



**UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**

**Aspectos ecológicos e morfométricos de Cetoniidae  
(Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de  
Cerrado do Brasil Central**

**Juliane Evangelista Neto**

Brasília  
02/2022



**UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**

**Aspectos ecológicos e morfométricos de Cetoniidae  
(Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de  
Cerrado do Brasil Central**

**Juliane Evangelista Neto**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Zoologia.

Orientadora: Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

Brasília  
02/2022

Aspectos ecológicos e morfométricos de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em  
diferentes fitofisionomias de Cerrado do Brasil Central

Juliane Evangelista Neto

Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia,  
Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Zoologia.

Aprovada por

Marina Regina Frizzas Presidente – UnB (PPG ZOO)

Rosana Tidon– UnB (PPG ECL)

Alexandre Specht – Embrapa Cerrados

Paschoal Coelho Grossi – UFRPE

Pedro Henrique Brum Togni Suplente – UnB (PPG ZOO)

Brasília

02/2022

## **AGRADECIMENTOS**

Á minha família, aos meus pais Douglas e Sônia, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Ao meu irmão Thiago e minha cunhada Rayane sempre presentes e me apoiando.

Ao Marcus, meu namorado, por todo o auxílio em campo, por constante incentivo e apoio nas horas difíceis e proporcionar momentos de leveza e tranquilidade.

A minha terapeuta Dalete, por colocar a minha cabeça mais próxima ao eixo possível.

Á Professora Dra. Marina Regina Frizzas pela oportunidade para o desenvolvimento deste estudo e orientação por tantos anos.

Ao Dr. Charles Oliveira (Embrapa Cerrados), Dr. Raul Laumann (Embrapa Cenargen), Dra. M<sup>a</sup>. Carolina Blassioli (Embrapa Cenargen) e a Dra. Júlia Klaczko (Departamento de Ciências Fisiológicas - UnB) por auxiliarem no desenvolvimento metodológico e estatístico dos artigos.

Ao Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT, Cuiabá) por auxiliar com as identificações dos Cetoniidae.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Biologia e Ecologia de Coleoptera, em especial Isabela Silva Oliveira, Maycon Vinícius Laia de Aquino, Túlio Martins Campo, Thales de Castro Silva que me auxiliaram nas inúmeras idas ao campo e fizeram companhia durante toda essa jornada.

Á todos os funcionários das unidades de conservação Fazenda Água Limpa (FAL), Parque Nacional de Brasília (PNB) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) que de alguma forma me auxiliaram na instalação dos experimentos em campo.

Á Universidade de Brasília, ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF).

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela licença concedida para as coletas.

Ao auxílio de campo PROAP (UnB), editais 01/2019 e 08/2019 PPG/ZOO, por apoio financeiro que auxiliou esta pesquisa de doutorado.

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

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	11
Cetoniidae: Distribuição, biologia e ecologia.....	11
Coleta do grupo e relação com frutas fermentadas.....	14
Morfometria como ferramenta para análise de variações morfológicas.....	14
Cerrado.....	15
Referências bibliográficas.....	17
CAPÍTULO 1. Diferentes tipos de isca afetam a estimativa da diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado brasileiro.....	25
Resumo.....	26
Introdução.....	27
Material e métodos.....	29
Área de estudo.....	29
Avaliação da atratividade de iscas baseado no uso de frutas e caldo de cana.....	30
Experimento 1: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente.....	32
Experimento 2: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente ou em conjunto.....	33
Identificação dos Cetoniidae.....	33
Perfis químicos de voláteis produzidos pelas iscas.....	33
Análise de dados.....	35
Resultados.....	35
Avaliação da atratividade de iscas baseado no uso de frutas e caldo de cana.....	35
Experimento 1: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente.....	36
Experimento 2: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente ou em conjunto.....	36
Perfis químicos de voláteis produzidos pelas iscas.....	40
Discussão.....	49
Referências bibliográficas.....	54

CAPÍTULO 2. Formações vegetais mais abertas (campestres e savânicas) suportam uma maior diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado.....	60
Resumo.....	62
Introdução.....	62
Material e métodos .....	64
Área de estudo.....	64
Coleta de inseto.....	65
Identificação dos Cetoniidae .....	66
Análise de dados.....	66
Resultados.....	68
Discussão.....	69
Referências bibliográficas .....	75
CAPÍTULO 3. Variações morfológicas das asas membranosas de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de Cerrado.....	92
Resumo.....	93
Introdução.....	93
Material e métodos.....	96
Coleta de asas membranosas.....	96
Escolha das espécies e número amostral.....	98
Escolha e inserção dos marcos anatômicos.....	98
Análise de dados.....	99
Resultados.....	100
Discussão.....	106
Referências bibliográficas.....	108

## RESUMO

Aspectos ecológicos e morfométricos de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de Cerrado do Brasil Central

Juliane Evangelista Neto

Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

Resumo da Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Zoologia.

A família Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) é um grupo diverso, conhecido como besouros de flores e frutos, com cerca de 4.000 espécies, 300 das quais ocorrem no continente Americano. No Brasil são relatadas 84 espécies e 30 gêneros. A maioria dos Cetoniidae adultos apresenta hábitos alimentares diurnos, alimentando-se de néctar, pólen, exsudados de plantas e frutos maduros. A coleta normalmente envolve o uso de armadilhas iscadas com diferentes frutas que podem ou não estar em processo de fermentação. O bioma Cerrado apresenta elevada riqueza com 28% das espécies e 36,4% dos gêneros conhecidos no país. As fitofisionomias do Cerrado possuem diferentes densidades arbóreas, com variações na disponibilidade de recursos alimentares e microclimas, podendo afetar a diversidade, sazonalidade, atratividade e as características morfológicas das asas membranosas de Cetoniidae. A tese foi dividida em três capítulos. O primeiro investiga a eficiência de diferentes tipos de frutas utilizadas como isca e a influência do uso de aditivo para a aceleração do processo de fermentação dos frutos (caldo de cana) na estimativa da diversidade de Cetoniidae em condições de campo no Cerrado brasileiro, e determinar o perfil químico dos compostos voláteis presentes nas iscas utilizadas. A banana, o abacaxi e a manga fermentados com caldo de cana se mostraram as frutas mais adequadas e atrativas para os Cetoniidae, com relação à abundâncias e riqueza do grupo. A cagaita foi a isca menos adequada quanto a atratividade de adultos. Verificamos ainda que não ocorre interferência do caldo de cana comparado a fruta fermentada naturalmente quanto a atratividade, abundância e riqueza. O segundo capítulo visou avaliar a diversidade e sazonalidade desse grupo em diferentes fitofisionomias do Cerrado. Nossos resultados confirmam que as fitofisionomias mais abertas (campo sujo e cerrado *sensu stricto*) suportam as maiores diversidades de Cetoniidae quando

comparadas com áreas de formação florestal (mata de galeria). O terceiro capítulo avaliou a variação morfológica da forma das asas membranosas de Cetoniidae, analisando e descrevendo a variação para espécies e gêneros; e analisar a relação dessa variação morfológica com as diferentes fitofisionomias do Cerrado, por meio da descrição da forma da asa membranosa de espécies de ampla distribuição no Cerrado. De acordo com nossos resultados verificamos que existe diferença na forma das asas membranosas entre as espécies de Cetoniidae que ocorrem no Cerrado, gerando um agrupamento entre os gêneros. Essa diferença fica ainda mais evidente com a retirada da espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal).

Palavras-chave: Cetoniinae, armadilha iscada, semioquímicos, formações vegetais, morfometria geométrica, protocolo de amostragem.

