONI et al., 2016). Deste modo, há uma grande influência da comunidade de vertebrados sobre a comunidade de besouros rola-bosta amostrados (BOGONI et al., 2016). A interação destes ao longo do tempo pode levar a especializações por meio de processos evolutivos entre as espécies e os ambientes.

As variáveis locais influenciam a ocorrência de micro-habitat possuindo aspectos bióticos e abióticos. Estas podem variar de acordo com o táxon alvo do estudo, no caso dos rola-bosta, que possuem alta sensibilidade em escala local (HALFFTER, 1991). Neste sentido a variável cobertura florestal é indicada como fator relevante para a estruturação da comunidade destes besouros (NICHOLS et al., 2013b), a substituição de sistemas florestais por áreas abertas como pastagens, por exemplo, pode acarretar na diminuição da diversidade de besouros rola-bosta (GRIES et al., 2011).

Diversas espécies de besouros rola-bosta apresentam especificidade com o habitat que ocupam (HALFFTER, 1991), suas populações podem ser limitadas espacialmente para áreas abertas e/ou dominadas pelos diversos monocultivos e como efeitos práticos há perda da distribuição de suas populações e até mesmo extinção local (GARDNER et al., 2008).

Em estudos relacionados à qualidade dos solos amostrados para pesquisas de besouros rola-bosta, os fatores intrínsecos ao solo como: características do solo e grau de compactação e a textura, parecem frequentemente relacionados à determinação da estrutura da

comunidade do besouros rola-bosta (SIMMONS; RIDSDILL-SMITH, 2011; BEIROZ et al., 2017). A resistência do solo e a umidade são importantes fatores preditores da diversidade, pois influenciam a capacidade de construção dos ninhos no perfil do solo, importante característica de algumas espécies (HANSKI; CAMBEFORT, 1991). Os parâmetros do solo apresentam característica chave para a reprodução destes besouros (FINCHER, 1973), assim as mudanças de SUTs e todas suas características de manejo podem influenciar a comunidade existente.

Há diversas lacunas de conhecimento que impedem o entendimento amplo sobre as variáveis ambientais bióticas e abióticas e a determinação da comunidade de besouros rola-bosta, sendo que em geral as interações destas variáveis são responsáveis pelos condicionantes da comunidade (SILVA, 2017). Os ambientes alterados pelas diversas atividades humanas têm efeitos catastróficos para os insetos em geral (MULLER, 1972).

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista do Serviço Público**, São Paulo, v. 111, n. 4, p. 41-55, 1983.
- AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, E.; SCHULTZ, T. R. **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Biological Diversity Handbook Series. Smithsonian Institution Press. Washington D. C. 2000.
- ANDRESEN, E. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 257–270. 2002.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.
- BAI, M.; BEUTEL, R. G.; SONG, K. Q.; LIU, W.-G.; MALGIN, H.; LI, S.; HU, X. Y.; Yang, X.-K. Evolutionary patterns of hind wing morphology in dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). **Arthropod Structure & Development**, [s. l.], v. 41, n. 5, p. 505–513. 2012.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B. MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; SILVA, M. N. F.; SILVA MOTTA, C.; PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 104, p. 18555-18560, 2007.
- BARRAGÁN, F.; MORENO, C. E.; ESCOBAR, F.; HALFFTER, G.; NAVARRETE, D. Negative Impacts of Human Land Use on Dung Beetle Functional Diversity. **PLoS One**, [s. l.], 6, n. 3, 2011.
- BEIROZ, W. SLADE, E. M.; BARLOW, J.; SILVEIRA, J. M.; LOUZADA, J.; SAYER, E. Dung beetle community dynamics in undisturbed tropical forests: implications for ecological evaluations of land-use change. **Insect Conservation and Diversity**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 94–106, 2017.
- BERTONE, M. A. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Geotrupidae) of North Carolina cattle pastures and their implications for pasture improvement. Dissertação. Faculty of North Carolina State University, 2004. 174p.
- BEUTEL, R. G.; YAVORSKAYA, M. I.; MASHIMO, Y.; FUKUI, M. MEUSEMANN, K. The phylogeny of Hexapoda (Arthropoda) and the evolution of megadiversity. **Proceedings of Arthropodan Embryological Society of Japan**, Tsukuba, v. 15, p. 1-15, 2017.
- BODIRSKY, B. L.; ROLINSKI, S.; BIEWALD, A.; WEINDL, A. P.; LOTZE-CAMPEN, H. Global food demand scenarios for the 21<sup>st</sup> century. [s. l.], v. 10, 2015.

- BOGONI, J. A.; GRAIPEL, M. E.; CASTILHO, P. V.; FANTACINI, F. M.; KUHNEN, V. V.; LUIZ, M. R.; MACCARINI, T. B.; MARCON, C. B.; TEIXEIRA, C. S. P.; TORTATO, M. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Contributions of the mammal community, habitat structure, and spatial distance to dung beetle community structure. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 25, n. 9, p. 1661-1675, 2016.
- BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. Dinâmica agrícola no Cerrado: Análises e Projeções. **Empresa Agropecuária Brasileira** (EMBRAPA), Brasília, v. 12020. 312p.
- BORNEMISSZA, G. F. A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). **Pedobiologia**, Fukushima, vol. 9, p. 223–225. 1969.
- BRAGA, R. F.; KORASAKI, V.; AUDINO, L. D.; LOUZADA, J. Are Dung Beetles Driving Dung-Fly Abundance in Traditional Agricultural Areas in the Amazon? **Ecosystems**, [s. l.], v. 15, p. 1173-1181, 2012.
- BRAGA, R. F.; KORASAKI, V.; ANDRESEN, E.; LOUZADA, J. Dung Beetle Community and Functions along a Habitat-Disturbance Gradient in the Amazon: A Rapid Assessment of Ecological Functions Associated to Biodiversity. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 2, e57786, 2013.
- BRAGA, R. F.; CARVALHO, R.; ANDRESEN, E.; ANJOS, D. V.; ALVES-SILVA, E.; LOUZADA, J. Quantification of four different post-dispersal seed deposition patterns after dung beetle activity. **Journal of Tropical Ecology**, [s. l.], v. 33, n. 6, p. 407-410, 2017.
- BRASIL. Lei no 7.827, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO), e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 1989.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado. Projeto TerraClass Cerrado. Brasília: MMA, 2015.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. 2018. **Invertebrados**. 3ª edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro. 1010pp.
- BUCHORI, D.; RIZALI, A.; RAHAYU, G.; MANSUR, I. Insect diversity in post-mining areas: Investigating their potential role as bioindicator of reclamation success. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, [s. l.], v. 19, n. 5, p. 1696-1702, 2018.
- BUSTAMANTE, M. Política de clima negligencia o Cerrado – mais uma vez. Plano entregue à ONU não menciona o segundo maior bioma do país. Observatório do Clima on-line. Edição 24. 2015.
- CAJAIBA, R. L.; SILVA, W. B. Abundância e Diversidade de Coleópteros de Solo em Fragmentos de Capoeira ao Entorno da Zona Urbana do Município de Uruará-PA, Brasil. **EntomoBrasilis**, Formosa, v. 8, p. 30–37. 2015.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; VIEIRA, T. B.; DALZUCHIO, M. S.; BASTOS, R.; CABRAL, J. A.; SANTOS, M. How informative is the response of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages to anthropogenic land use changes? Insights for ecological status assessments from a case study in the Neotropics. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 636, p. 1219-1227, 2018.

CAMBEFORT, Y. Biogeography and evolution. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (Ed.) Dung beetle ecology. Cambridge: Princeton University Press, p. 52-67, 1991.

CANO, E. B. *Deltochilum valgum acropyge* Bates (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): habits and distribution. **Coleopterists Bulletin**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 174-178, 1998.

CLUZEAU, D.; GUERNION, M.; CHAUSSOD, MARTIN-LAURENT, F.; VILLENAVE, C.; CORTET, J.; RUIZ-CAMACHO, N.; PERNIN, C.; MATEILLE, T.; PHILIPPOT, L.; BELLIDO, A.; ROUGÉ, L.; ARROUAYS, D.; BISPO, A.; PÉRÈS, G. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, [s. l.], v. 49, p. 63–72. 2012.

COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 29, p. 1465-1475, 2020

CONTINI, E.; JÚNIOR, G. B. M.; GASQUES, J. G.; JUNIOR, P. A. V. O papel das políticas públicas no Cerrado. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. Dinâmica agrícola no Cerrado: Análises e Projeções. **Empresa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 1, 2020. 312p.

CORREA, A. L. C.; CAVALCANTI, I. M.; SEABRA, I. BURNS, V. A. C. O papel do governo federal como indutor do crescimento econômico da região centro-oeste. In: CUNHA, A.; MUELLER, C. Diagnóstico regional-região Centro Oeste. In: AGUIAR, M. N. (Org.). A questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil. Brasília, DF: Ipea: Pnud: ABC, 1988.

CORREA, C. M. A.; PUKER, A.; KORASAKI, V.; OLIVEIRA, N. G. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) attracted to sheep dung. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s. l.], v. 57, p. 113–116. 2013.

CORREA, C. M. A.; BRAGA, F. R.; LOUZADA, J.; MENÉNDEZ, R. Dung beetle diversity and functions suggest no major impacts of cattle grazing in the Brazilian Pantanal wetlands. **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 524-533, 2019.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOTS, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M. HANNON, B. LIMGURG, K.; NAEEM, S.; NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, [s. l.], v. 38, p. 253-260, 1997.

COSTANZA, R. Social Goals and the Valuation of Ecosystem Services. **Ecosystems**, [s. l.], v. 3, p. 4-10, 2000.

CUMMINGS, M.; EVANS, H. K.; CHAVES-CAMPOS, J. Male Horn Dimorphism and its Function in the Neotropical Dung Beetle *Sulcophanaeus velutinus*. **Journal of Insect Behaviour**, [s. l.], v. 31, p. 471-489, 2018.

CUNHA, W. L.; FRIZZAS, M. R. Spatial structure of the diversity of dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in savanna formations of Central Brazil. **Biodiversity and conservation**, Londres, v. 29, p. 4137–4154, 2020.

DACKE, M.; BAIRD, E.; BYRNE, M.; SCHOLTZ, C. H.; WARRANT, E. J. Dung Beetles Use the Milky Way for Orientation. **Current Biology**, [s. l.], v. 23, p. 1-3, 2013

DE-GROOT, R. S.; ALKEMADE, R.; BRAAT, L.; HEIN, L.; WILLEMEN, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 260-272, 2010.

DOODY, D. G.; WITHERS, P. J. A.; DILS, R. M.; MCDOWELL, R. W.; SMITH, V.; MCELARNEY, Y. R.; DUNBAR, M.; DALY, D. Optimizing land use for the delivery of catchment ecosystem services. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 14, n. 6, 2016

DUELLI, P.; OBRIST, M. K.; SCHMATZ, D. R. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: Above-ground insects. **Agriculture Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 74, n. 1, 1999.

EMBRAPA – Empresa Agropecuária Brasileira. Cerrado. Biomas do Brasil. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/biomas-cerrado> >. Acesso em 14 março de 2020.

EMLÉN, D. J.; PHILIPS, K. T. Phylogenetic Evidence for an Association Between Tunneling Behavior and the Evolution of Horns in Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **The Coleopterists Bulletin**, [s. l.], v. 60, n. 5, p. 47–56. 2006.

FAO – Food And Agriculture Organization of the United Nations. Livestock and Environment. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/livestock-environment/en/> Acesso em 01 de outubro de 2019.

FARIA, W. R.; HADDAD, E. A. Modelagem do uso da terra e efeitos de mudanças na produtividade agrícola entre 1996 e 2006. TD Nereus. Universidade de São Paulo. 2014.

FAVILA, M. E.; G. HALFFTER. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. **Acta Zoológica Mexicana**, [s. l.], v. 72, p. 1–25, 1997.

FIALHO, A. Avaliação dos efeitos da mudança do uso do solo na mata seca utilizando Scarabaeinae (Coleoptera) como bioindicadores. 2014. Doutorado em Agronomia/ Entomologia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2014.

FINCHER, G. T. Dung beetles as biological control agents for gastrointestinal parasites of livestock. **Journal of Parasitology**, [s. l.], vol. 59, p. 396–399. 1973

FISCHER, J.; ABSON, D. J.; BUTSIC, V.; CHAPPELL, M. J.; EKROOS, J., HANSPACH, J.; KUEMMERLE, T.; SMITH, H. G.; VON-WEHRDEN, H. Land Sparing Versus Land Sharing: Moving Forward. **Conservation Letters**, [s. l.], v. 7, p. 149-157, 2014.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N. BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, [s. l.], v. 478, n. 7369, p. 337–342, 2011.

FORTI, L. C.; RINALDI, I. M. P.; CAMARGO, R. S.; FUJIHARA, R. T. Predatory Behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): A Predator of Leafcutter Ants. **Psyche: A Journal of Entomology**, [s. l.], v. 2012, 2012.

GALETTI, M.; MOLEÓN, M.; JORDANO, P.; PIRES, M. M.; JUNIOR, P. R. G.; PAPE, T.; NICHOLS, E.; HANSEN, D.; OLESEN, J. M.; MUNK, M.; MATTOS, J. S.; SCHWEIGER, A. H.; OWEN-SMITH, N.; JOHNSON, C. N.; MARQUIS, R. J.; SVENNING, J. C. Ecological and evolutionary legacy of megafauna extinctions. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 93, p. 845-862, 2017.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, 2013.

GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J.; PERES, C. A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: The value of secondary and plantation forests for Neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 883 – 893, 2008.

GHANNEM, S.; TOUAYLIA, S.; BOUMAIZA, M. Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 456–464, 2017.

GRIES, R.; LOUZADA, J.; ALMEIDA, S.; MACEDO, R.; BARLOW, J. Evaluating the impacts and conservation value of exotic and native tree afforestation in Cerrado grasslands using dung beetles. **Insect Conservation and Diversity**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 175-185, 2011.

GRIFFITHS, H. M., R. D.; BARDGETT, J.; LOUZADA, J. N. C.; BARLOW, J. The value of trophic interactions for ecosystem function: dung beetle communities influence seed burial and seed-ling recruitment in tropical forests. **Proceedings of the Royal Society B**, Londres, v. 283, 20161634. 2016.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. Editora Roca, São Paulo, 2008. 440.

GUNTER, N. L.; WEIR, T. A.; SLIPINKSI, A.; BOCAK, L.; CAMERON, S. L. If Dung Beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) arose in association with dinosaurs, did they also suffer a mass co-extinction at the K-Pg boundary? **Plos One**, [s. l.], v. 11, n. 5, e0153570. 2016.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**, [s. l.], v.12, n. 312. 1966.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecologic and evolutive approach. Man and Biosphere Program Unesco, Cidade do México, 1982.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomológica Mexicana**, [s. l.], v. 82, p. 195-238. 1991.

HALFFTER, G.; CORTEZ, V.; GÓMEZ, E. J.; RUEDA, C. M.; CIARES, W.; VERDÚ, J. R. A Review of Subsocial Behavior in Scarabaeinae Rollers (Insecta: Coleoptera): An Evolutionary Approach. Monografías del Tercer Milenio, vol. 9. S.E.A. & INECOL, Zaragoza, Spain. 2013.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press. 1991.

HANSKI, I.; KRIKKEN, J. Dung beetle in tropical forest in Southeast Asia. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press. 1991, p. 179-197.

HANSKI, I.; CAMBEFORTI, Y. **Dung Beetle Ecology**. New Jersey – EUA, Princeton University Press. 2016. 514 p.

HERNÁNDEZ, M. I. M.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Goiás, v. 153, p. 607–613, 2009

HUNT, J.; SIMMONS, L. W. Patterns of fluctuating asymmetry in beetle horns: an experimental examination of the honest signalling hypothesis. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 109–114. 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE: Contas Nacionais Trimestrais. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1846> Acesso em 1 de outubro de 2019.

JANTZ, S. M.; BARKER, B.; BROOKS, T. M.; CHINI, L. P.; HUANG, Q.; MOORE, R. M.; NOEL, J.; HURTT, G. Future habitat loss and extinctions driven by land-use change in biodiversity hotspots under four scenarios of climate-change mitigation. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 29, n. 4, p.1122-1131, 2015.

KIM, D.; SEXTON, J. O.; TOWNSHEND, J. R. Accelerated deforestation in the humid tropics from the 1990s to the 2000s. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 42, p. 3495–3501, 2015.

KINGSTON, T. J.; COE, M. The biology of a giant dung-beetle (*Heliocopris dilloni*) (Coleoptera: Scarabaeidae). **Journal of Zoology**, [s. l.], v. 181, n. 2, p. 243-263. 1977.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A., Past and current human occupation, and land use. In: Oliveira, P.; Marquis, R. (Eds.), *The Cerrados of Brazil Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. p. 51–69, 2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B.; A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [s. l.], v. 1, p. 147–155, 2005.

KORASAKI, V. **Respostas espaciais e temporais da comunidade de escarabeíneos e formigas ao gradiente de uso da terra, no Noroeste da Amazônia**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia-Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. 214p.

KORASAKI, V.; BRAGA, R. F.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F. M. S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J. Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 22, p. 1485-1499, 2013.

KRELL, F. T. East African dung beetles (Scarabaeidae) attracted by defensive secretions of Millipedes. **Journal of East African Natural history**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 69-73, 2004.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C., MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 4, p. 27-35, 2014.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; SCHROTH, G.; FEARNSSIDE, P. M.; VENTINCINQUE, E.; DA COSTA, C. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 29, n. 5/6, p. 737-748, 2002.

LAURANCE, W. F. Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, Londres, v. 359, n. 1443, p. 345-352, 2004.

LIU, J.; WILSON, MAXWELL, HU, G.; LIU, J.; WU, J.; YU, M. How does habitat fragmentation affect the biodiversity and ecosystem functioning relationship? **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 341-352, 2018.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of soils under “cerrado” vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 41, p. 742-747, 1977.

LOPES, A. S.; COX, F. R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 3, p. 82-88, 1979.

LOUZADA, J. N. C.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeidae (Coleoptera, Scarabaeoidea) atraídos por ovos em decomposição em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Caldasia*, v. 19, n. 3, p. 521-522, 1997.

- LOUZADA, J. N. C.; CARVALHO, P. R. S. Utilization of introduced Brazilian pastures ecosystems by native dung beetles: diversity patterns and resource use. **Insect Conservation and Diversity**, [s. l.], v. 2, p. 45–52, 2009.
- MACEDO, R.; AUDINO, L. D.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J. Conversion of Cerrado savannas into exotic pastures: The relative importance of vegetation and food resources for dung beetle assemblages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 288, 2020.
- MACQUEEN, A.; BEIRNE, B. P. Effects of cattle dung and dung beetle activity on growth of beardless wheatgrass in British Columbia. **Canadian Journal of Plant Science**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 961–967. 1975.
- MARCO-JR, P.; VILLÉN, S.; MENDES, P.; NÓBREGA, C.; CORTES, L.; CASTRO, T.; SOUZA, R. Vulnerability of Cerrado threatened mammals: an integrative landscape and climate modeling approach. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 29, p. 1637-1658, 2020.
- MARTELLO, F.; ANDRIONLLI, F.; SOUZA, T. B.; DODONOV, P.; RIBEIRO, M. C. Edge and land use effects on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Brazilian cerrado vegetation. **Journal of insect conservation**, [s. l.], v. 20, n. 6, p. 957-970. 2016.
- MCGEOCH, M. A. Insects and bioindication: theory and progress. In: Stewart, A. J. A.; New, T. R.; Lewis, O. T. (eds), 2007. Insect conservation biology, Proceedings of the Royal entomological Society's 23rd Symposium, CABI, Oxford shire, pp. 255-174.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D, M, G.; JUNIOR, F. B. R. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1-2, p. 185-203, 2015.
- MIRANDA, C. B., SANTOS, J.; BIANCHIN, I. The role of *Digitonthophagus gazella* in pasture cleaning and production as a result of burial of cattle dung. **Pasturas Tropicales**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 14–18. 2000.
- MOCZEK, A. P.; EMLÉN, D. J. Male horn dimorphism in the scarab beetle, *Onthophagus taurus*: do alternative reproductive tactics favour alternative phenotypes? **Animal Behaviour**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 459-466, 2000.
- MONAGHAN, M. T.; INWARD, D. J. G.; HUNT, T.; VOGLER, A. P. A molecular phylogenetic analysis of the Scarabaeinae (dung beetles). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 674-692, 2007.
- MULLER, J. Is air pollution responsible for melanism in lepidoptera and for scarcity of insect in New Jersey? **Journal of Research on the Lepidoptera**, [s. l.], v. 10, p. 89-90, 1972.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspot for conservation priorities. **Nature**, [s. l.], v. 403, p. 853-858. 2000.
- 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 meta-analysis. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 137, p.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**, [s. l.], v. 141, p. 1461–1474, 2008.

NICHOLS, E.; URIARTE, M.; PERES, C. A.; LOUZADA, J.; BRAGA, R. F.; SCHIFFLER, G.; ENDO, W.; SPECTOR, S. H. Human-Induced Trophic Cascades along the Fecal Detritus Pathway. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 10, 2013a

NICHOLS, E.; URIARTE, M.; BUNKER, D. E.; FAVILA, M. E.; SLADE, M.; VULINEC, K.; LARSEN, T.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J.; NAEEM, S.; SPECTOR, S. H. Trait-dependent response of dung beetle populations to tropical forest conversion at local and regional scales. **Ecological Society of America**, Nova York, v. 94, n. 1, p. 180–189. jun. 2013b.

NIERO, M. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Influência da paisagem nas assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. **Biotemas**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 37-48, 2017.

OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S. LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 800-807, 2014

ONU – Organização das Nações Unidas. Report of the United Nations Conference on the Human Environment. Report. Stockholm, 1972.

OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MULLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L. LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WOLFGANG, W. W.; PILLAR, V. D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, [s. l.], v. 21, p.1455–1460, 2015.

PETRI, S. Extinções orgânicas. **Revista USP**, São Paulo, n. 71, p. 38-43, 2006.

RAINE, E. H.; SLADE, E. M.; Dung beetle – mammal associations: methods, research trends and the future directions. **Proceedings of the Royal Society B**, Londres, v. 286, 2019.

RAFAEL; J. A. MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2012. 810p.

RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7ª ed. Guanabara Koogan; Rio de Janeiro, 2017.

ROCHA, J. R. M. ALMEIDA, R. J.; LINS, A. G.; DORVAL. A. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. **Holos environment**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 250–262, 2011.

- ROCHA, M. V. C. Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil Central. Dissertação. Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. 2016. 47p.
- RODRIGUES, C. A. S. Estrutura da vegetação e sua relação com a diversidade, abundância e similaridade de coleópteros bioindicadores em diferentes sistemas vegetacional. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ). Piracicaba, São Paulo. 2016. 125 p.
- RONQUI, D. C.; LOPES, J. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. **Iheringia Serie Zoológica**, Porto Alegre, v. 96, n. 1, p. 103-108, 2006.
- SALOMÃO, R. P.; ALVARADO, F.; BAENA-DÍAZ, F.; FAVILA, M. E.; IANNUZZI, L.; LIBERAL, C. N.; SANTOS, B. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; GONZÁLEZ-TOKAM, D. Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 103, p. 665–675, 2019.
- SCHEFFERS, B. R.; DE-MEESTER, L.; BRIDGE, T. C. L.; HOFFMANN, A. A.; PANDOLFI, J. M.; CORLETT, R. T.; WATSON, J. E. M. The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. **Science**, [s. l.], v. 354, n. 6313, 2016.
- SCHLEYER, C.; LUX, A.; MEHRING, M.; GORG, C. Ecosystem Services as a Boundary Concept: Arguments from Social Ecology. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 7, 1107, 2017.
- SCHOLTZ, C. H.; DAVIS, A. L. V.; KRYGER, U.; **Evolutionary Biology and Conservation of Dung Beetles**. Sofia-Moscow. 2009.
- SCHOOLMEESTERS, P. Scarabs: Scarabs: World Scarabaeidae Database (version 2019-11-02). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2020-02-24 (ROSKOV, Y.; OWER, G.; ORRELL, T.; NICOLSON, D.; BAILLY, N.; KIRK, P. M.; BOURGOIN, T.; DEWALT, R. E.; DECOCK, W.; NIEUKERKEN, E. VAN.; PENEV, L.). Digital resource Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-8858. 2020. Disponível em: [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col). Acesso em: 04 de março de 2020.
- SHAHABUDDIN, P. H.; MANUWOTO, S.; NOERDJITO, W. A.; TSCHARNTKE, T.; SCHULZE, C. H. Diversity and body size of dung beetles attracted to different dung types along a tropical land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. **Journal of Tropical Ecology**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 53-65, 2010.
- SILVA, J. C. C. Influência do micro-habitat e da distribuição espacial de recursos na amostragem de besouros escarabeíneos. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Entomologia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2017.
- SIMMONS, L. W.; RIDSDILL-SMITH, T. J. **Ecology and evolution of dung beetles**. John Wiley & Sons. 2011. 368 p.
- 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**, [s. l.], v. 76, n. 6, 1094–1104, 2007.

SLADE, E. M.; MANN, D. J.; LEWIS, O. T.; Biodiversity and ecosystem function of tropical forest dung beetles under contrasting logging regimes. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 144, n. 1, 166-174. 2011.

SLADE, E. M.; RIUTTA, T.; ROSLIN, T.; TUOMISTO, H. L. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 6, 18140. 2016.

STORK, N. E.; MCBROOM, J.; GELY, C.; HAMILTON, A. J. New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 112, p. 7519-7523, 2015.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2011. 809 p.

TUBIELLO, F. N.; SALVATORE, M.; FERRARA, A. F.; HOUSE, J.; FEDERICI, S.; ROSSI, S.; BIANCALANI, R.; CONDOR-GOLEC, R. D.; JACOBS, H.; FLAMMINI, A.; PROSPERI, P.; CARDENAS-GALINDO, P.; SCHMIDHUBER, J.; SANZ-SANCHEZ, M. J.; SRIVASTAVA, N.; SMITH, P. The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990–2012. **Global Change Biology**, [s. l.], v.21, n. 7, 2015.

URBAN, M. C.; BOCEDI, G.; HENDRY, A. P.; MIHOUB, J. B.; PE'ER, G.; SINGER, A.; BRIDLE, J. R.; GROZIER, L. G.; MEESTER, L.; GODSOE, W.; GONZALES, A.; HELLMANN, J. J.; HOLT, R. D.; HUTH, A.; JOHST, K.; KRUG, C. B.; LEADLEY, P. W.; PALMER, S. C. F.; PANTEL, J. H.; SCHMITZ, A.; ZOONER, P. A.; TRAVIS, J. M. J. Improving the forecast for biodiversity under climate change. **Science**, [s. l.], v. 353, n. 6304, aad8466–aad8466. 2016.

VALIN, H., HAVLIK, P., MOSNIER, A., HERRERO, M., SCHMID, E. OBERSTEINER, M. Agricultural productivity and greenhouse gas emissions: trade-offs or synergies between mitigation and food security? **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 8, 2013.

VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A. M.; ARAÚJO, H. F. P.; OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Goiás, n. 54, v. 3, p. 471-476, 2010.

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

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Scarabaeinae in: Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTFB). Programas das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). 2020. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>>. Acesso em: 15 Out. 2020.

VULINEC, K. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 297-309. 2002.

YAMADA, D.; IMURA, O.; SHI, K.; SHIBUYA, T. Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. **Grassland Science**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 121-129, 2007.

ZUNINO, M. Food Relocation Behaviour: a multivalente strategy for Coleoptera. **Advances in Coleopterology**, [s. l.], p. 297-314, 1991.