Brasília

02/2022

## ABSTRACT

Ecological and morphometric aspects of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) in different phytophysiognomies of Cerrado in Central Brazil

Juliane Evangelista Neto

Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

*Abstract* da Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Zoologia.

The Cetoniidae (Insecta: Coleoptera), known as flower and fruit beetles, with about 4,000 species, 300 of which occur in the Americas. In Brazil, 84 species and 30 genera are reported. Most adult Cetoniidae have diurnal feeding habits, feeding on nectar, pollen, plant exudates and ripe fruits. Many species are easily collected using traps baited with different fruits that may or may not be in the fermentation process. The Cerrado biome presents the highest richness with 28% of the species and 36.4% of the genera known in the country. The Cerrado phytophysiognomies have different tree densities, with variations in the availability of food resources and microclimates, which may affect the diversity, seasonality, attractiveness and morphological characteristics of the membranous wings of Cetoniidae. The thesis is divided into three chapters. The first chapter investigates the efficiency of different types of fruit used as bait and the influence of the use of additives to accelerate the process of fruit fermentation (sugarcane juice) on the estimation of Cetoniidae diversity under field conditions in the Brazilian Cerrado, and to determine the chemical profile of the volatile compounds present in the baits used. Banana, pineapple and mango fermented with sugarcane juice proved to be the most suitable and attractive fruits for the Cetoniidae, regarding the highest abundances and richness of the group. Cagaita was the least suitable bait for attracting Cetoniidae adults. We verified that there is no interference of sugarcane juice compared to naturally fermented fruit regarding the attractiveness, abundance and richness of the group. The second chapter aimed to evaluate the diversity and seasonality of this group in different Cerrado physiognomic forms. Our results confirm that the more open physiognomies (campo sujo and cerrado *sensu stricto*) support the highest diversity of Cetoniidae when compared to forested areas (gallery forest). The third chapter evaluated the morphological variation of the shape of the hind wings of Cetoniidae, analyzing and describing the variation for species and

genera; and to analyze the relationship of the morphological variation of the hind wings with the different Cerrado physiognomies, through the description of the shape of species with wide distribution in the Cerrado. According to our results we found that there is a difference in the shape of the hind wings among species of Cetoniidae that occur in the Cerrado, generating a group among genera. This difference becomes even more evident with the removal of the species *Inca bonplandi* (Gyllenhal).

Key words: Cetoniinae, baited trap, semiochemicals, vegetation formations, geometric morphometrics, sampling protocol.

Brasília

02/2022

## INTRODUÇÃO GERAL

### Cetoniidae: Distribuição, biologia e ecologia

A família Cetoniidae é um grupo diverso, conhecidos como besouros de flores e frutos, com cerca de 4.000 espécies, 300 das quais ocorrem no continente Americano (Krikken, 1984; Orozco, 2012). No Brasil são relatadas 84 espécies e 30 gêneros (Rodrigues et al., 2022), representados por espécies coloridas com brilho metálico, texturas aveludadas e traços coloridos que geram padrões (Fig. 1). São besouros de porte médio a grande, com tamanhos variando de 0,5 a 15 cm de comprimento (Kumbhar et al., 2012; Morón et al., 2014).

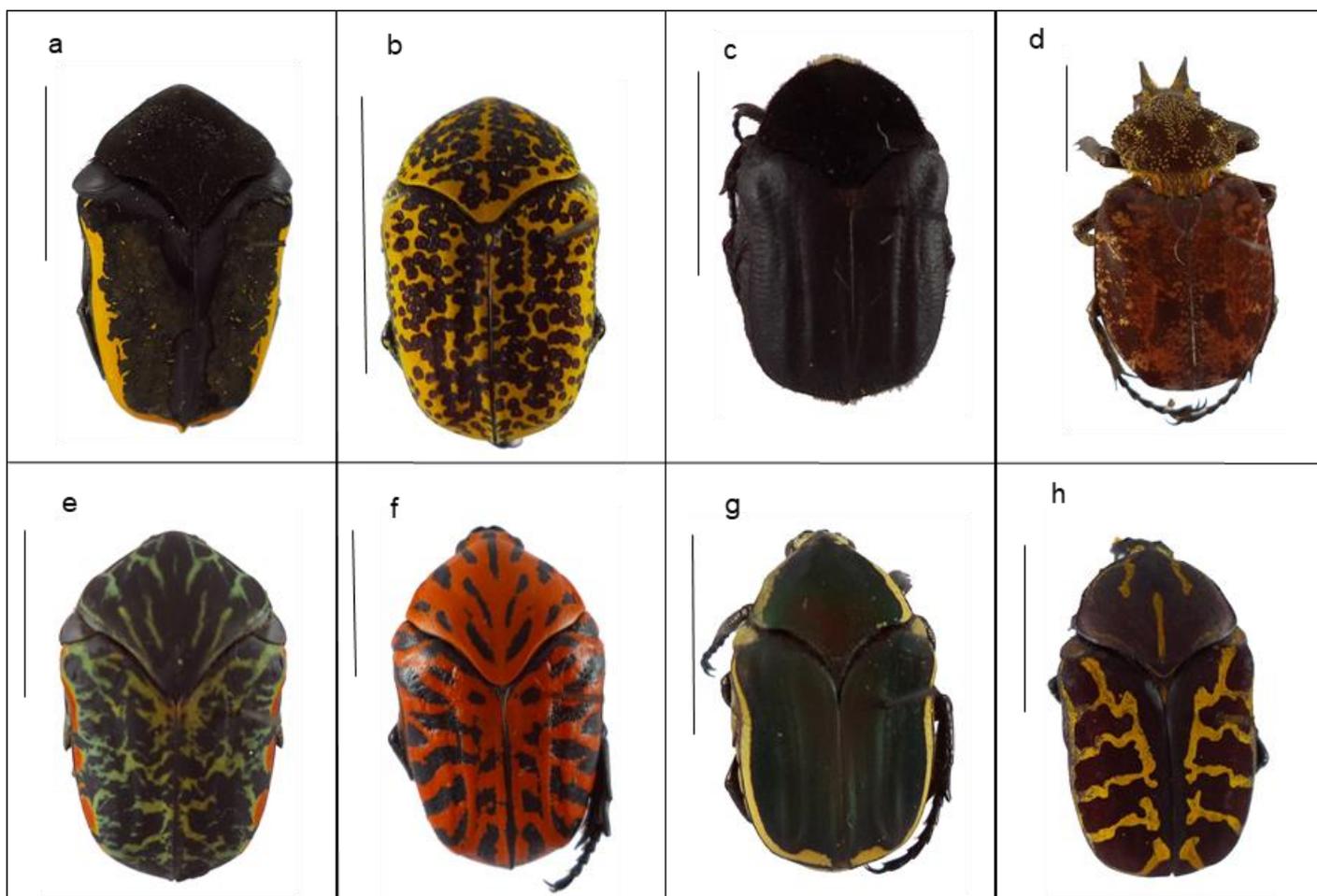


Fig. 1. Espécies de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) (a) *Gymnetis flava* (Weber); (b) *Hoplopyga miliaris* (Gory & Percheron); (c) *Hoplopygothrix atropurpurea* (Schaum); (d) *Inca bonplandi* (Gyllenhal); (e) *Gymnetis rufilatrís* (Illiger); (f) *Gymnetis hieroglyphica* Vigors; (g) *Allorrhina cincta* (Gory & Percheron); (h) *Hologymnetis undulata* (Vigors). Barra lateral: 10,0 mm.

A história da classificação dos Coleoptera Scarabaeoidea é longa e complexa. Muitas propostas têm sido apresentadas para organizar seus integrantes com base na sua morfologia, hábitos e análises filogenéticas. Portanto, a filogenia do grupo ainda é controversa. McKeena et al., (2014) propõem que Scarabaeoidea é uma superfamília monofilética, bem como a família Scarabaeidae, que engloba um clado possivelmente monofilético de hábito alimentar fitófago, composto pelas subfamílias Allidiostomatinae, Cetoniinae, Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae. Estes resultados são contrários aos encontrados por Cherman & Morón (2014), que elevam Cetoniinae e Melolonthinae ao status de família, devido principalmente às suas características morfológicas. De acordo com Cherman & Morón (2014) Cetoniinae deve ser elevada a família por conter características próprias, que os delimitam, como clipeo cobrindo labro e mandíbulas, seis esternitos abdominais visíveis, antenas formadas por 10 segmentos cujas inserções são visíveis de cima e uma acentuada emarginação pós-umeral que possibilita um voo rápido e sonoro com os élitros fechados. Esta tese segue a divisão proposta por Cherman & Morón (2014) e, portanto, o grupo será tratado como família.

A acentuada emarginação pós-umeral possibilita aos Cetoniidae um voo rápido e sonoro com os élitros fechados (Le Gall, 2010; Cherman & Morón, 2014), permitindo voarem por longas distâncias. O voo com os élitros fechados gera alta eficiência aerodinâmica (Kojima & Kato, 2017), pode reduzir a perda de água durante o voo diurno e promove um voo rápido que traz o benefício de se esquivar de predadores (Chown et al., 2011; Šípek et al., 2016), desta forma o voo está associado a vida diurna que depende da capacidade para usufruir de recursos alimentares distribuídos de forma dispersa e imprevisível, representados principalmente por florações desiguais de árvores frutíferas (Šípek et al., 2016). As subfamílias Trichiinae e Valginae não apresentam uma emarginação pós-umeral visível de cima, desta forma eles voam com os élitros abertos, diferente dos demais Cetoniidae (Krikken, 1984; Ratcliffe, 2002).

A maioria dos Cetoniidae adultos apresenta hábitos alimentares diurnos, alimentando-se de néctar, pólen, exsudados de plantas e frutos maduros (Ritcher, 1958; Krikken, 1984), sendo muito atraídos por frutos fermentados, como banana e abacaxi (Evangelista Neto et al., 2017). Em muitas partes do mundo, adultos de algumas espécies são relatados como pragas agrícolas,

principalmente de hortícolas e plantas ornamentais (Molina, 2001; Vuts et al., 2008; 2010; Aydin, 2011; Subchev et al., 2011, outras como polinizadores (Singer & Cocucci, 1997; Micó & Galante, 1998; Peter & Johnson, 2009). Adultos de *Chiloloba orientalis* (Gory & Percheron) foram relatados se alimentando de inflorescência de milho, sorgo e pastagens sendo que a emergência dos adultos coincide com o período de florescimento das plantas hospedeiras (Kumbhar et al., 2012). *Euphoria lurida* (Fabricius) causa danos em plantas de milho na fase reprodutiva (Cunha et al., 2007). Na África do Sul as espécies *Atrichelaphinis tigrina* (Olivier) e *Cyrtothyrea marginalis* (Swartz) são polinizadores especializados em três espécies da família Apocynaceae (Shuttleworth & Johnson, 2009).

A biologia de Cetoniidae é bastante variável, algumas espécies completam o ciclo em poucos meses (Micó & Galante, 2003; Kumbhar et al., 2012), enquanto outras requerem quase um ano (Garcia et al., 2013) ou mais. Os ciclos anuais parecem ser mais comuns nas espécies que ocorrem em ambientes temperados ou quentes, mas com umidade mais constante, e os ciclos bianuais, menos comuns, para as espécies associadas a ambientes temperados ou quentes, mas com umidade marcadamente estacional (Morón, 2020). As larvas podem ser encontradas no solo, em compostos orgânicos (Pejaver & Gujarathi, 2013), bolos fecais secos, troncos de árvores em decomposição (Orozco & Pardo-Locarno, 2004), no tecido de Bromeliaceae (Krell et al., 2002) e em associação com ninhos de formigas e cupins (Krikken, 1984; Puker et al., 2012; 2014; Alves-Oliveira et al., 2016).

Estudos com Cetoniidae realizados no Brasil abordaram principalmente descrições de estágios imaturos (Vanin & Costa, 1984; Micó et al., 2000; 2001; Rodrigues et al., 2016; Sousa et al., 2018), algumas revisões e descrições de adultos (Ratcliffe & Deloya, 1992; Ratcliffe & Micó, 2001; Ratcliffe, 2005; 2010; Orozco, 2012; Valois & Silva, 2015) e caracterização da diversidade de espécies nos principais biomas brasileiros p. ex.: Mata Atlântica com uma riqueza de 10 espécies (Gonçalves & Louzada, 2005; Puker et al., 2014; Correa et al., 2020), Amazônia com 16 espécies (Valois & Silva, 2015; Alves-Oliveira et al., 2016; Puker et al., 2020a; Puker et al., 2020b), Cerrado com 21 espécies (Rodrigues et al., 2013; Evangelista Neto et al., 2017; Correa et al., 2018) e na transição Cerrado - Pantanal com três espécies (Garcia et al., 2013).

## **Coleta do grupo e relação com frutas fermentadas**

Trabalhos de coleta de Cetoniidae, normalmente utilizam armadilhas iscadas com diferentes frutos como abacaxi, banana e manga que podem ou não estar em processo de fermentação. A fermentação, em geral, é acelerada pela adição de caldo de cana, porém existem metodologias que utilizam cerveja ou vinho (Haddad, 2003; Pacheco et al., 2006; Fierros-López, 2008; Orozco, 2012; Rodrigues et al., 2013; Touroult & Le Gall, 2013). As frutas durante seu processo de amadurecimento e fermentação liberam voláteis em concentrações distintas, além disso também possuem teores de açúcares bastante variados.

O entendimento de quais frutas são mais atrativas aos Cetoniidae e qual o papel dos voláteis existentes nessas frutas e no processo de fermentação pode proporcionar a padronização das metodologias de coletas, possibilitando avaliar a diversidade do grupo, comparar estudos em biomas e locais distintos e tornar a coleta menos dispendiosa e mais eficiente, principalmente quando não há informações suficientes da diversidade da família nos diferentes locais e biomas brasileiros.

## **Morfometria como ferramenta para análise de variações morfológicas**

A morfometria é o estudo estatístico das variações na forma e no tamanho, resultando no estudo quantitativo da forma (Monteiro & Reis, 1999). É delineada pela composição de marcos anatômicos, que se resume a tamanho e conformação, que são medidas extraídas das estruturas que serão estudadas (Richtsmeier et al., 2002). O tamanho retrata as propriedades em relação as grandezas e dimensões e a ordenação configura as propriedades geométricas dos marcos anatômicos que são invariáveis para mudanças de escala, rotação e translação (Slice et al., 2016).

A morfometria geométrica apresenta a geometria das formas estudadas, identificando as áreas onde ocorrem as mudanças e, construindo graficamente as mudanças na forma (Monteiro & Reis, 1999; Moraes, 2003). Assim, pode se dizer que a morfometria estuda como forma e tamanho se relacionam, que são medidas associadas as questões evolutivas, ecológicas e fisiológicas (Moraes, 2003). Deste modo, a morfometria geométrica transforma a variação da forma

em estatística, auxilia nas resoluções taxonômicas e hipóteses da relação estrutura-função (Adams et al., 2013).