## **CAPITULO 3 - ANÁLISE DOS SISTEMAS DE USO DA TERRA NO CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO: IMPACTOS SOBRE A COMUNIDADE DE BESOUROS ROLA-BOSTA (SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)**

### **1. INTRODUÇÃO**

As mudanças no SUTs estão constantemente modelando e remodelando a paisagem em âmbito global, isso afeta os ecossistemas e processos ecossistêmicos em múltiplas escalas (ELLIS; PONTIUS, 2007). O atual sistema econômico exerce ampla pressão sobre os ecossistemas (SCHLEYER et al., 2017) e seus serviços ecossistêmicos associados, principalmente pela ampliação da produção em escala industrial de alimentos, consumo de água doce e combustíveis. Soma-se a isso práticas de gestão do uso da terra insustentáveis que em geral resultam em agravamento da degradação ambiental (NELLEMANN et al., 2009). A falta de planejamento da ocupação e uso do solo apresentam os principais aspectos de degradação (GRECCHI et al., 2014). Trata-se de um padrão global, onde há uma constante pressão sobre os biomas, especialmente em relação a busca por áreas para expansão da produção agrícola. Este processo de expansão de áreas agrícolas e plantio de árvores de interesse econômico têm grande influência sobre a biodiversidade, especialmente sobre os besouros escarabeíneos (NICHOLS et al., 2007; HERNÁNDEZ; VAZ-DE-MELLO 2009; GRIES et al., 2011; FILGUEIRAS et al., 2015; SILVA; HERNÁNDEZ 2016; GÓMEZ-CIFUENTES et al., 2017).

O uso da terra destinado às culturas de interesse agropecuário constitui o maior tipo de SUT de origem antropogênico (GRECCHI et al., 2014). Por um lado, temos que a agricultura que representa nossa produção de *commodities*, biocombustíveis e fibras, porém a intensidade do manejo acarretam em alterações nos ecossistemas que levam à perda maciça de habitats e, conseqüentemente da biodiversidade (KIM; SEXTON; TOWNSHEND, 2015), ameaçando a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (CAJAIBA; SILVA, 2015; SILVA; HERNÁNDEZ, 2016).

A principal mudança visível na paisagem é a fragmentação de habitats, um processo que causa modificações no ambiente e paisagem como um todo, levando também ao um aumento do efeito de borda que interfere nos parâmetros físicos e químicos ambientais (DAVIES-COLLEY et al., 2000; REDDING et al., 2003; HADDAD et al., 2015). Essas alterações podem favorecer a colonização de espécies exóticas, e conseqüentemente, levar a alterações na estrutura das comunidades vegetais e animais (LIU et al., 2018; BITENCOURT

et al., 2020) e no fluxo faunístico (DESROCHERS; FORTIN 2000). Enquanto algumas espécies sinantrópica podem se beneficiar das mudanças nos ambientes, outras sensíveis não as toleram (e.g. GARDNER et al., 2008; KORASAKI et al., 2013; SILVA et al., 2018). Assim, estudos ecológicos sobre o impacto dos diferentes usos da terra buscam entender essa dinâmica. Verificando por meio desse tipo de estudo a avaliação dessas mudanças de habitats sobre as comunidades naturais é um dos grandes desafios da ecologia (DAVIS; SCHOLTZ 2020).

Para avaliar o impacto da conversão do uso do solo, uma importante ferramenta é a utilização de espécies indicadoras (PARMAR et al., 2016). Assim, os besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) são amplamente utilizados para este fim (e.g. NICHOLS et al., 2007; NICHOLS et al., 2008; NICHOLS et al., 2011; SALOMÃO et al., 2019), pois possuem um grande número de espécies, sendo bem conhecidos do ponto de vista taxonômico, biológico e ecológico (NICHOLS et al., 2008). Esse grupo possui um notável papel na ciclagem de nutrientes, promovendo a bioturbação do solo, aumento da fertilidade, dispersão secundária de sementes, controle de população e dispersão de moscas e outros parasitas gastrointestinais do gado, além da regulação trófica e da polinização (NICHOLS et al., 2008; BRAGA et al., 2012; BRAGA et al., 2013; GRIFFITHS et al., 2016). Estes organismos apresentam facilidade de coleta (VAZ-DE-MELLO, 1999), com baixo custo e eficiência de captura (CORREA et al., 2018) alta sensibilidade às alterações ambientais e ampla diversidade biológica e ecológica (GARDNER et al., 2008; NICHOLS et al., 2007).

O objetivo do trabalho é avaliar a resposta da comunidade de besouros rola-bosta em diferentes sistemas de uso da terra (SUTs), por meio da comparação da estrutura da comunidade a influência das variáveis ambientais locais e da paisagem. Para isto, foram testadas as seguintes hipóteses: i) A abundância, riqueza, biomassa e equitatividade das comunidades de besouros rola-bosta diminuem com o aumento da intensidade de uso da terra; ii) A composição da comunidade de besourso escarabeíneos é diferente em cada uma das SUTs, iii) as variáveis ambientais locais e da paisagem influenciam a estrutura e na composição da comunidade de besouros escarabeíneos e iv) existem espécies indicadoras de cada sistema de uso da terra.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

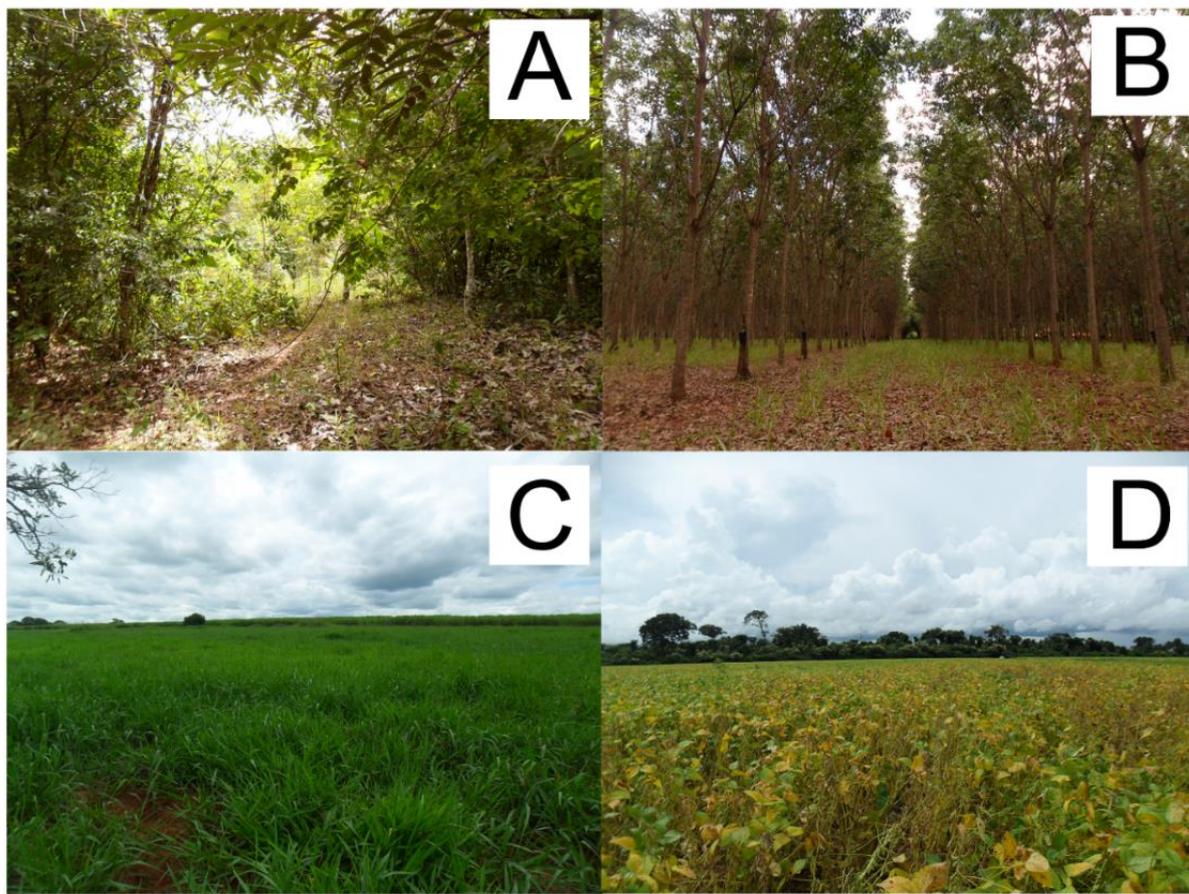
#### 3.1. Áreas de estudo e coleta de besouros escarabeíneos

Realizamos o estudo no município de Frutal, Minas Gerais (20° 1' 11" S, 48° 55' 10" O), que possui uma área de 2.426 km<sup>2</sup> com 60.012 habitantes e densidade demográfica de 22 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). O município está inserido no bioma Cerrado e apresenta paisagem fragmentada, formada por pastagens, áreas de cultivos perenes, semi-perenes e anuais, com poucos fragmentos florestais. O setor agropecuário movimenta grandes recursos na região (IBGE, 2020). O clima da região é definido como Aw tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno e o verão apresenta a estação com maiores índices pluviométricos (ALVARES et al., 2014), segundo a classificação Köppen-Geiger, apresentando temperatura e precipitação média anual de 23,8°C e 1626,9 mm, respectivamente (IBGE, 2020).

Coletamos besouros rola-bostas em quatro diferentes sistemas de uso da terra, sendo cinco áreas de cada sistema, totalizando vinte áreas: floresta, seringueira, pastagem e soja (Tabela 1; Figura 1), separadas entre si, por no mínimo 2 km (SILVA et al., 2020). Os sistemas selecionados são importantes economicamente para o município, e foram escolhidos a fim de formar um gradiente de intensidade de uso da terra, a floresta representando menor intensidade, e a soja a maior intensidade de uso, a seringueira e a pastagem foram considerados como sistemas intermediários de intensidade de uso.

**Tabela 1-** Descrição de cada sistema de uso da terra localizado no município de Frutal.

<b>Sistema</b>	<b>Descrição</b>
<b>Floresta</b>	Áreas com predominância de cobertura de espécies arbóreas nativas, sem histórico de corte.
<b>Seringueira</b>	Plantações de <i>Hevea brasiliensis</i> L. (árvore da seringa), os principais manejos realizados são: limpeza do terreno, manutenção de palha para controle do crescimento do estrato herbáceo e do sub-bosque.
<b>Pastagem</b>	Áreas destinadas à produção pecuária, formado por pastagens exóticas, com predominância de <i>Urochloa</i> spp. (Syn. <i>Brachiaria</i> spp.) em sistema extensionista de produção.
<b>Soja</b>	Áreas de monocultivo convencional de soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.).



**Figura 1-** Sistema de uso da terra amostrados, em Frutal, Minas Gerais. (A) Floresta, (B) Seringueira, (C) Pastagem, (D) Soja.

Os besouros foram coletados com auxílio de armadilhas do tipo *pitfall* (19 cm de diâmetro; 11 cm de profundidade), iscadas com fezes humanas (25 g). As armadilhas foram instaladas ao longo de um transecto de 300 m, com cinco armadilhas, separadas 50 m e também das bordas da área. As armadilhas permaneceram instaladas por um período de 48 horas; após esse período, as armadilhas foram recolhidas, os espécimes foram armazenados em sacos plásticos, contendo álcool 70% (v/v), etiquetados com os dados de procedência e encaminhados ao laboratório de Pesquisas Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais em Frutal, MG. No laboratório, com auxílio de estereomicroscópio, os besouros foram triados, acondicionados em mantas entomológicas e secos em estufa a 40°C até a obtenção de peso constante. Todos os indivíduos foram pesados em balança analítica de precisão (0,0001 g.) para obtenção da biomassa.

Os insetos foram morfotipados e comparados com a coleção de referência do Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais (LEIS) da Universidade Federal de Uberlândia. Para algumas espécies foi realizada a confirmação pelo taxonomista Prof. O Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello. Os espécimes vouchers estão depositados nas coleções da Universidade do

Estado de Minas Gerais (UEMG), e na Seção de Entomologia da Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

### 3.2. Coleta de Variáveis Ambientais

Ao todo foram coletadas variáveis locais (densidade e dimensão fractal do sub-bosque, densidade arbórea, área basal arbórea, altura de serapilheira, umidade e compactação do solo) e da paisagem (classificação do uso do solo na paisagem).

Realizamos levantamento da densidade e dimensão fractal do sub-bosque, seguindo a metodologia proposta por Nobis (2005). Analisamos fotografias do sub-bosque a partir de um procedimento padronizado. Ao lado de cada armadilha um pano preto de 1 m<sup>2</sup> foi esticado verticalmente rente ao solo, e foram obtidas quatro fotografias perpendiculares ao anteparo, em cada um dos quatro quadrantes ao redor da armadilha pitfall, a uma distância de 3 m, totalizando 20 fotografias por área e 400 em todo o experimento.

As fotografias foram analisadas utilizando o programa SideLook 1.1.01 (NOBIS, 2005). O programa calcula a densidade da vegetação e a dimensão fractal da vegetação herbácea por meio do contraste da imagem dicromática (porcentagem de pixels pretos e brancos) disponível no software. A densidade da vegetação foi calculada pela fórmula:

$$DV = \frac{(\text{altura} \times \text{largura}) \times \left( \frac{\text{pixels pretos}}{\text{pixels brancos}} \right)}{\text{largura}}$$

Onde, DV é a densidade da vegetação, a altura e a largura representam a área total do anteparo. A dimensão fractal e a densidade da vegetação foram utilizadas como proxy da complexidade da vegetação.

Para estimar a densidade e a área basal da vegetação arbórea utilizamos o método do ponto quadrante. Em cada ponto amostral ao redor da pitfall foram delimitados quatro quadrantes aleatoriamente, conforme Mitchell (2007). As árvores mais próximas em cada direção foram selecionadas e aferidas o perímetro a altura do peito, com auxílio de fita métrica, assim, com base nesse valor, foi realizada a medida de área basal (AB) conforme a fórmula:

$$AB = P^2 / 4\pi$$

Onde, AB é a área basal das árvores e o P) é o perímetro.

A densidade da vegetação arbórea foi calculada, a partir da distância do ponto central das *pitfall* nos quatro quadrantes ao redor do ponto central do transecto (norte, sul, leste, oeste), até a árvore mais próxima, e foi aplicada a equação:

$$D = \frac{4(4n - 1)}{\pi \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 R_{ij}^2}$$

Onde D) densidade estimada, R) distância medida do ponto central até a árvore mais próxima, n) número de *pitfall*, i) número de pontos de coleta, j) número do quadrante, conforme Hijbeek e colaboradores (2013).

As medidas de densidade e área basal foram utilizadas como *proxy* da vegetação arbórea. Sendo que árvores distando mais de 800 m do ponto central de cada *pitfall* foram consideradas com valor zero.

A profundidade da serapilheira foi aferida com auxílio de paquímetro digital, um ponto ao redor de cada *pitfall*.

Utilizamos um medidor portátil (Marca ICT, Modelo MPKit-406), que fornece dados de condutância elétrica (mV) e conteúdo de água no solo em (%).

Aferimos a resistência do solo (kPa) com auxílio de um penetrômetro de cone manual. Antes da coleta dos dados, realizamos a limpeza da serapilheira ao redor de cada *pitfall*, totalizando cinco pontos de coleta por área. A resistência do solo foi realizada a cada 2,5 cm, até a profundidade de 60 cm.

Para avaliação dos dados da paisagem, para nossas unidades amostrais foram registrados e processados no software ArcGIS 10.5. Ao redor da armadilha central de cada área amostrada foi delimitado um buffer de 2 km e toda a cobertura do uso da terra foi classificada. A classificação da cobertura do uso da terra foi realizada por meio do banco de dados do Projeto Anual de Uso e Mapeamento do Solo Brasileiro MapBiomias - Coleção 4.1, com coleção em escala 1:250.000 e a legenda RGB padronizada (SOUZA et al., 2020). A plataforma visa mapear o uso do solo no Brasil com base em satélites como Landsat (5-TM, 7-ETM + e 8-OLI). Ao todo foram utilizadas nove classes de uso da terra: formação florestal, formação savânica, formação campestre, outra formação natural não florestal, pastagem, cultura anual ou perene, cultura semi-perene, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, mineração e corpo hídrico (SOUZA et al., 2020).

### 3.3. Análise de dados

Para todas as análises a área foi considerada como réplica para evitar o efeito de pseudo-repetição espacial. Para verificar a eficiência amostral foram calculadas curvas de rarefação baseada no número de indivíduos capturados, com base na interpolação e extrapolação, junto com o intervalo de confiança de 95%, por meio do pacote do R “iNext”. A diferença do número de indivíduos, espécies e biomassa coletadas entre os diferentes sistemas de uso da terra, foram realizados por meio do teste de Kruskal-Wallis (KW), seguido do teste de Dunn *post hoc*, quando se detectava diferença entre sistemas. O teste *post hoc* foi realizado com o ajuste de correção de Bonferroni, com o pacote “*agricolae*” (DE-MENDIBURU, 2009) tendo como variável resposta a riqueza, biomassa e abundância e como variável determinante o sistema de uso da terra. Estas análises foram realizadas no Programa R 4.0.3. (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2021). Foi confeccionado um diagrama de Venn para indicar graficamente o número de espécies exclusivas e compartilhadas entre os diferentes sistemas.

Para visualizar a ordenação da composição da comunidade de besouros rola-bostas foi realizada uma Análise de Coordenadas Principais (PCO), baseada na matriz de similaridade utilizando o índice de Bray-Curtis. Os dados foram padronizados e transformados em raiz-quadrada. Utilizamos Análise de dispersões permutacionais (*permutational multivariate analysis of dispersion* - PERMDISP) para testar a heterogeneidade da dispersão multivariada entre os sistemas de uso da terra (ANDERSON et al., 2006). As diferenças na composição da comunidade entre os sistemas de uso da terra, foram analisadas por meio de Análise de variância permutacional (*permutational multivariate analysis of variance* - PERMANOVA) (ANDERSON, 2001). Essas análises foram realizadas com o programa PRIMER v6 PERMANOVA+ (CLARKE; GORLEY, 2006).

A distribuição de abundância foi realizada a fim de verificar a equitatividade das espécies de acordo com o sistema de uso da terra. Essas curvas ordenaram as espécies da mais abundante para a menos abundante. Os ranks foram construídos para os diferentes sistemas de uso da terra. Os dados foram transformados em  $(\log + 1)$ .

Para identificar espécies bioindicadoras de cada sistema de uso da terra foi utilizado a análise de espécie indicadora (*Indicator Species Analysis* – IndVal), que leva em consideração a ocorrência das espécies nas amostras dentro de cada sistema. Esta análise foi realizada com o programa PC-ORD 4.10 (MCCUNE; MEFFORD, 1999). As espécies foram categorizadas com valor de indicação (*indication value* - IV), sendo que acima de 70%

( $p < 0,05$ ) foram consideradas como indicadoras e as espécies com valores encontrados entre 45% a 70% ( $p < 0,05$ ) foram consideradas detectoras (DUFRENE; LEGENDRE, 1997; MCGEOCH et al., 2007).

A relação entre a composição da comunidade de besouros rola-bostas e as variáveis ambientais foram examinadas usando modelos lineares baseados na distância (*distance-based linear models* - DISTLM) (LEGENDRE; ANDERSON, 1999). Antes, foi realizado uma análise de correlação entre as variáveis, e as com R acima de 70 foram excluídas do modelo, a fim de evitar redundância. As variáveis utilizadas após a exclusão foram: dimensão fractal e densidade do sub-bosque, distância arbórea, área basal arbórea, densidade da vegetação, profundidade de serapilheira, umidade do solo, resistências nas profundidades de 2,5, 30 e 60 cm, quantidade de formação florestal, savânica e de campo, pastagem e outras coberturas. Utilizamos o procedimento de seleção step-wise e o  $R^2$  ajustado como critério de seleção. O DistLM foi ilustrado utilizando análise de redundância baseada na distância (*distance-based redundancy analysis* - dbRDA) (LEGENDRE; ANDERSON, 1999). Essas análises foram realizadas com o programa PRIMER v6 PERMANOVA+ (CLARKE; GORLEY, 2006). DistLM e dbRDA foram construídas com matriz de dissimilaridade baseada no índice de Bray-Curtis com os dados estandardizados e transformados em raiz quadrada, com 999 permutações. Essas análises foram realizadas com o auxílio do Programa Primer v.6 com PERMANOVA+ (ANDERSON et al., 2008).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Riqueza, abundância, biomassa e equitatividade

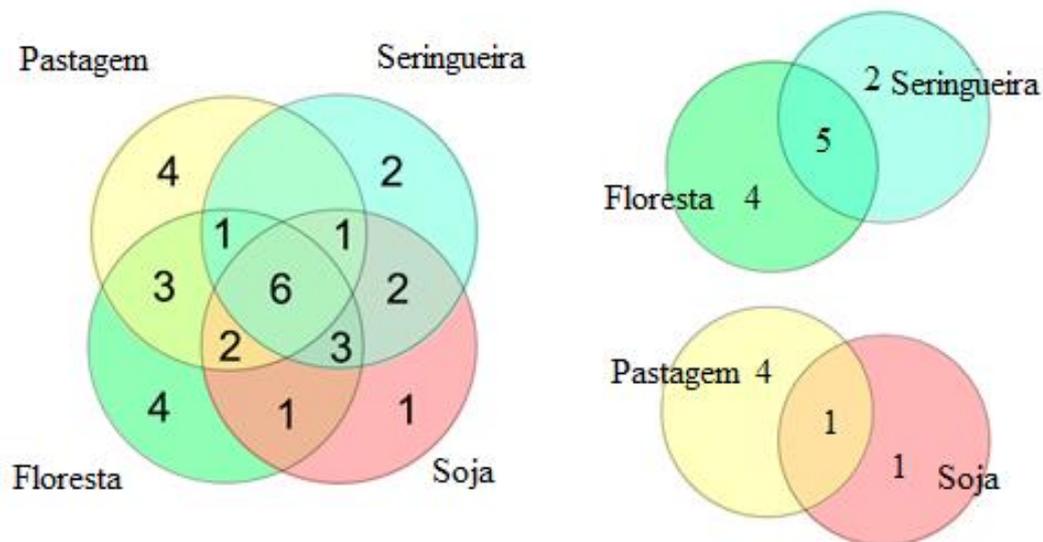
Coletamos 2294 indivíduos, distribuídos em 34 espécies, 18 gêneros e cinco tribos neotropicais, sendo 207 indivíduos de três espécies da tribo Ateuchini, 192 indivíduos de seis espécies da tribo Deltochilini, 1339 indivíduos de 15 espécies da tribo Coprini, 145 indivíduos de três espécies da tribo Onthophagini e 411 indivíduos de sete espécies da tribo Phanaeini. Houve ocorrência de 25 espécies para o sistema de floresta, 17 para a pastagem, 19 para a seringueira e 17 para a soja (Tabela 2).

**Tabela 2-** Número de indivíduos por espécie de besouros rola-bosta coletados em quatro sistemas de uso da terra em Frutal, Minas Gerais.

Tribo/Espécie	Sistema				Total
	Floresta	Seringueira	Pastagem	Soja	
<b>Ateuchini</b>					
<i>Agamopus viridis</i> (Boucomont, 1928)	-	-	15	-	15
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	-	1	101	73	184
<i>Ateuchus</i> sp. 1	-	-	2	1	3
<b>Coprini</b>					
<i>Canthidium refulgens</i> (Boucomont, 1928)	62	86	15	8	171
<i>Canthidium</i> sp. 1	3	3	-	-	6
<i>Canthidium</i> sp. 2	1	3	-	-	4
<i>Canthidium</i> sp. 3	6	26	11	-	43
<i>Canthidium</i> sp. 4	2	1	-	-	3
<i>Canthidium</i> sp. 5	14	5	-	63	82
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	2	-	6	4	12
<i>Dichotomius aff. carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	60	33	-	44	137
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold, 1869)	8	-	-	-	8
<i>Dichotomius nisus</i> (Oliver, 1789)	240	77	116	80	513
<i>Isocoprissus inhatatus</i> (German, 1824)	-	1	-	1	2
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	16	31	-	-	47
<i>Ontherus</i> sp. 1	26	13	11	18	68
<i>Ontherus</i> sp. 2	18	6	12	10	46
<i>Ontherus</i> sp. 3	21	12	-	-	33
<b>Deltochilini</b>					
<i>Anomiopus</i> sp. 1	3	-	-	-	3
<i>Canthon conformis</i> (Harold, 1868)	77	60	-	6	77
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1824)	4	-	-	4	8
<i>Canthon ornatus</i> (Redtenbacher, 1868)	-	-	6	-	6
<i>Deltochilum aff. guyanense</i> (Paulian, 1938)	1	-	-	-	1
<i>Pseudocanthon xanthurus</i> (Blanchard, 1846)	4	-	14	-	28
<b>Onthophagini</b>					

<i>Onthophagus buculus</i> (Mannerheim, 1829)	25	-	13	3	41
<i>Onthophagus hirculus</i> (Billberg, 1815)	87	-	-	-	87
<i>Onthophagus ptox</i> (Erichson, 1847)	-	14	-	1	15
<b>Phanaeini</b>					
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	17	2	-	-	19
<i>Coprophanaeus spitzzi</i> (Pessôa, 1935)	4	1	5	1	11
<i>Dendropaemon nitidicollis</i> (d'Olsoufieff, 1924)	-	-	1	-	1
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	1	-	1
<i>Gromphas inermis</i> (Harold, 1869)	-	-	-	2	2
<i>Phanaeus palaeno</i> (Blanchard & Brullé, 1845)	5	-	12	-	17
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre, 1886)	52	76	146	86	360
<b>Número de Espécies</b>	25	19	17	17	34
<b>Número de Indivíduos</b>	758	751	679	406	2294

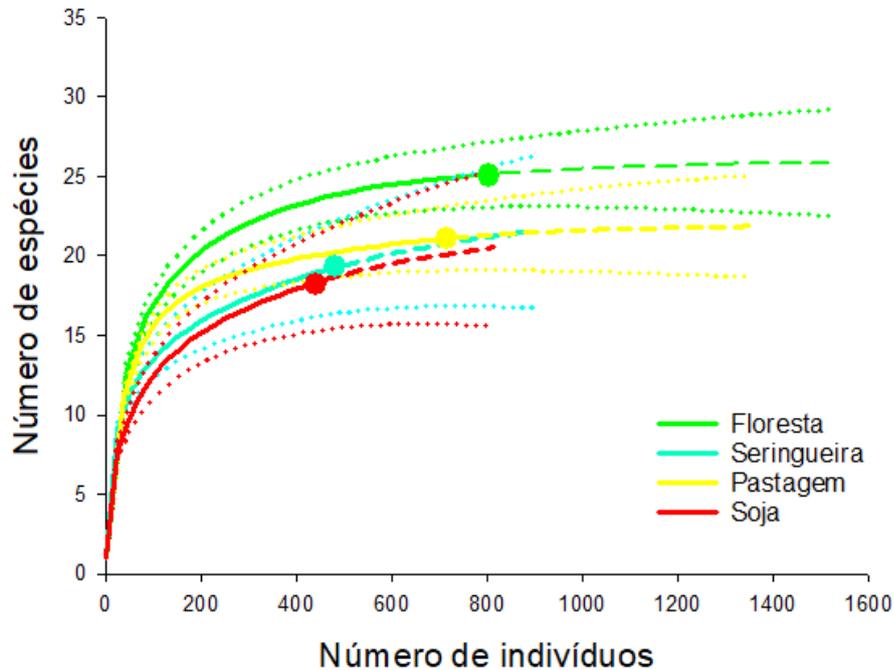
Do total de espécies coletada, 17,4% (seis espécies) foram compartilhadas em todos os SUTs, quatro espécies (11,76%) foram exclusivas da floresta e quatro espécies (11,76%) ocorreram somente na pastagem, a soja apresentou uma única espécie exclusiva e nenhuma espécie ocorreu exclusivamente no sistema de seringueira (Figura 3).