A morfometria é utilizada como ferramenta de análise em diversas ordens de inseto: aparelho reprodutor de Phasmatodea (Myers et al., 2017); dimorfismo sexual e de asa em Hemiptera (Paris et al., 2016; Hernández et al., 2018); tamanho de corpo, morfologia da asa, edeago e dimorfismo sexual em Diptera (Fartyal et al., 2017), principalmente em drosofilídeos (Costa et al., 2015; Mateus et al., 2013; Andrade et al., 2009). Estudos realizados na superfamília Scarabaeoidea abordaram descrição de espécie da família Glaresidae (Bai et al., 2014); para a família Melolonthidae: a taxonomia do gênero *Ceramida* (SanMartín & Martín-Piera, 1999) e a análise comparativa de genitália da espécie *Phyllophaga hirticula* (Knoch) (Polihronakis, 2006).

A asa membranosa já foi objeto de estudo para compreender a evolução na forma de dobra e também para diagnóstico de um novo táxon, através de análise comparativa da asa membranosa de *Alloioscarabaeus cheni* gen. et sp. nov. (Coleoptera: Scarabaeoidea) com dez famílias da superfamília Scarabaeoidea (Bai et al., 2011; 2012). A asa membranosa é composta por um sistema de veias relativamente rígidas cobertas por uma membrana fina e frágil, a asa é mais longa que o élitro, e em repouso se mantém dobrada longitudinalmente e transversalmente sob o élitro no abdome (Haas et al., 2000; Frantsevich, 2011). Cada família de Coleoptera apresenta uma conformação do sistema de veias (Browne & Scholtz, 1998; Kukalová-Peck & Lawrence, 2004) que facilita e potencializa a dobra da asa.

Uma das características da família Cetoniidae é a acentuada emarginação pós-umeral que possibilita um voo rápido e longo com os élitros fechados (Cherman & Morón, 2014).

## **Cerrado**

O Cerrado apresenta em termos de biodiversidade e fitofisionomias alta heterogeneidade com forte variação temporal. Além de ser o segundo maior bioma do Brasil é considerado um hotspot da biodiversidade que necessita de prioridade para conservação (Myers et al., 2000; Sano et al., 2010).

O bioma Cerrado apresenta a mais elevada riqueza de Cetoniidae conhecidos no país, com 25% das espécies e 27% dos gêneros (Garcia et al., 2013; Rodrigues et al., 2013; Evangelista Neto et al., 2017). Apesar dessa riqueza, os estudos em Cerrado são focados, principalmente na fitofisionomia cerrado *sensu stricto* (Garcia et al., 2013; Rodrigues et al., 2013; Evangelista Neto et al., 2017). Mas como existem variações quanto a cobertura vegetal entre as fitofisionomias, condições climáticas, dentre outras é de fundamental relevância avaliar a diversidade do grupo nas demais fitofisionomias, pois as variações existentes podem propiciar um voo mais ou menos adequado e localizar alimentos de maneira energeticamente mais ou menos onerosa.

Ademais, o Cerrado dispõe de recursos alimentares e condições ambientais para o estabelecimento de alta riqueza de espécies da família Cetoniidae ainda não registrada. Devido ao alto número de espécies descritas no Cerrado em relação a outros biomas, do potencial do bioma em abrigar espécies do grupo, da importância ecológica e agrícola da família, surge a necessidade de estudos sobre a biodiversidade da família, bem como a demanda de conhecimento da fauna regional para a conservação do grupo e do bioma Cerrado.

Portanto, baseado nos aspectos apresentados, na relevância do grupo e nas lacunas do conhecimento para o Cerrado, principalmente quando se considera diferentes fitofisionomias e suas variações, esta tese foi organizada e estruturada em três capítulos (Fig. 2).

O primeiro capítulo intitulado “**Diferentes tipos de isca afetam a estimativa da diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado brasileiro**”, teve como objetivos: comparar a eficiência de diferentes tipos de frutas utilizadas como isca e a influência do uso de aditivo para a aceleração do processo de fermentação dos frutos (caldo de cana) na estimativa da diversidade de Cetoniidae em condições de campo no Cerrado brasileiro, e determinar o perfil químico dos compostos voláteis presentes nas iscas utilizadas.

O segundo capítulo intitulado “**Formações vegetais mais abertas (campestres e savânicas) suportam uma maior diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado**”, com objetivo de: avaliar a diversidade de Cetoniidae entre as fitofisionomias mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e

campo sujo no bioma Cerrado e, avaliar a sazonalidade desse grupo nestas fitofisionomias.

Já o terceiro capítulo intitulado “**Variações morfológicas das asas membranas de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de Cerrado**”, teve como objetivo avaliar a variação morfológica da forma das asas membranas de Cetoniidae, analisando e descrevendo a variação para espécies e gêneros; e analisar a relação dessa variação morfológica com as diferentes fitofisionomias do Cerrado, por meio da descrição da forma da asa membrana de espécies de ampla distribuição no Cerrado.

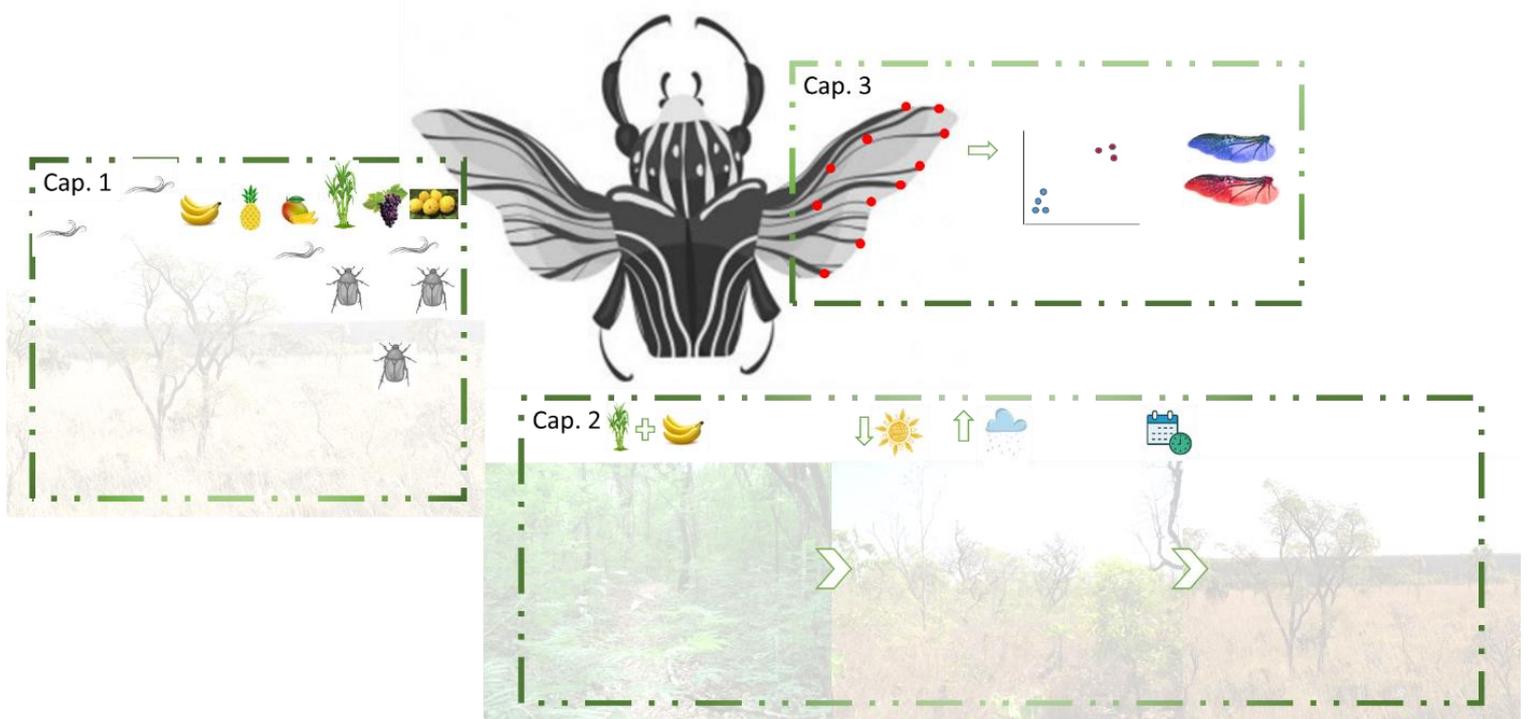


Fig. 2. Esquema demonstrativo da organização da tese (três capítulos).