**Figura 1-** Diagrama de Venn indicando o compartilhamento de espécies em quatro sistemas de uso da terra, Frutal, Minas Gerais

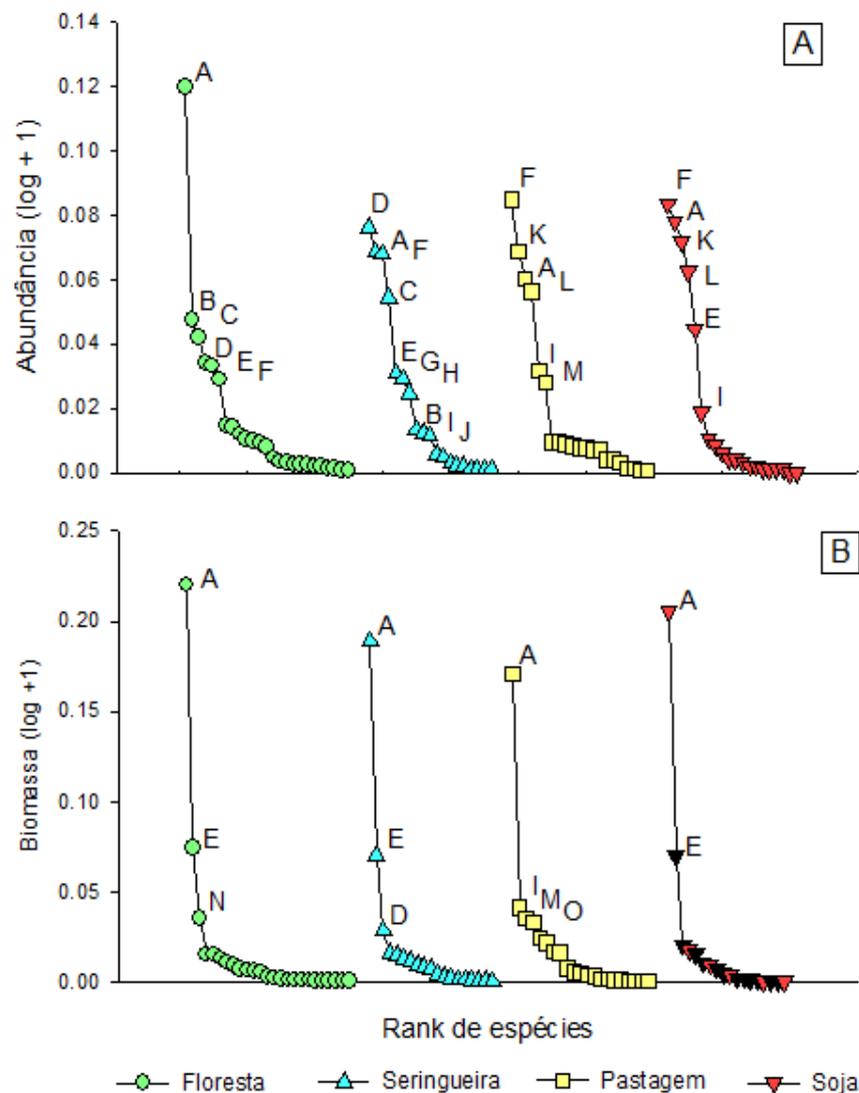
A curva de rarefação de espécies por interpolação e extrapolação, mostra que todas as áreas se aproximaram da assíntota, com tendência de estabilização da curva, mostrando

suficiência amostral (CHAO; JOST, 2012). A riqueza acumulada de espécies na floresta é superior aos outros sistemas de uso da terra (Figura 4).



**Figura 2-** Curva de rarefação baseada no número de indivíduos coletados, por interpolação (linha contínua) e extrapolação (linha tracejada) para quatro sistemas de uso da terra coletado em Frutal, MG. Linha pontilhada representa intervalo de confiança de 95%. Círculo fechado indica a riqueza observada em cada sistema.

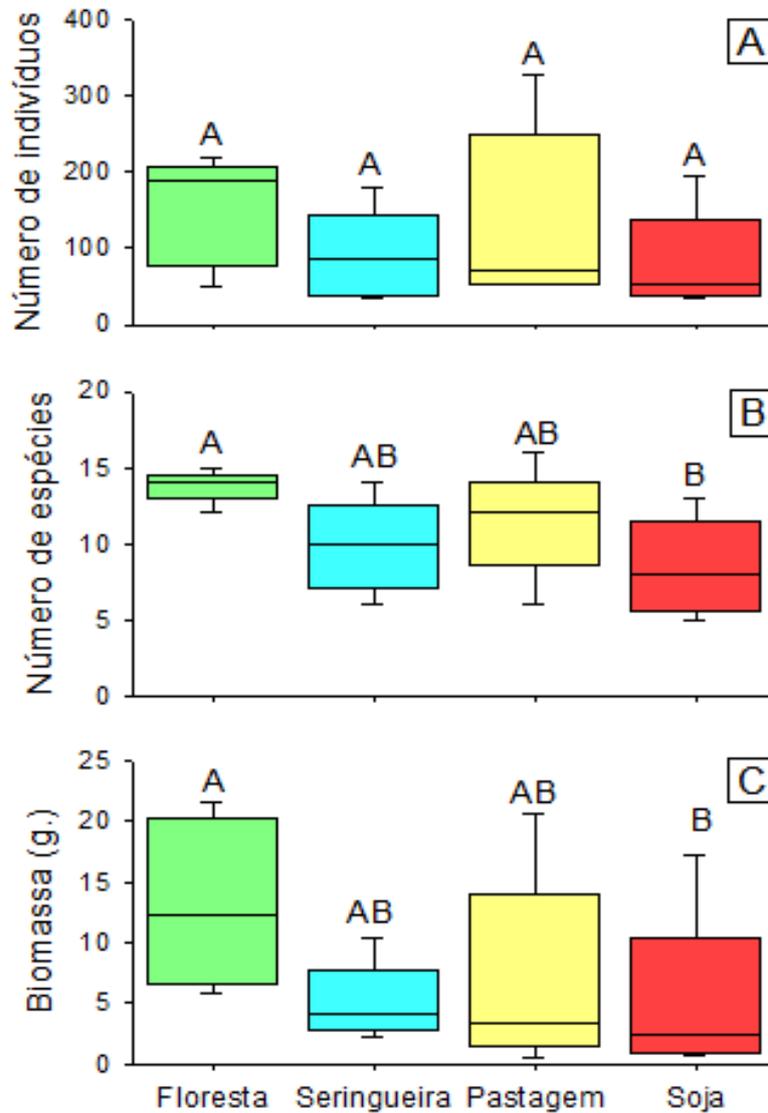
A espécie *Dichotomius nisus* (Hope, 1838) foi a espécie dominante em termos de abundância na floresta, sendo também incluída entre uma das três mais representativas nos outros sistemas de uso da terra (Figura 5A). A espécie *Canthidium refugens* (Boucomont, 1928) apresentou maior dominância no sistema de seringueira, enquanto *Trichillum externepunctatum* (Preudhomme de Borre, 1880), apresentou maior dominância nos sistemas de pastagem e soja (Figura 5A). Em relação à biomassa dos besouros rola-bosta, a espécie *D. nisus* apresentou a maior dominância em todos os sistemas (Figura 5B).



**Figura 3-** Ranking de A. espécies e B. biomassa de besouros Scarabaeinae em quatro sistemas de uso da terra, Frutal. Minas Gerais. A. *Dichotomius nisus*; B. *Onthophagus hirculus*; C. *Canthon conformis*; D. *Canthidium refugens*; E. *Dichotomius carbonarius*; F. *Trichilium externepunctantum*; G. *Ontherus appendiculatus*; H. *Canthidium* sp. 3; I. *Ontherus* sp. 1; J. *Ontherus* sp. 3; K. *Genieridium bidens*; L. *Canthidium* sp. 5; M. *Ontherus* sp. 2; N. *Coprophanaeus cyanescens*; O. *Coprophanaeus sptizi*.

O número de indivíduos não apresentou variação entre os sistemas de uso da terra estudados (Figura 6A, Kruskal-Wallis,  $X_{2(3)} = 3,4283$ ,  $p = 0,3302$ ), mas a riqueza de espécies (Figura 6B, Kruskal-Wallis,  $X_{2(3)} = 15,69$ ,  $p = 0,0003$ ) e biomassa (Figura 6C, Kruskal-Wallis,  $X_{2(3)} = 12,97$ ,  $p = 0,00473$ ) apresentaram diferenças entre os sistemas. A floresta possui maior riqueza em relação ao sistema de soja (Figura 6B, Kruskal-Wallis  $X_{2(3)} = 2,74$ ;  $p = 0,0365$ ), já a seringueira e o pasto, não possuem diferença significativa entre os SUTs. A biomassa dos besouros rola-bostas apresentou o mesmo padrão da riqueza de espécies, sendo

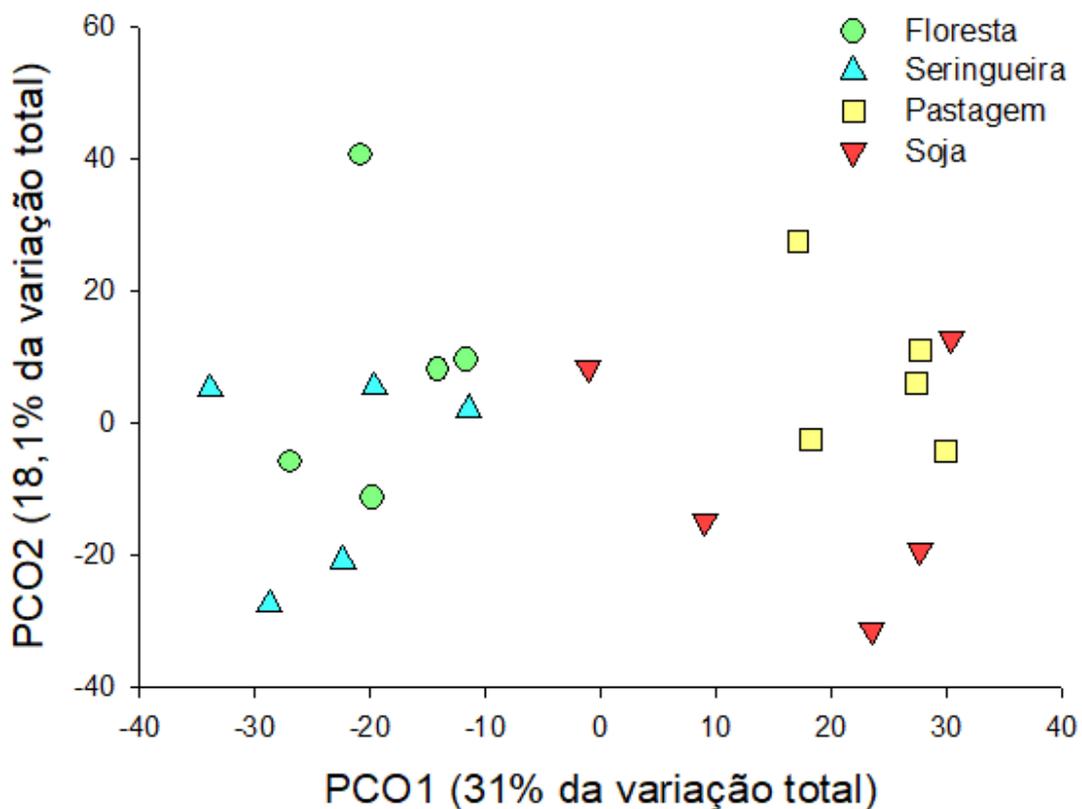
diferente somente entre a floresta da soja (Figura 6C, Kruskal-Wallis,  $X_{2(3)} = 3,54$ ;  $p = 0,00241$ ).



**Figura 4-** Representação em box-plot (mediana e quartis) de parâmetros da comunidade de besouros rola-bosta em diferentes sistemas de uso da terra, em Frutal, Minas Gerais. A. Abundância, B. Riqueza e C. Biomassa. Letras diferentes em cima das barras representam diferença estatística ( $p < 0,05$ , teste de Kruskal Wallis, seguido de teste de Dunn com correção de *Bonferroni*).

## 4.2 Composição da comunidade e bioindicação

A composição da comunidade de besouros rola-bosta apresentou diferença entre os sistemas de uso da terra (PERMANOVA, Pseudo-F = 2,8982;  $p = 0,002$ ). No teste pareado da PERMANOVA os dois sistemas abertos (soja e pastagem) não apresentaram diferença entre si, assim como os dois sistemas fechados (floresta e seringueira) (Figura 7; Tabela 3). Essas diferenças ocorrem devido à alteração na composição da comunidade de besouros rola-bosta, e isto é confirmado pelo teste de homogeneidade de variância multivariada dos pontos da nuvem de dados, que indica que a dispersão é homogênea (PERMDISP,  $F = 0,4278$ ,  $p = 0,83$ ; Tabela 3), portanto a diferença na comunidade é devido a variações na composição das comunidades entre os sistemas fechados e abertos.



**Figura 5-** Ordenação de componentes principais (PCO) dos sistemas de uso da terra escalados pela composição da comunidade de besouros rola-bosta em Frutal, Minas Gerais

**Tabela 2-** Resultados da análise PERMANOVA (comparação entre grupos) e PERMDISP (comparação na dispersão dos grupos) comparando pares dos sistemas de uso da terra escalados pela composição da comunidade de besouros rola-bosta em quatro sistemas de uso da terra em Frutal, Minas Gerais.

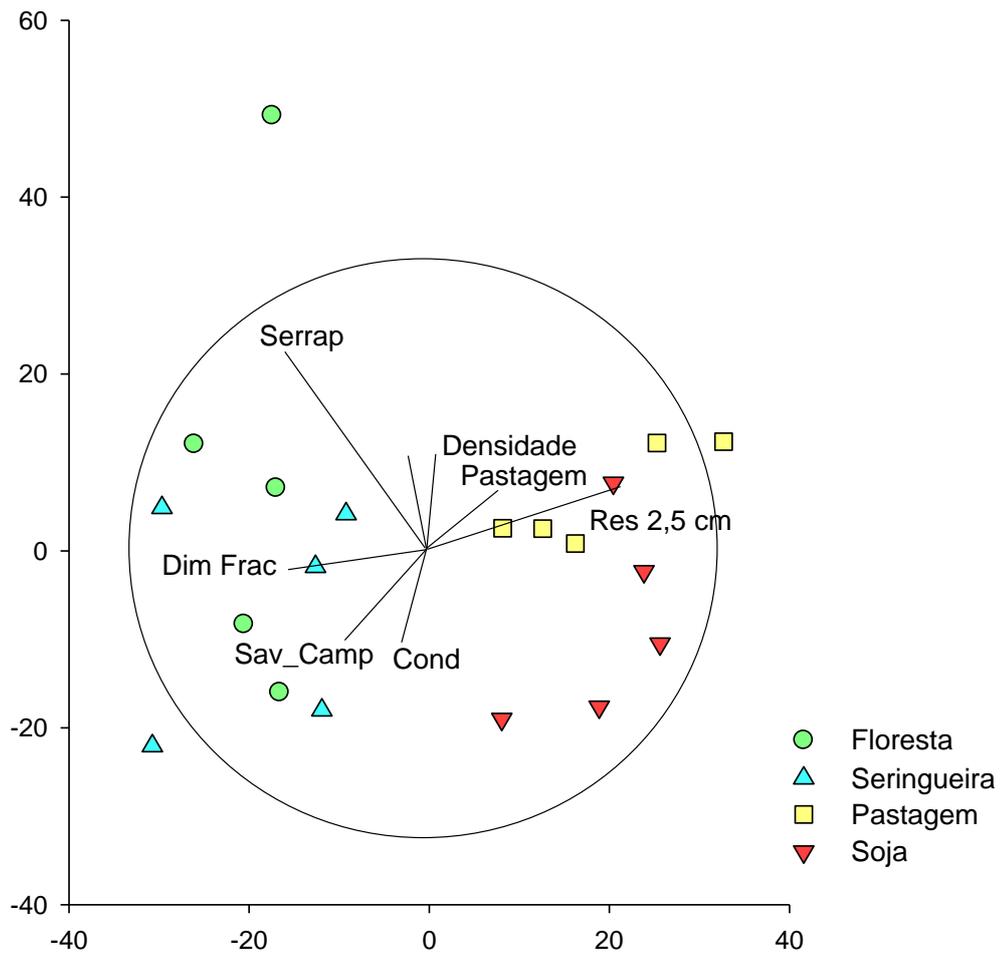
Grupo	PERMANOVA		PERMDISP	
	T	P (Perm.)	T	P (Perm.)
<b>Soja X Floresta</b>	1,7610	<b>0,007</b>	0,2970	0,888
<b>Soja X Pastagem</b>	1,0752	0,344	0,6901	0,600
<b>Soja X Seringueira</b>	1,8527	<b>0,011</b>	1,0940	0,282
<b>Floresta X Pastagem</b>	1,9018	<b>0,011</b>	0,7055	0,616
<b>Floresta X Seringueira</b>	0,9010	0,628	0,8459	0,619
<b>Pastagem X Seringueira</b>	2,3400	<b>0,005</b>	0,0255	0,984

\*Em destaque as diferenças significativas.

Em relação à espécies que potencialmente podem ser bioindicadoras ambientais, a espécie *Agamopus viridis* (Boucomont, 1928) apresentou valor de indicação de 60,0% ( $p = 0,0332$ ) e a espécie *Ontherus* sp. 3 foi detectado com valor de indicação com o valor de 50,9% ( $p = 0,0384$ ), ambas para o sistema de pastagem, às demais espécies não apresentaram valor significativo para nenhum SUTs. Ambos os IVs foram inferiores a 70%, indicando que as espécies se enquadram como detectoras ambientais de sistemas de pastagem.

### 4.3 Efeito das variáveis ambientais na composição da comunidade

O DistLM permitiu a identificação do melhor modelo preditivo com agrupamento de 8 variáveis ambientais (Tabela 3) para a composição da comunidade, sendo graficamente visualizado por meio da dbRDA (Figura 8). Os dois primeiros eixos da dbRDA indicam 69,5% da variabilidade no modelo ajustado, um total de 35,1% da variação total na nuvem de dados da comunidade de besouros rola-bosta. A sobreposição vetorial mostra que o primeiro eixo dbRDA é fortemente relacionado com a resistência do solo a 2,5 cm, enquanto a altura da serapilheira, densidade e área basal arbórea e resistência do solo a 2,5 cm de profundidade estão relacionados com o segundo eixo da dbRDA (Figura 8). Essas quatro variáveis foram significativas separadamente (teste marginal, Tabela 4) para explicar a composição da comunidade. No teste sequencial, o melhor modelo inclui oito variáveis (área basal, densidade da vegetação, dimensão fractal, formação savânica, pastagem, resistência do solo a 2.5 cm, serrapilheira, umidade do solo) que juntas explicam mais e 60% da variação (Tabela 4).



**Figura 6-** Ordenação de distance-based redundancy analysis (dbRDA) para investigar as relações entre a composição da comunidade de besouros rola-bosta em quatro sistemas de uso da terra e as variáveis ambientais. Dim Frac: dimensão fractal, Serrap: serapilheira, AB- Arbórea: área basal arbórea, Densidade: densidade arbórea, Cond: condutividade do solo, Res 2,5 cm: resistência do solo a 2,5 cm, pastagem, Sav\_Camp: formação savânica campestre.

**Tabela 3-** Resultado da análise de modelo linear baseado na distância (DistLM) testada para a relação entre as variáveis ambientais (dimensão fractal, densidade de sub-bosque, serapilheira, densidade de árvores, condutividade do solo, resistência do solo a 2,5 cm, 30 cm, 60 cm, formação florestal, formação de savana, pastagem, outros) e a composição da comunidade de besouros rola-bosta no teste marginal (variação explicada por uma única variável) e teste sequencial (variação explicada adicionando uma nova variável a cada vez para obter o critério de ajuste ideal) com base no critério de seleção ajuste  $R^2$  (valores de  $P$  significativo em negrito).

#### Teste Marginal

Variável	SS (Traço)	Pseudo-F	P	Prop.
<b>Dim Frac</b>	2767.5	1.64780	0,106	0.083866
<b>Den Sub bosque</b>	2440.8	1.43770	0.174	0.073964
<b>Serrap</b>	5337.2	3.47300	<b>0.001</b>	0.16174
<b>Densi-Arborea</b>	4160.5	2.59680	<b>0.01</b>	0.12608
<b>AB-Arborea</b>	3777.3	2.32670	<b>0.024</b>	0.11447
<b>Condut_mv</b>	1946,0	1.12800	0.335	0.05897
<b>R_2.5</b>	3648.1	2.23730	<b>0.033</b>	0.11055
<b>R_30</b>	1206.5	0.68308	0.728	0.036562
<b>R_60</b>	1903,0	1.10160	0.359	0.057668
<b>For Florestal</b>	1632.5	0.93683	0.522	0.049471
<b>For Sav_Cam</b>	1527.7	0.87373	0.585	0.046294
<b>Pasture</b>	2836.8	1.69290	0.099	0.085964
<b>Others</b>	1363.5	0.77581	0.614	0.041319

#### Teste sequencial

Variável	Adj R <sup>2</sup>	SS(traçó)	Pseudo-F	P	Prop.	Cumul.
+Serrap	0.115	5337.2	3.473	0.001	0.162	0.162
+R_2.5	0.165	3000.5	2.068	0.048	0.091	0.253
+Dim Frac	0.229	3226.5	2.408	0.018	0.098	0.350
+Pasture	0.274	2524.9	2.003	0.037	0.077	0.427
+Condut_mv	0.278	1354.0	1.080	0.366	0.041	0.468
+AB_Arborea	0.283	1358.3	1.090	0.359	0.041	0.509
+Densi_Arborea	0.295	1508.2	1.232	0.335	0.046	0.555
+For Sav_Cam	0.304	1399.2	1.158	0.351	0.042	0.597

## 5. DISCUSSÃO

Esse trabalho traz informações sobre a resposta da comunidade de besouros rola-bosta a intensificação do uso da terra em Frutal, Minas Gerais, região com alta intensidade agrícola (IBGE, 2020) e sem estudos prévios com essa temática. Os extremos dos sistemas (floresta e pastagem) apresentaram diferença na riqueza de espécies e na biomassa. A composição da comunidade de besouros rola-bosta apresentou dois grupos distintos, um formado pelos sistemas arbóreos (floresta e seringueira) e o outro formado pelos sistemas abertos (pastagem e soja). Nossos resultados demonstram que o sistema de soja é mais prejudicial para comunidade de besouros rola-bosta, pois diminuem parâmetros da comunidade quando comparados a floresta, porém fatores relacionados ao bioma que se insere se mostraram determinantes, permitindo uma distribuição de uma comunidade homogênea nos sistemas intermediários (pastagem e seringueira).

### 5.1 Riqueza, abundância, biomassa e equitatividade

As curvas de rarefação por interpolação e extrapolação de espécies (Figura 4), indicam a eficiência do método empregado para coleta e é possível observar que o esforço amostral foi satisfatório. As curvas se aproximaram da assíntota, com tendência de estabilização ao longo das coletas que vão sendo realizadas e a probabilidade de acréscimo de novas espécies se torna menos provável. Este dado é indicativo de suficiência amostral para as áreas analisadas com os métodos empregados (CHAO; JOST, 2012).

Esta alta suficiência amostral pode ser explicada pela utilização de armadilhas pitfall, iscadas com fezes humanas, que é a principal isca para captura de besouros rola-bosta nos ambientes neotropicais (FILGUEIRAS et al., 2009). Isto, provavelmente devido aos processos evolutivos, com o maior número de espécies fazendo uso destes recursos (HALFFTER; MATTHEWS, 1966, HANSKI, CAMBEFORT; 2016).

Esperava-se a diminuição da abundância, riqueza, biomassa e equitatividade, com o aumento da intensidade de uso da terra, assim como diferenciação da composição da comunidade entre todos os sistemas de uso da terra, a partir de um gradiente crescente de intensidade de uso da terra, sendo o sistema com a menor intensidade de uso a floresta, seguido pela seringueira, pastagem e a de maior intensidade de uso a soja (pela ampla utilização de implementos agrícolas e de agroquímicos). No entanto, a riqueza e a biomassa

de espécies apresentaram diferenças somente entre o sistema floresta e soja, ambos extremos do gradiente estudado (Figura 6).

A fragmentação, degradação e a substituição de sistemas naturais por sistemas intensivos e extensivos de uso da terra alteram consistentemente a abundância (SÁNCHEZ-DE-JESÚS et al., 2016), riqueza (NICHOLS et al. 2007; HERNÁNDEZ et al., 2014; GÓMEZ-CIFUENTES et al., 2017) e biomassa de besouros rola-bosta (GARDNER et al., 2008; SHAHABUDDIN et al., 2010), essas alterações podem estar associadas com a perda de cobertura florestal e de seus componentes animais e vegetais (NICHOLS et al., 2007; GÓMEZ-CIFUENTES et al., 2017). No nosso estudo, o sistema nativo é originalmente aberto, o Cerrado. Esse bioma possui fitofisionomias que apresentam espécies adaptadas a essas áreas nativas, naturalmente com menor cobertura do dossel, quando comparado com as espécies que são de áreas nativas florestais, como o Bioma Amazônia e Mata Atlântica. Isto pode ter influenciado a não diferenciação da riqueza, biomassa e abundância entre os sistemas fechados e abertos, como floresta primária, seringueira e pastagem. No entanto, a agricultura formada pela soja, apresentou grande alteração da riqueza e biomassa, indicando que é um sistema que alterou a estrutura da comunidade, quando comparada com áreas nativas para a comunidade de besouros escarabeíneos.

A composição da comunidade é um dos parâmetros mais sensíveis para detectar impactos ambientais, incluindo mudança de uso da terra, para vários grupos animais (LO-MAN-HUNG et al., 2008; RIBAS et al., 2012; KORASAKI et al., 2013). No nosso estudo, houve formação de dois agrupamentos da composição da comunidade dos besouros rola-bosta (Figura 7), um composto por sistemas abertos (soja e pastagem) e outro composto por sistemas fechados (floresta e seringueira), indicando que a cobertura florestal é um fator importante para a composição da comunidade. Segundo Nichols (2007) as áreas destinadas as atividades humanas tem a tendência de diminuir a abundância de algumas espécies de áreas fechadas para áreas abertas.

O padrão de dominância de abundância e biomassa foi em grande parte semelhante em todos os sistemas de uso da terra. A espécie *Dichotomius nesus* (Hope, 1838) foi a espécie mais dominante em termos de abundância na floresta, sendo representada como uma das principais também, nos outros sistemas (Figura 5A-B).

O ranking de abundância demonstrou que a espécie *Dichotomius nesus* tem dominância no sistema florestal (Figura 5A), mas é espécie amplamente distribuída em todos os SUT avaliados. A espécie *Canthidium refugens* apresentou maior dominância de indivíduos no sistema de seringueira, enquanto *Trichillum externepunctatum*, apresentou alta

abundância no sistema de pastagem e soja (Figura 5A). Neste estudo, o gênero apresentou seis representantes, sendo que *C. refulgens* foi dominante no sistema de seringueira (Figura 5A). Em relação a biomassa dos besouros escarabeíneos, o padrão de equitatividade foi semelhante, com a dominância representada pela espécie *D. nisus* em todos os sistemas de uso da terra (Figura 5A).

Houve uma ampla ocorrência do gênero *Dichotomius* (Hope 1838), representadas pelas espécies *D. nisus* e *D. bos*, *D. aff. carbonarius* e *D. glaucus*, essas espécies possuem as maiores biomassas dentre os Scarabaeinae, com 170 espécies válidas (NUNES; VAZ-DE-MELLO, 2013), sendo representativas em áreas de campos e outros sistemas abertos (NUNES; VAZ-DE-MELLO, 2013). As espécies *D. nisus* e *D. bos* são espécies frequentes nas pastagens do Brasil (e. g. MARCHIORI, 2003; RODRIGUES et al., 2010; TISSIANI; VAZ-DE-MELLO, 2014), porém a abundância de *D. bos* no presente trabalho foi baixa em relação às demais espécies do gênero *Dichotomius* e, especialmente quando comparado com outros trabalhos do Cerrado brasileiro, em que encontram essa espécie como uma das mais representativas em abundância e biomassa (e.g. MERRITT; ANDERSON, 1977; MARCHIORI, 2003; RODRIGUES et al., 2010; TISSIANI; VAZ-DE-MELLO 2014; CORREA; PURKER; ABOT, 2020). As espécies *D. bos*, *D. nisus*, e *O. appendiculatus* ocorrem amplamente nos ambientes de pastagem (TISSIANI et al., 2017), sua importância nesses sistemas é reconhecida pelo amplo incremento de biomassa, distribuição e o papel na incorporação de esterco no solo (TISSIANI et al., 2017).