## Referências bibliográficas

ADAMS, D.C.; RHOLF, F.J.; SLICE, D.E. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21 st century geometric morphometrics and the “procrustes paradigm”. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, Pavia, 2013.

ALVES-OLIVEIRA, J.R.; MENDESA, D.M.M.; CAMPOSA, D.; SILVA-NETO, JOSÉ, A.M.; MORAISA, W.; GROSSIB, P.C. 2016. First report of two species of scarab beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) inside nests of *Azteca cf. chartifex* Forel (Hymenoptera, Formicidae) in Brazilian Amazonian Rainforest. *Revista Brasileira de Entomologia*. 60: 359–361.

ANDRADE, C.A.C.; VIEIRA, R.D.; ANANINA, G.; KLACZKO, L.B. 2009. Evolution of the male genitalia: morphological variation of the aedeagi in a natural population of *Drosophila mediopunctata*. *Genetica*. 135: 13-23.

AYDIN, G. 2011. Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis* (Tropinota) *hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults - key to effective population monitoring and suppression. *Florida Entomologist*. 94(4): 832-838.

BAI, M.; MCCULLOUGH, E., SONG, K-Q.; LIU, W-G.; YANG, X-K. 2011. Evolutionary Constraints in Hind Wing Shape in Chinese Dung Beetles (Coleoptera:Scarabaeinae). *PLoS ONE* 6(6): e21600.

BAI, M.; AHRENS, D.; YANG, X.K.; DONG R. 2012. New fossil evidence of the early diversification of scarabs: *Alloioscarabaeus cheni* (Coleoptera: Scarabaeoidea) from the Middle Jurassic of Inner Mongolia, China. *Insect Science*. 19, 159-171.

BAI, M.; BEUTEL, R.G.; LIU, W.; LI, S.; ZHANG, M.; LU, Y.; SONG, K.; REN, D.; YANG, X. 2014. Description of a new species of Glaresidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) from the Jehol Biota of China with a geometric morphometric evaluation. *Arthropod Systematics & Phylogeny*. 72(3).

BROWNE, J.; SCHOLTZ, C.H. 1998. Evolution of the scarab hindwing articulation and wing base: a contribution toward the phylogeny of the Scarabaeidae (Scarabaeoidea: Coleoptera). *Systematic Entomology*. 23: 307–326.

CHERMAN, M. A.; MORÓN, M. A. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana*. 30(1): 201-220.

CHOWN, S. L.; SORENSEN, J. G.; TERBLANCHE, J. S. 2011. Water loss in insects: An environmental change perspective. *Journal of Insect Physiology* 57:1070–1084.

CORREA, C. M. A.; da SILVA, P. G.; PUKER, A.; AD'VINCULA, H. L. 2020. pastureland is better than Eucalyptus monoculture:  $\beta$ -diversity responses of flower chafer beetles to Brazilian Atlantic Forest conversion. *International Journal of Tropical Insect Science* 41: 137–144.

CORREA, C. M. A.; PUKER, A.; LARA, M. A.; ROSA, C. S.; KORASAKI, V. 2018. Importance of Urban Parks in Conserving Biodiversity of Flower Chafer Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniinae) in Brazilian Cerrado. *Environmental Entomology*. 48(1):97-104.

- COSTA M, MATEUS RP, MOURA M. 2015. Constant fluctuating asymmetry but not directional asymmetry along the geographic distribution of *Drosophila antonietae* (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 59(4): 337-342.
- CUNHA, U.S.; GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. S.; STEFANELLO, G. J.; JARDIM, E. O. 2007. Ocorrência de *Euphoria lurida* (Fabricius) (Coleoptera: Scarabaeidae) em milho cultivado em Várzea no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology*. 36 (6): 976-979.
- EVANGELISTA NETO, J.; OLIVEIRA, CHARLES M.; VAZ-DE-MELLO, FERNANDO Z.; FRIZZAS, MARINA R. 2017. Diversity of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) in the Cerrado of Central Brazil. *Entomological Science*. 20:1-9.
- FARTYAL, R. S.; SARSWAT, M.; DEWAN, S.; FARTYAL, P. Morphometric analysis of wild-caught flies of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) species: Altitudinal pattern of body size traits, wing morphology and sexual dimorphism. *Türk. entomol. Derg*, 41 (4): 367-382. 2017.
- FIERROS-LÓPEZ, H.E. 2008. Cetoninos dos localidades de Jalisco, México (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Dugesiana*. 15(2): 147-151.
- FRANTSEVICH, L. 2011. Mechanisms modeling the double rotation of the elytra in beetles (Coleoptera), *Journal of Bionic Engineering*. 8: 395–405.
- GARCIA, F.P., RODRIGUES, S.R., BAGNARA, C.A.C. & OLIVEIRA, D.S. 2013. Survey of saproxylophagous Melolonthidae (Coleoptera) and some biological aspects in Aquidauana, MS. *Biota Neotropica*. 13(3).
- GONÇALVES, T. T.; LOUZADA, J. N. C. 2005. Estratificação vertical de coleópteros carpófilos (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais do sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Ecologia Austral*. 15: 101-110.
- HAAS, F.; GORB, S.; BLICKHAN, R. 2000. The function of resilin in beetle wings. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*. 267:1375–1381.
- HADDAD, C.R. 2003. Fruit chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniini) of the Ndumo Game Reserve and Tembe Elephant Park, KwaZulu-Natal. *African Entomology*. 11(1): 130–133.
- HERNÁNDEZ, M. L.; AMELOTTI, I.; CATALÁ, S.; GORLA, D. E. Does nutrition influence sexual dimorphism in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) of natural habitats? *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 77 (1): 1-8. 2018.
- KOJIMA, W.; KATO, T. 2017. Correlated evolution between flight habit and diel activity in Coleoptera. *Biological Journal of the Linnean Society* 121:530–539.
- KRELL, F. T.; SIMON, U.; ZOTZ, G. 2002. Cetoniinae developing in a living stalk of Bromeliaceae (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). *The Coleopterists Bulletin*. 56(4): 533-539.

KRIKKEN, J. 1984. A generic reclassification of the Afrotropical Bolboceratini (Coleoptera: Geotrupidae). Zoologische Mededelingen. 58(3): 23-45.

KUKALOVÁ-PECK, J.; LAWRENCE, J.F. 2004. Relationships among coleopteran suborders and major endoneopteran lineages: Evidence from hind wing characters. Eur. J. Entomol. 101: 95-144.

KUMBHAR, S.M.; MAMLAYA, A.B.; PATIL, S.J.; BHAWANE, G.P. 2012. Biology of *Chiloloba orientalis*. University of Wisconsin Library.

LE GALL, P. Affinités biogéographiques des Insectes du "Dahomey gap" présence d'une population de *Goliathus goliatus* Linné, 1771, au Bénin (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae). Bulletin de la Société entomologique de France. 115(1): 17-21. 2010.

MATEUS, R.P.; MOURA, M.O.; MANFRIN, M.H.; MONTEIRO, S.G.; SENE, F.M. 2013. Contrasting patterns of within-species morphological variation in two cactophilic *Drosophila* species (Diptera: Drosophilidae). Neotropical Entomology. 42: 384-392.

MCKENNA, D.D.; FAREEL, B. D.; CATERINO, M. S.; FARNUM, C. W.; HAWKS, D. C.; MADDISON, D. R.; THAYER, M. K. 2014. Phylogeny and evolution of Staphyliniformia and Scarabaeiformia: forest litter as a stepping stone for diversification of nonphytophagous beetles: Evolution of Staphyliniformia and Scarabaeiformia. Systematic Entomology. v. 40, p.35–60.

MICÓ, E.; GALANTE, E. 1998. The behavior of *Aethiessa floralis* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniidae) visiting *Onopordum macracanthum* Schousboe (Compositae). Elytron. 12: 69-76.

MICÓ, E.; SMITH, A.; MORÓN, M.A. 2000. New larval descriptions for two species of *Euphoria* Burmeister (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Cetoniini: Euphoriina) with a key to the known larvae and a review of the larval biology for species in the genus. Systematics Research Collections, University of Nebraska State Museum.

MICÓ, E.; HALL, W.E.; RATCLIFFE, B.C. 2001. Descriptions of the larvae of *Hoplopyga singularis* (Gory and Percheron) and *Hologymnetis cinerea* (Gory and Percheron) with a revised key to the larvae of New World Gymnetini (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). The Coleopterists Bulletin. 55: 205-217.

MICÓ, E.; GALANTE, E. 2003. Biology and new larval descriptions for three cetoniine beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Cetoniini: Cetoniina, Leucocelina). Annals of the Entomological Society of America. 96(2): 95-106.

MOLINA, J.M. 2001. Incidencia de *Tropinota squalida* (Scopoli, 1783) (Coleoptera: Scarabaeidae) en el cultivo del arándano en Huelva (España): problemática asociada a su control. Zapateri: Revista Aragonesa de Entomología. 9: 93-98.

MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. 1999. Princípios de morfometria geométrica. Holos Editora, Ribeirão Preto. 189 p.

MORAES, D.A. 2003. A Morfometria Geométrica e a “Revolução na Morfometria”: localizando mudanças na forma dos organismos. Bioetím - Ano III, Nº 3. 2003.

MORÓN, M.A. 2020. Melolontídeos e cetoniídeos edafícolas. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J; SILVA, M.T.B. Pragas de solo no Brasil. 2 ed., Passo Fundo: Aldeia Norte, Cap. 5, p. 131-166.

MORÓN, M. A.; LUGO-GARCIA, G. A.; ARAGÓN-GARCIA, 2014.A.Description of the third instar larvae of five species of *Cyclocephala* (Coleoptera, Melolonthidae, Dynastinae) from Mexico. Revista Brasileira de Entomologia, 58.3: 219-228.

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

MYERS, S. S.; HOLWELL, G. I.; BUCKLEY, T. R. 2017. Genetic and morphometric data demonstrate alternative consequences of secondary contact in *Clitarchus* stick insects. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) .

PACHECO, F.C.; DELOYA, C.; CORTES G.P. 2006. Phytophagous scarab beetles from the Central Region of Guerrero, Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae). Revista Colombiana de Entomología. 32(2):191-199.

PARIS, T. M.; ALLAN, S. A.; HALL, D. G.; HENTZ, M. G.; STANSLY, P. A. 2016.Host plant affects morphometric variation of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) PeerJ 4: e2663.

PEJAVER, M. K.; GUJARATHI, G. R. 2013. Conserving through composting- the lifecycle study of pest turned partner. National Conference on Biodiversity: status and challenges in Conservation - 'FAVEO'.

PUKER, A.; LOPES-ANDRADE, C.; ROSA, C.S.; GROSSI, P.C. 2012. New records of termite hosts for two species of *Hoplopyga*, with notes on the life cycle of *Hoplopyga brasiliensis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). Annals of the Entomological Society of America. 105(6): 872-878.

PUKER, A.; AD'VINCULA, H. L.; KORASAKI, V.; FERREIRA, F. N. F.; OROZCO, J. 2014. Biodiversity of Cetoniinae beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in introduced and native habitats in the Brazilian Atlantic Forest. Entomological Science. 17: 309–315.

OROZCO, J.; PARDO-LOCARNO, L.C. 2004. Description of immature stages of three species of American Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). Zootaxa. 769: 1-14.

OROZCO, J. 2012. Monographic revision of the American genus *Euphoria* Burmeister, 1842 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). The Coleopterists Bulletin. 11:1-182.

PEJAVER, M. K.; GUJARATHI, G. R. 2013. Conserving through composting- the lifecycle study of pest turned partner. National Conference on Biodiversity: status and challenges in Conservation - 'FAVEO'.

PETER, C.I.; JOHNSON, S.D. 2009. Pollination by flower chafer beetles in *Eulophia ensata* and *Eulophia welwitschii* (Orchidaceae). South African Journal of Botany. 75: 762-770.

POLIHRONAKIS, M. 2006. Morphometric Analysis of Intraspecific Shape Variation in Male and Female Genitalia of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). Ann. Entomol. Soc. Am. 99(1): 144-150.

PUKER, A.; LOPES-ANDRADE, C.; ROSA, C.S.; GROSSI, P.C. 2012. New records of termite hosts for two species of *Hoplopyga*, with notes on the life cycle of *Hoplopyga brasiliensis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). Annals of the Entomological Society of America. 105(6): 872-878.

PUKER, A.; AD'VINCULA, H. L.; KORASAKI, V.; FERREIRA, F. N. F.; OROZCO, J. 2014. Biodiversity of Cetoniinae beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in introduced and native habitats in the Brazilian Atlantic Forest. Entomological Science. 17: 309–315.

PUKER, A.; CORREIA, C. M.A.; SILVA, A. S.; SILVA, J. V. O.; KORASAKI, V.; GROSSI, P. C. 2020a. Effects of fruit-baited trap height on flower and leaf chafer scarab beetles sampling in Amazon rainforest. Entomological Science 23(3): 245-255.

PUKER, A.; FERREIRA, K. R.; CORREA, C. M. A. 2020b. Sampling Flower Chafer Beetles (Coleoptera: Cetoniidae) in the Amazon Rainforest: The Role of Bait Types and Trap Installation Heights. Environmental Entomology. 49(5):1096–1104.

RATCLIFFE, B.C.; DELOYA, A. C. 1992. The Biogeography and Phylogeny of *Hologymnetis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) with revision of the genus. The Coleopterists Bulletin, 46(2): 16 1-202.

RATCLIFFE, B.C.; MICÓ, E. 2001. A Review of the Neotropical genus *Neocorvicoana* Ratcliffe and Micó, New Genus (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). The Coleopterists Bulletin. 55(3): 279-296.

RATCLIFFE, B.C. 2002. Key to the Cetoniinae tribes of the New World. Disponível em: <<https://unsm-ento.unl.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeidae/Cetoniinae/Cetoniinae-Key/CetoniinaeK.html>>. Acesso em: 7 Mar.2022.