A espécie *Genieridium bidens* (Balthasar, 1938) é comumente capturada em pastagens nas áreas de Cerrado. Diversas outras espécies desse gênero são capturadas em formações campestres naturais, e demais fitofisionomias do Bioma Cerrado, de forma geral com a presença de vegetação nativa (VAZ-DE-MELLO, 2008) (Figura 5), neste estudo houve a ocorrência de uma única espécie.

*Trichillum externepunctatum* trata-se de uma espécie de pequeno porte (3 mm), que tem papel fundamental na desestruturação do esterco bovino, pois nidificam e alimentam diretamente no interior dos excrementos (TISSIANI; VAZ-DE-MELLO, 2014). Isso ocorre principalmente no ambiente de pastagens, em que a desestruturação e remoção de excrementos é significativa (TISSIANI; VAZ-DE-MELLO, 2014) devido a grande quantidade produzida pelos bovinos. É mais encontrada em fitofisionomias não florestais e até mesmo em ambientes antropizados (VAZ-DE-MELLO, 2008). Neste trabalho verificamos sua ampla ocorrência em todos os SUTs, onde suas populações foram abundantes

## 5.2 Parâmetros ambientais, composição da comunidade e bioindicação

As variáveis ambientais exercem papel fundamental na determinação da composição da comunidade, uma vez que a presença/ausência de espécies dependem destes fatores (DAVIS et al., 2001; VULINEC, 2002; RICKLEFS; RELYEA, 2017). Os recursos alimentares em escalas espaciais e temporais têm um importante papel nesta definição, porém a estrutura da vegetação é também apontada como importante fator da estruturação da comunidade (MEDINA; ESCOBAR; KATTAN, 2002). Assim, a verificação de como, quanto e quais fatores têm influência sobre a estruturação das comunidades possibilita a compreensão das relações de medidas de diversidade biológica e os diversos fatores ambientais (RICKLEFS; RELYEA, 2017). Neste estudo verificamos a formação de um agrupamento da comunidade de áreas abertas e outro de áreas fechadas.

Os dados das variáveis ambientais locais e da paisagem reforçam a formação desses grupos, possivelmente isso faz com que haja respostas dos besouros a alteração de habitats e alimento disponível (VERDÚ; GALANTE, 2004), assim como condições ambientais macro e microclimáticas (RIGHI et al., 2018). A ação humana, na maioria dos casos, tende a transformar os sistemas fechados em abertos pela supressão da vegetação nativa e intensificação do uso da terra para monocultivos agrícolas, essas atividades têm causado declínios na diversidade de mamíferos (VIEIRA et al., 2009) as quais os besouros rola-bosta se associam por meio do uso de suas fezes. Portanto, em geral, há maior sucesso dos besouros rola-bosta em colonizar regiões de áreas florestadas, onde a cobertura ofertada pelo material vegetal é mais densa, garantindo um maior sombreamento e retenção de umidade e temperatura (RIGHI et al., 2018), quando comparadas às áreas abertas (SILVA, 2012).

Assim, as semelhanças observadas entre os diferentes sistemas de uso da terra estudados se devem principalmente ao bioma Cerrado, bioma onde foi realizado nosso estudo. Nas pastagens utilizadas para pecuária há maior abundância de esterco, porém advém unicamente de um único mamífero, além de que o gado causa compactação do solo, que pode ter efeitos negativos sobre a comunidade de besouros (ALMEIDA et al. 2011; GRIES et al., 2011; FARIAS et al., 2015). Assim, era esperado um decréscimo nos parâmetros da comunidade, com o aumento da intensidade de uso da terra, o que não foi observado para todos os parâmetros. Este bioma evoluiu há milhões de anos como sistema nativo aberto, com amplas áreas planas de savanas (KLINK; MACHADO, 2005), portanto apresenta espécies adaptadas a áreas nativas abertas que conseguem colonizar ambientes exóticos também abertos. No entanto, apesar dessa semelhança estrutural dos sistemas, essa mudança

aparentemente sútil, afeta a comunidade de besouros escarabeíneos (ALMEIDA et al., 2011; MACEDO et al., 2020).

A conversão do Cerrado em outros sistemas de uso da terra altera drasticamente a paisagem, o que afeta a estrutura e a complexidade da vegetação (MACEDO et al., 2020). Apesar dos besouros rola-bosta colonizarem ambientes modificados, a vegetação natural comumente apresenta maior variedade de recursos e habitats para sobrevivência (MARTELLO et al., 2016). Porém, neste bioma há indicações de que os parâmetros da vegetação são mais importantes do que os recursos alimentares disponíveis para os besouros rola-bosta (MACEDO et al. 2020). De fato, há vários estudos que indicam o importante papel da vegetação como preditor da abundância e riqueza destes besouros (NICHOLS et al., 2007; GÓMEZ-CIFUENTES et al., 2017; COSTA et al., 2017; MACEDO et al., 2020). Além disso, as espécies presentes deste bioma podem apresentar persistência, se houver tempo suficiente e o habitat possuir semelhança estrutural com a matriz original (COSTA et al., 2017), inclusive sistemas exóticos (ALMEIDA et al., 2011).

As espécies de besouros rola-bosta presentes nas fitofisionomias campestres podem ser numérica e qualitativamente diferentes entre campos nativos e exóticos (ALMEIDA et al., 2011), do mesmo modo é possível que ocorra para os monocultivos de soja deste estudo. Além disso, há uma certa tendência de que besouros com tamanho corporal maiores sejam extintos mais frequentemente durante o processo das mudanças de SUTs (GARDNER et al., 2008), porém essa tendência não é universal (LARSEN; LOPERA; FORSYTH, 2005), quando observadas, há uma relação com a mudança de parâmetros abióticos dos ambientes como o aumento da temperatura, este parece ser o principal fator para a substituição de besouros de maior porte pelos de menores (GARDNER et al., 2008). Dessa forma, pode explicar a variação de biomassa e de espécies entre as SUTs floresta e a soja. No entanto, apresentaram-se diferentes em relação ao número de indivíduos, possivelmente por meio de uma compensação funcional. Hipoteticamente o parâmetro de biomassa devia apresentar intensas diferenças entre os SUTs, uma vez que há variação deste fator atrelado aos demais componentes analisados nestes sistemas, como a disponibilidade de recursos, mudanças na estrutura dos solos, da vegetação e intensidade do uso da terra (NICHOLS et al., 2007; VERDÚ; GALANTE, 2004).

As diferenças encontradas na comparação entre a comunidade de besouros rola-bosta no sistema de floresta e soja podem ser atribuídas ainda à intensidade de uso da terra. O cultivo tradicional da soja apresenta ampla necessidade de aplicação de insumos para sua manutenção (ARTUZO et al., 2018), intensificado o uso da terra, principalmente nos diversos

monocultivos da região que alternam os ciclos de produção (cana-de-açúcar e soja). Logo, a conversão de áreas de floresta nativa em áreas de plantio de soja faz com que haja maiores taxas de perda de espécies e de biomassa de besouros rola-bosta, porém não há perda de número de indivíduos (Figura 6). Além disso, as mudanças de sistema de uso da terra levam a formação de mosaicos causando a formação de fragmentos de tamanhos diferentes que coabitam com áreas usadas para outros SUTs com maior intensificação da ação humana (ALEIXO, 1999).

A comunidade relacionada as áreas naturais de florestas do cerrado em geral apresentam um *pool* de espécies que permite a ocupação de áreas abertas e fechadas, dadas a heterogeneidade de habitats presentes neste bioma (CORREA *et al.*, 2019). Segundo Oliveira (2019) a modificação de SUTs neste ambiente pode levar a ampliação de ocorrência de espécies em detrimento de outras.

Porém, os sistemas de produção florestais, como a silvicultura, podem apresentar um efeito positivo sobre a comunidade de besouros rola-bostas (RIGHI *et al.*, 2018), quando comparados a outros sistemas como os monocultivos agrícolas, neste caso a soja. As áreas destinadas a produção agrícola tendem a afastar grande parte dos mamíferos que promovem recursos para os besouros rola-bosta (REYNOLDS *et al.* 2018), diminuindo a abundância e diversidade da mastofauna, e impactando a estrutura da comunidade dos rola-bosta (NICHOLS, 2008, NICHOLS, 2009). Assim, o aumento da variedade de habitats pode ser considerado um importante fator para a manutenção da diversidade de espécies de rola-bosta e a manutenção crítica dos serviços ecossistêmicos fornecidos (NICHOLS *et al.*, 2008; BRAGA *et al.*, 2013; REYNOLDS *et al.*, 2018).

Em relação às espécies com potencial de bioindicação, o gênero *Deltochilum* representado neste estudo por *D. aff. guyanense* (Paulian, 1938) é uma ocorrência relevante, pois este gênero é sensível à ação antrópica sobre o meio (BARRETTO *et al.*, 2019). Sua ocorrência foi limitada a um único indivíduo no ambiente de floresta. Dados da literatura sugerem que sua ocorrência está relacionada a ambientes menos perturbados e com incremento constante de matéria orgânica (POMPEO *et al.*, 2016). Isso levanta novas hipóteses, como a possíveis alterações na qualidade ambiental das florestas na localidade de estudo, corroborado por meio de baixa ocorrência do gênero *Canthon* sendo limitada a três espécies, que também é um indicador de boa qualidade ambiental (BOGONI; HERNÁNDEZ, 2014; BARRETTO *et al.*, 2019). Além disso *A. viridis* e *Ontherus* sp. 3 foram identificados com IV para os sistemas de pastagem, sendo consideradas espécies detectoras deste sistema. Para ambas espécies foi identificada uma relação com o tempo de exposição de recursos

fecais, ou seja; aparentemente há uma predileção por locais onde há abundância e deposição frequentes de recursos (MARCHIORI, 2003), como pode ser observada nas pastagens utilizadas pela pecuária.

## 6. CONCLUSÕES

A composição da comunidade de besouros rola-bosta apresentou separação entre os sistemas abertos (soja e pastagem) e fechados (floresta nativa e silvicultura) como esperado, além disso houve diferenciação entre os sistemas nos extremos do gradiente de uso da terra (floresta x soja) quanto a riqueza e biomassa. A composição da comunidade foi um parâmetro com maior sensibilidade do que os parâmetros da comunidade (riqueza, abundância, equitatividade e biomassa). A partir das variáveis ambientais locais e também da paisagem do bioma em que se insere as áreas deste estudo, verifica-se que no bioma Cerrado, com vegetação originalmente aberta, o uso da terra de pastagens e sistemas florestais plantados podem ter impacto menor na comunidade do que sistemas mais intensos de uso, como monocultivos de soja, que mostraram impacto sobre a comunidade de besouros escarabeíneos quando comparados a floresta.

O uso de besouros rola-bosta como detectores de condições ambientais neste estudo foi eficiente. O que pode indicar que a cobertura florestal é um parâmetro importante para a separação da composição das comunidades que ocorrem nos SUTs abertos e fechados. A densidade e área basal arbórea são um indicativo da cobertura florestal, sendo que esta influência direta ou indiretamente a quantidade de serapilheira no solo, que foram significativos, influenciando a composição da comunidade de besouros rola-bostas. A resistência do solo a 2,5 cm também influenciou a composição da comunidade, assim como a quantidade de áreas de pastagens na paisagem, indicando que tanto fatores locais, quanto da paisagem são importantes para a comunidade de rola-bostas. Nossos dados corroboram com outras pesquisas que indicam que as variáveis ambientais influenciam a comunidade (REYNOLDS et al. 2018; FARIAS et al., 2017). Além disso, neste estudo foi possível verificar a importância de outros sistemas de uso da terra, além dos naturais, para abrigar espécies de besouros rola-bostas.

## REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A. Effects of a selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic Forest. **The Condor**, [s. l.], v. 101, 537-548. 1999.
- ALMEIDA, S. P.; LOUZADA, J.; SPERBER, C.; BARLOW, J. Subtle land-use change and tropical biodiversity: dung beetle communities in Cerrado grasslands and exotic pastures. **Biotropica**, [s. l.], v. 43, p. 704-710, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2014.
- ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 683-776, 2006.
- ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods, PRIMER-E, Plymouth, UK, 2008. 214p.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.
- BARRETTO, J. W.; CULTID-MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F. Annual abundance and population structure of two dung beetle species in a human-modified landscape. **Insects**, [s. l.], v. 10, n. 2. 2019.
- BITENCOURT, B. S.; Forest Complexity Drives Dung Beetle Assemblages along an Edge-interior Gradient in the Southwest Amazon Rainforest". **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 259-68. 2020.
- 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**, [s. l.], v. 14, n. 299, 2014
- BRAGA, R. F.; KORASAKI, V.; AUDINO, L. D.; LOUZADA, J. Are Dung Beetles Driving Dung-Fly Abundance in Traditional Agricultural Areas in the Amazon? **Ecosystems**, [s. l.], v. 15, p. 1173-1181, 2012.
- BRAGA, R. F.; KORASAKI, V.; ANDRESEN, E.; LOUZADA, J. Dung Beetle Community and Functions along a Habitat-Disturbance Gradient in the Amazon: A Rapid Assessment of Ecological Functions Associated to Biodiversity. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 2, e57786, 2013.
- CAJAIBA, R. L.; SILVA, W. B. Abundância e Diversidade de Coleópteros de Solo em Fragmentos de Capoeira ao Entorno da Zona Urbana do Município de Uruará-PA, Brasil. **EntomoBrasilis**, Formosa, v. 8, p. 30-37. 2015.
- CHAO, A.; JOST, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, [s. l.], v. 93, n. 12, p. 2533-2547, 2012.