- RATCLIFFE, B.C. 2005. A Review of the South American Genus *Hoplopygothrix* Schürhoff (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). The Coleopterists Bulletin. 59(1): 136-142.
- RATCLIFFE, B.C. 2010. A review of the *Blaesiina* (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae, Gymnetini). ZooKeys. 34: 105-128.
- RITCHER, P. O. 1958. Biology of Scarabaeidae. Annual Review of Entomology. 3: 311-334.
- RICHTSMEIER, J.T.; DELEON, V.B.; LELE, S.R. The Promise of Geometric Morphometrics. Yearbook of Physical Anthropology. 45:63 – 91. 2002.
- RODRIGUES, S.R.; OLIVEIRA, J.L.N.; BAGNARA, C.A.C.; PUKER, A. 2013. Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to fruit-baited traps near Aquidauana, Mato Grosso Do Sul, Brazil. The Coleopterists Bulletin. 67(2): 119-122.
- RODRIGUES, S.R., GARCIA, F.P., FALCO, J.S., MORÓN, M.A. 2016. Biology and description of immature stages of *Gymnetis rufilateris* (Illiger, 1800) (Coleoptera: Cetoniidae: Cetoniinae). Biota Neotropica. 16(3): e20140176.
- RODRIGUES, D.F; PUKER, A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2022. Cetoniidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/115404>>. Acesso em: 01 Fev. 2022
- SANMARTÍN, S.; MARTÍN-PIERA, F. 1999. A morphometric approach to the taxonomy of the genus *Ceramida* (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae). The Canadian Entomologist 131: 573 – 592.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment. 166:113–124.
- SLICE, D.E.; BOOKSTEIN, F.L.; MARCUS, L.F.; ROHLF, F.J. 2016. A Glossary for Geometric morphometrics. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/glossary/gloss1.html>. Acesso: Junho 2018.
- SHUTTLEWORTH, A.; JOHNSON, S. D. 2009. New records of insect pollinators for South African asclepiads (Apocynaceae: Asclepiadoideae). South African Journal of Botany. 75: 689–698.
- SINGER, R.B.; COCUCCHI, A.A. 1997. Pollination of *Pteroglossaspis ruwenzoriensis* (Rendle) Rolfe (Orchidaceae) by beetles in Argentina. Botanica Acta. 110: 338-342.
- ŠÍPEK, P.; FABRIZI, S.; EBERLE, J.; AHRENS, D. 2016. A molecular phylogeny of rose chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) reveals a complex and concerted morphological evolution related to their flight mode. Molecular Phylogenetics and Evolution 101, 163–175.

SOUSA, R.; FUHRMANN, J.; KOUKLÍK, O.; ŠÍPEK, P. 2018. Immature stages of three species of Inca LePeletier & Serville, 1828 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and morphology of phytophagous scarab beetle pupa. *Zootaxa* 4434 (1): 065–088.

SUBCHEV, M.A.; TOSHOVA, T. B.; ANDREEV, R. A.; PETROVA, V. D.; MANEVA, V. D.; SPASOVA, T. S.; MARINOVA, N. T.; MINKOV, P. M.; VELCHEV, D. I. 2011. Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*. 63(3): 269-276.

TOUROULT, J.; LE GALL, P. 2013. Fruit feeding Cetoniinae community structure in an anthropogenic landscape in West Africa. *Journal of Insect Conservation*. 17: 23–34.

VALOIS, M.; SILVA, F. 2015. A new species of Golinca Thomson (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae): first record of the genus for Brazil. *Zootaxa* 3919 (1): 192–196.

VANIN, S.A.; COSTA, C. 1984. Larvae of Neotropical Coleoptera. IX: Scarabaeidae, Cetoniinae, Gymnetini. *Revista Brasileira de Entomologia*. 28(3): 329-335.

VUTS, J.; ZOLTÁN, I.; TÓTH, M. 2008. Development of an attractant-baited trap for *Oxythyrea funesta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Zeitschrift für Naturforschung C*. 63(9-10): 761-8.

## CAPÍTULO 1

### **Diferentes tipos de isca afetam a estimativa da diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado brasileiro**

## **Diferentes tipos de isca afetam a estimativa da diversidade de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) no Cerrado brasileiro**

### **Resumo**

Besouros da família Cetoniidae geralmente são coletados utilizando-se armadilhas iscadas com frutos fermentados. Entretanto não existem informações sobre quais frutas fermentadas são mais atrativas e quais os compostos voláteis (COVs) presentes nessa fermentação. Os objetivos desse estudo foram comparar a eficiência de diferentes tipos de frutas utilizadas como isca e a influência do uso de aditivo para a aceleração do processo de fermentação dos frutos (caldo de cana) na estimativa da diversidade de Cetoniidae em condições de campo no Cerrado brasileiro, e determinar o perfil químico dos compostos voláteis presentes nas iscas. O estudo foi realizado em duas unidades de conservação (Brasília/DF, Brasil). Foram realizados dois experimentos, o primeiro visou selecionar as frutas (banana, abacaxi, manga, uva e cagaita) mais atrativas e o segundo verificar se existe interferência do caldo de cana no processo de fermentação das frutas e conseqüentemente na atratividade dos Cetoniidae. O perfil químico das iscas foi avaliado pela determinação e quantificação dos principais compostos voláteis presentes. As coletas foram realizadas ao longo de um mês, com monitoramento semanal, utilizando-se armadilhas iscadas que permaneceram ininterruptamente no campo. A diversidade de Cetoniidae foi significativamente maior para as iscas a base de banana em relação à uva e cagaita, mas não em relação ao abacaxi, manga e caldo de cana. Não se observou aumento da atratividade pela adição de caldo de cana. A análise química mostrou que as iscas de banana e uva com caldo de cana apresentaram as maiores quantidades de voláteis totais. As iscas de banana, uva e cagaita combinadas com o caldo de cana apresentaram aumento significativo de voláteis emitidos. Para o abacaxi a combinação com o caldo de cana não alterou a produção de COVs e para a manga houve uma diminuição na produção de voláteis totais. Os compostos majoritários nos extratos de frutas fazem parte dos grupos funcionais álcool, éster e terpeno. Baseado em nossos resultados banana, abacaxi, manga (sem mistura com caldo de cana) ou apenas caldo de cana podem ser usadas para estudos de diversidade de Cetoniidae.

Nossos resultados sugerem ainda que a isca de banana pode ser a mais adequada para a coleta de Cetoniidae no Cerrado, pois além de ter sido responsável pela coleta de uma grande diversidade, apresentar quantidade elevada de compostos voláteis, também se mostrou adequada para a coleta das espécies consideradas raras.

**Palavras-chave:** fermentação, Cetoniinae, semioquímicos, protocolo de amostragem, voláteis totais.

## **Introdução**

A avaliação da diversidade local e regional dos diferentes grupos de insetos é diretamente influenciada por fatores como condições climáticas, épocas do ano, fases lunares e metodologia de amostragem, incluindo o tipo de armadilha e o tipo de isca que devem ser usadas (Camargo et al., 2015). Dentre esses fatores o método de amostragem é o único que pode ser manipulado pelo avaliador e sua escolha deve levar em conta o grupo taxonômico de interesse, estágio de desenvolvimento e hábitos alimentares, de forma a possibilitar a correta estimativa da diversidade da comunidade (Campos et al., 2000).

Os Cetoniidae, conhecidos como besouros de flores e frutas, possuem cerca de 4.000 espécies, 300 das quais ocorrem no continente Americano (Krikken, 1984; Orozco, 2012). No Brasil são relatadas 84 espécies e 30 gêneros (Rodrigues et al., 2022). Algumas espécies são relatadas como pragas agrícolas, hortícolas, ornamentais e polinizadores em muitas partes do mundo (Molina, 2001; Vuts et al., 2008; Vuts et al., 2009; Aydin, 2011; Subchev et al., 2011). Os adultos apresentam hábitos alimentares diurnos, alimentando-se de néctar, pólen, exsudados de plantas e frutos maduros (Ritcher, 1958; Krikken, 1984), sendo muito atraídos por frutos fermentados, como banana e abacaxi (Evangelista Neto et al., 2017).