- CLARKE, K. R.; GORLEY, R.N. **Primer v6 Permanova+**, Primer-E Ltd., Plymouth, Reino Unido. 2006.
- CORREA, C. M. A.; BRAGA, R. F.; PUKER, A.; ABOT, A. R.; KORASAKI, V. Optimizing Methods for Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Sampling in Brazilian Pastures. **Environmental Entomology**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 48-54, 2018.
- CORREA, C. M., BRAGA, R. F., PUKER, A.; KORASAKI, V. Patterns of taxonomic and functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 89-99, 2019.
- CORREA, C. M. A.; PUKER, A.; ABOT, A. R. Impacts of Exotic Pasture Establishment on Dung Beetle Assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the Brazilian Cerrado. **Environmental Entomology**, [s. l.], v. 49, n. 6, p. 1335–1344, 2020.
- COSTA, C.; OLIVEIRA, V. H. F.; MACIEL, R.; BEIROZ, W.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J. Variegated tropical landscapes conserve diverse dung beetle communities. **PeerJ**, [s. l.], v. 5, e3125. 2017.
- DAVIES-COLLEY, R. J.; PAYNE, G. W.; ELSWIJK, M. V. Microclimate gradients across a forest edge. **New Zealand Journal of Ecology**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 111-121, 2000.
- DAVIS, A.; HOLLOWAY, J.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A.; SUTTON, S. Dung beetles as indicators of change in the forests of Northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 593-616, 2001.
- DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ C. H. Dung beetle conservation biogeography in southern Africa: current challenges and potential effects of climatic change. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 29, p. 667-693, 2020.
- DE-MENDIBURU, F., *Agricultae: Statistical Procedures for Agricultural Research*, R package, version 1.1-8. 2009.
- DESROCHERS, A, FORTIN, M. J. Understanding avian responses to forest boundaries: a case study with chickadee winter flocks. **Oikos**, [s. l.], v. 91, p. 376- 384, 2000
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. **Ecological Monographs**, [s. l.], v. 67, p. 345:366, 1997
- ELLIS, E.; PONTIUS, R. Land-use and land-cover change. In C. J. Cleveland (Ed.), *Encyclopedia of earth*. Washington, D.C. 2007.
- FARIAS, P. M.; ARELLANO, L.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; LÓPEZ, S. O.; Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **Journal of Insect Conservation**, [s. l.], v. 19, p. 947-960, 2015

- FARIAS, P. M.; HERNÁNDEZ, I. M. Dung Beetles Associated with Agroecosystems of Southern Brazil: Relationship with Soil Properties. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 41, 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 Forest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia**, Goiás, v. 53, n. 3, p. 422-427, 2009.
- FILGUEIRAS, B. K. C.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; VAZ-DE-MELLO, F.; IANNUZZI, L. Dung beetle persistence in human-modified landscapes: combining species indicators with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 55, p. 65– 73, 2015.
- GARDNER, T. A.; HERNANDEZ, M. I. M.; BARLOW, J. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 883-893, 2008.
- GÓMEZ-CIFUENTES, A.; MUNEVAR, A.; GIMENEZ, V. C. GATTI, M. G.; ZURITA, G. A. Influence of land use on the taxonomic and functional diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic Forest of Argentina. **Journal of Insect Conservation**, [s. l.], v. 21, p. 147–156, 2017.
- GRECCHI, R. C.; GWYN, Q. H. J.; BÉNIÉ, G. B.; FORMAGGIO, A. R.; FAHL, F. C. Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion. **Applied Geography**, [s. l.], v. 55, p. 300–312. 2014.
- GRIES, R.; LOUZADA, J.; ALMEIDA, S.; MACEDO, R.; BARLOW, J. Evaluating the impacts and conservation value of exotic and native tree afforestation in Cerrado grasslands using dung beetles. **Insect Conservation and Diversity**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 175-185, 2011.
- GRIFFITHS, H. M., R. D.; BARDGETT, J.; LOUZADA, J. N. C.; BARLOW, J. The value of trophic interactions for ecosystem function: dung beetle communities influence seed burial and seed-ling recruitment in tropical forests. **Proceedings of the Royal Society B**, Londres, v. 283, 20161634. 2016.
- HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D-X.; TOWSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, [s. l.], v. 1, e1500052. 2015.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**, [s. l.], v.12, n. 312. 1966.
- HANSKI, I.; CAMBEFORTI, Y. **Dung Beetle Ecology**. New Jersey – EUA, Princeton University Press. 2016. 514 p.

HERNÁNDEZ, M. I. M.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Goiás, v. 153, p. 607–613, 2009.

HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARRETO, P. S. C. S.; COSTA, V. H.; CREA-DUARTE, J.; FAVILA, M. E. Response of a dung beetle assemblage along a reforestation gradient in Restinga forest. **Journal of Insect Conservation**, [s. l.], v. 18: p. 539–546, 2014.

HIJBEEK, R.; KOEDAM, N.; KHAN, M. N. I.; KAIRO, J. G.; SCHOUKENS, J. An Evaluation of Plotless Sampling Using Vegetation Simulations and Field Data from a Mangrove Forest. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 6: e67201. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE: Cidades. Frutal. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>>. Acesso em 15 de outubro de 2020.

KIM, D.; SEXTON, J. O.; TOWNSHEND, J. R. Accelerated deforestation in the humid tropics from the 1990s to the 2000s. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 42, p. 3495–3501, 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B.; A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [s. l.], v. 1, p. 147–155, 2005.

KORASAKI, V.; BRAGA, R. F.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F. M. S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LOUZADA, J. Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 22, p. 1485-1499, 2013.

LARSEN, T. H.; LOPERA, A.; FORSYTH, A. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. **Biotropica**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 322-325, 2005.

LEGENDRE, P.; ANDERSON, M. J. Distance-based Redundancy Analysis: Testing multi-species responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological Monographs**. [s. l.], v.69, p. 1–24. 1999.

LO-MAN-HUNG, N. F.; GARDNER, T. A.; RIBEIRO-JÚNIOR, M. A.; BARLOW, J.; BONALDO, A. B. The value of primary, secondary, and plantation forests for Neotropical epigeic arachnids. **The Journal of Arachnology**, [s. l.], v. 36, n. 2, P. 394-401, 2008.

LIU, J.; WILSON, MAXWELL, HU, G.; LIU, J.; WU, J.; YU, M. How does habitat fragmentation affect the biodiversity and ecosystem functioning relationship? **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 341-352, 2018.

MACEDO, R.; AUDINO, L. D.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J. Conversion of Cerrado savannas into exotic pastures: The relative importance of vegetation and food resources for dung beetle assemblages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v 288, 2020.

MARCHIORI, C. H. Insects (Arthropoda: Insecta) collected on bovine feces after different times of field exposure in Itumbiara, Goiás, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 377-380. 2003.

- MARTELLO, F.; ANDRIONLLI, F.; SOUZA, T. B.; DODONOV, P.; RIBEIRO, M. C. Edge and land use effects on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Brazilian cerrado vegetation. **Journal of insect conservation**, [s. l.], v. 20, n. 6, p. 957-970. 2016.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. 1999.
- MCGEOCH, M. A. Insects and bioindication: theory and progress. In: Stewart, A. J. A.; New, T. R.; Lewis, O. T. (eds), *Insect conservation biology*, Proceedings of the Royal entomological Society's 23rd Symposium, CABI, Oxford shire, pp. 255-174. 2007.
- MEDINA, C.; ESCOBAR, F.; KATTAN, H. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. **Biotropica**, [s. l.], v. 34, p. 181-187, 2002
- MERRITT, R. W.; ANDERSON, J. R. The effects of different pasture and rangeland ecosystems on the annual dynamics of insects in cattle droppings. **Hilgardia**, Oakland, v. 45, n. 2, p. 31-71, 1977.
- MITCHELL, K. Quantitative analysis by the point-centered quarter method. Geneva: Departament of Mathematics and Computer Science. arXiv. 2007, Preprint arXiv:1010.3303, Disponível em: < <http://arxiv.org/pdf/1010.3303.pdf>. > Acesso em: 23 maio de 2020.
- NELLEMANN, C.; MACDEVETTE, M.; MANDERS, T.; EICKHOUT, B.; SVIHUS, B.; PRINS, A. G.; et al. The environmental food crisis e the environment's role in averting future food crises. In A UNEP rapid response assessment. Arendal: United Nations Environment Programme, GRID. 2009.
- 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 meta-analysis. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 137, n. 1, p. 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**, [s. l.], v. 141, p. 1461–1474, 2008.
- NICHOLS, E.; GARDNER, T. A.; PERES, C. A.; SPECTOR, S. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. **Oikos**, [s. l.], v. 118, p. 481–487, 2009
- NICHOLS, E. S.; GARDNER, T. A. Dung beetles as a candidate study taxon in applied biodiversity conservation research, p. 267–291 in L. W. Simmons and T. J. Ridsdill-Smith, eds. *Ecology and evolution of dung beetles*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, U.K. 2011.
- NOBIS, M. SideLook 1.1 - Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. Software. 2005. Disponível em: <http://www.appleco.ch>. Acesso em 01 de agosto de 2019.

- NUNES, R. V.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. New brachypterous species of *Dichotomius* Hope, with taxonomic notes in the subgenus *Luederwaldtinia* Martínez (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Zootaxa**, Auckland, v. 3609, n. 4, p. 411-420. 2013.
- OLIVEIRA, Y. F. Efeitos da Antropização de Áreas de Cerrado nos Serviços Ecológicos e na Diversidade de Besouros Coprófagos. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Ecologia. Universidade de Brasília. 2019. 62 p.
- PARMAR, T. K.; RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: The Natural Indicator of Environmental Pollution. **Frontiers in Life Science**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 110–18, 2016.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA-FILHO, L. C. I.; KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. (2016) Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Scientia Agricola**, [s. l.], 17:16-28. 2016
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: < <http://www.R-project.org/> >. Acesso em 14 de outubro de 2020.
- REDDING, T. E.; HOPE, G. D.; FORTIN, M. J.; SCHMIDT, M. G.; BAILEY, W. G. Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. **Canadian Journal of Soil Science**, [s. l.], v. 83, p. 121-130, 2003.
- REYNOLDS, C.; FLETCHER-JR, R. J.; CARNEIRO, C. M.; JENNINGS, N.; KE, A.; LASCALEIA, M. C.; LUKHELE, M. B.; MAMBA, M. L.; SIBIYA, M. D.; AUSTIN, J. D.; MAGAGULA, C. N.; MAHLABA, T.; MONADJEM, A.; WISELY, S. M.; MCCLEERY, R. A. Inconsistent effects of landscape heterogeneity and land-use on animal diversity in an agricultural mosaic: a multi-scale and multi-taxon investigation. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 33, p. 241-255, 2018.
- RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in Environmental Monitoring Programs. **Psyche**, [s. l.], v. 2012, n. edição especial., 23 p. 2012.
- RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2017.
- RIGHI, C. A.; RODRÍGUEZ, C. S.; FERREIRA, E. N. L.; GODOY, W. A. C.; COGNATO, A. I. Microclimatic conditions for dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) occurrence: Land Use System as a determining factor. **Environmental Entomology**, [s. l.], v. 47, n. 6, p. 1420–143, 2018.
- RODRIGUES, S. R.; BARROS, A. T. M.; PUKER, A.; TAIRA, T. L. Diversidade de besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilha de interceptação de voo no Pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, p. 123-127. 2010.

SHAHABUDDIN, P. H.; MANUWOTO, S.; NOERDJITO, W. A.; TSCHARNTKE, T.; SCHULZE, C. H. Diversity and body size of dung beetles attracted to different dung types along a tropical land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. **Journal of Tropical Ecology**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 53-65, 2010.

SALOMÃO, R. P.; ALVARADO, F.; BAENA-DÍAZ, F.; FAVILA, M. E.; IANNUZZI, L.; LIBERAL, C. N.; SANTOS, B. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; GONZÁLEZ-TOKAM, D. Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 103, p. 665–675, 2019.

SÁNCHEZ-DE-JESÚS, H.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; ANDRESEN, E.; ESCOBAR, F. Forest loss and matrix composition are the major drivers shaping dung beetle assemblages in a fragmented rainforest. **Landscape Ecology**, [s. l.], v. 31, p. 843–854, 2016

SCHLEYER, C.; LUX, A.; MEHRING, M.; GORG, C. Ecosystem Services as a Boundary Concept: Arguments from Social Ecology. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 7, 1107, 2017

SILVA, P. G. AUDINO, L. D.; NOGUEIRA, J. M.; MORAES, L. P. VAZ-DE-MELLO, F. Z. Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de uma área de campo nativo no bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 246-253, 2012.

SILVA, P. G.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Spatial variation of dung beetle assemblages associated with forest structure in remnants of southern Brazilian Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Entomologia**, Goiás, v. 60, p. 73-81, 2016.

SILVA, P. G.; LOBO, J. M.; HENSEN, M. C.; VAZ-DE-MELLO, F. V.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Turnover and nestedness in subtropical dung beetle assemblages along an elevational gradient. **Biodiversity Research**, [s. l.], p. 1–14, 2018.

SILVA, J. L.; SILVA, R. J.; FERNANDES, I. M.; SOUSA, W. O.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Species composition and community structure of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) compared among savanna and forest formations in the southwestern Brazilian Cerrado. **Zoologia**, [s. l.], v. 37, e58960. 2020.

SOUZA, C.M., JR.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; DE OLIVEIRA, S.W.; ROCHA, W.F.; FONSECA, A.V.; MARQUES, C.B.; DINIZ, C.G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, n. 17, 2735. 2020.

TISSIANI, A. S. O.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Variabilidade climática e meteorológica na distribuição de scarabaeinae coprófagos. Tese. Programa De Pós-Graduação Em Agricultura Tropical. Universidade Federal de Mato Grosso Faculdade De Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. 2014. 100p.

TISSIANI, A. S. O.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; CAMPELO-JUNIOR, J. H. Besouros rola-bostas das pastagens brasileiras e chave para identificação dos gêneros (Coleoptera: Scarabaeidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 52, n. 6, p. 401-418, 2017.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Sistemática, Morfologia e Fisiologia: Scarabaeidae s.str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) de um fragmento de floresta amazônica no Estado do Acre, Brasil. 1. Taxocenose. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, Goiás, v. 28, p. 447-453, 1999.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. Synopsis of the new subtribe Scatimina (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini), with descriptions of twelve new genera and review of *Generidium*, new genus. **Zootaxa**, Auckland, v. 1955, p. 1-75, 2008.

VIEIRA, M. V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A. C.; ANTUNES, V. Z.; BERNARDO, L. R.; GRELLE, C. E. V.; CERQUEIRA, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 142, p. 1191-1200, 2009.

VERDÚ, J. R.; GALANTE, E. Behavioural and morphological adaptations for a low quality resource in semi arid environments: dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) associated with the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.). **Journal of Natural History**, [s. l.], v. 38: p. 705–715. 2004.

VULINEC, K. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 297-309. 2002.