A coleta de Cetoniidae, normalmente envolve o uso de armadilhas iscadas com diferentes frutas como abacaxi, banana e manga que podem ou não estar em processo de fermentação. A fermentação, em geral, é acelerada pela adição de caldo de cana, porém existem metodologias que utilizam cerveja ou vinho (Haddad, 2003; Pacheco et al., 2006; Fierros-López, 2008; Orozco, 2012;

Rodrigues et al., 2013; Touroult & Le Gall, 2013). Não existem, entretanto, estudos avaliando a eficiência dos diferentes tipos de isca e a influência do uso de aditivos para a aceleração do processo de fermentação dos frutos na estimativa da riqueza de espécies e abundância de Cetoniidae.

Fatores como as características do ambiente (porcentagem de cobertura vegetal por exemplo), velocidade e direção predominante do vento e características da isca (tipo de fruta e perfil químico), podem interferir na atratividade dos diversos grupos de insetos (Bruce et al., 2005; Bruce & Pickett, 2011; Fuentes et al., 2016; Conchou et al., 2019) incluindo os Cetoniidae. Possivelmente em áreas com cobertura vegetal mais esparsa ocorra uma maior circulação do vento e menor concentração de voláteis naturais da região, portanto, os odores das iscas poderiam ser transportados e percebidos a distâncias maiores. Diferentemente, em áreas com cobertura vegetal densa, pode haver uma menor circulação do ar e conseqüentemente uma redução na dispersão de voláteis e na atratividade dos insetos.

As frutas durante seu processo de amadurecimento e fermentação liberam voláteis em concentrações distintas e apresentam diferenças nos teores de açúcares. A banana, durante o processo de amadurecimento, apresenta acúmulo de açúcares e ocorre a liberação de voláteis como álcoois, cetonas, fenóis e principalmente ésteres (Nascimento-Junior et al., 2008). O abacaxi apresenta mais de 140 voláteis identificados (Takeoka et al., 1991). A cagaita (*Eugenia dysenterica*), fruta nativa do Cerrado, apresenta compostos voláteis constituídos predominantemente de ésteres (hexanoato de etila, butanoato de etila e hexanoato de metila) (Rocha et al., 2011) e seus frutos, suculentos e ácidos, quando maduros e expostos ao sol sofrem elevada fermentação (Silva et al., 2001). A manga possui mais de 300 compostos identificados, principalmente terpenoides, ésteres etílicos e aldeídos (Canuto et al., 2009) e, polifenol (flavonóides e resveratrol). Ácidos fenólicos são encontrados na casca e semente de uvas (Abe et al., 2007; Soares et al., 2008).

Alguns estudos têm investigado o perfil químico e a atratividade de diferentes frutas para algumas espécies de Cetoniidae. Estudos com *Pachnoda marginata* (Drury) mostraram que a banana apresentou 17 compostos sintéticos, alguns significativamente atrativos, como os compostos fenólicos, ésteres de fruta, ácido isovalérico, acetona, e alguns terpenos de frutos e florais (Larsson et

al., 2003). Em *Cotinis nitida* (Linnaeus), praga em plantações de uva, pêsego, maçã e outras frutas, observou-se que os voláteis de frutas danificadas pela alimentação são atrativos, provocando um efeito de agregação alimentar nesta espécie (Johnson et al., 2009). Armadilhas iscadas com combinação de uvas lesionadas por *Popillia japonica* Newman e por *C. nitida* emitiram grandes quantidades de voláteis e se tornaram altamente atraentes para ambos os sexos de *C. nitida* (Hammons et al., 2009).

A compreensão de quais frutas são mais atrativas aos Cetoniidae e qual o papel dos voláteis presentes nessas frutas e no processo de fermentação pode permitir a padronização das metodologias de coletas permitindo avaliar a diversidade do grupo, comparar estudos em biomas e locais distintos e tornar a coleta menos onerosa e mais eficiente.

Os objetivos desse estudo foram comparar a eficiência de diferentes tipos de frutas utilizadas como isca e a influência do uso de aditivo para a aceleração do processo de fermentação dos frutos (caldo de cana) na estimativa da diversidade de Cetoniidae em condições de campo no Cerrado brasileiro, e determinar o perfil químico dos compostos voláteis presentes nas iscas utilizadas.

Nossas hipóteses são: i) a cagaita por ser uma fruta típica do Cerrado e com alto potencial de fermentação será a fruta mais atrativa para os Cetoniidae adultos; ii) a adição do caldo de cana intensificará a fermentação tornando os compostos voláteis mais acentuados e mais atrativos aos insetos; iii) os perfis químicos dos compostos voláteis irão variar em cada tipo de fruta uma vez que as frutas liberam voláteis de tipos e concentrações distintas; iv) a adição do caldo de cana exibirá um perfil químico distinto e mais atrativo, pois os voláteis do caldo de cana serão combinados aos voláteis da fruta fermentada.

## **Material e métodos**

### **1. Áreas de estudo**

O estudo foi realizado no bioma Cerrado em duas unidades de conservação que fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) das Bacias do Gama e Cabeça do Veado localizadas em Brasília, Distrito Federal, Brasil. A

APA possui cerca de 25 mil hectares, elevada heterogeneidade ambiental e alta diversidade florística e faunística, sendo essencial para a conservação do Cerrado (PELD, 2016).

As unidades de conservação avaliadas foram: 1) Fazenda Água Limpa (FAL) pertencente à Universidade de Brasília – UnB com uma área de 4.500 há (15°57'24.38"S, 47°56'42.86"W, 1,096 m), possui, no seu interior, a Área Relevante de Interesse Ecológico – ARIE Capetinga/Taquara. 2) Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) perfaz um total de 1.391,25 ha de área protegida contínua (15°56'41"S, 47°53'07"W, 1,100 m) e faz parte das Áreas-Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado (RECOR, 2021) (Fig. 1). As áreas possuem clima tipo Aw - tropical sazonal semiúmido segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.400 mm, temperatura variando de 12°C a 28,5°C e umidade entre 20 a 85%, apresentando duas estações climáticas bem definidas, a estação seca geralmente entre os meses de abril a setembro e a estação chuvosa entre outubro a março (Silva et al., 2008).

Em cada unidade de conservação (FAL e RECOR) foi selecionada uma área pertencente à fitofisionomia campo sujo. Essa formação campestre é caracterizada por áreas de savana abertas, com vegetação exclusivamente arbustiva-herbácea formada por gramíneas com alguns arbustos e subarbustos esparsos que cobrem menos de 20% do solo (Ribeiro & Walter, 2008). A escolha da fitofisionomia foi baseada em amostragens preliminares que indicaram maior abundância e riqueza de espécies de Cetoniidae em relação a outras fitofisionomias de cerrado.

## **2. Avaliação da atratividade de iscas baseado no uso de frutas e caldo de cana**

Visando comparar a atratividade de diferentes tipos de frutas e do caldo de cana e sua influência na estimativa da diversidade de Cetoniidae adultos foram realizados dois experimentos utilizando cinco frutas (banana - *Musa* spp., abacaxi – *Ananas comosus*, manga – *Mangifera indica*, uva – *Vitis* spp. e cagaita – *E. dysentericus*), o caldo de cana e a água como controle totalizando 7 tratamentos. As frutas banana e abacaxi foram selecionadas por serem usualmente utilizadas para as coletas de Cetoniidae (Evangelista Neto et al.,

2017; Correa et al., 2019; Puker et al., 2020), manga e uva por já terem sido citadas em artigos científicos (Hammons et al., 2009; Johnson et al., 2009; Mudge et al., 2012; Orozco, 2012) e a cagaita por ser uma fruta nativa e típica do Cerrado com alto potencial de fermentação (Silva et al., 2001; Rocha et al., 2011). O caldo de cana além de ser utilizado para a fermentação das frutas, também foi testado separadamente como isca.

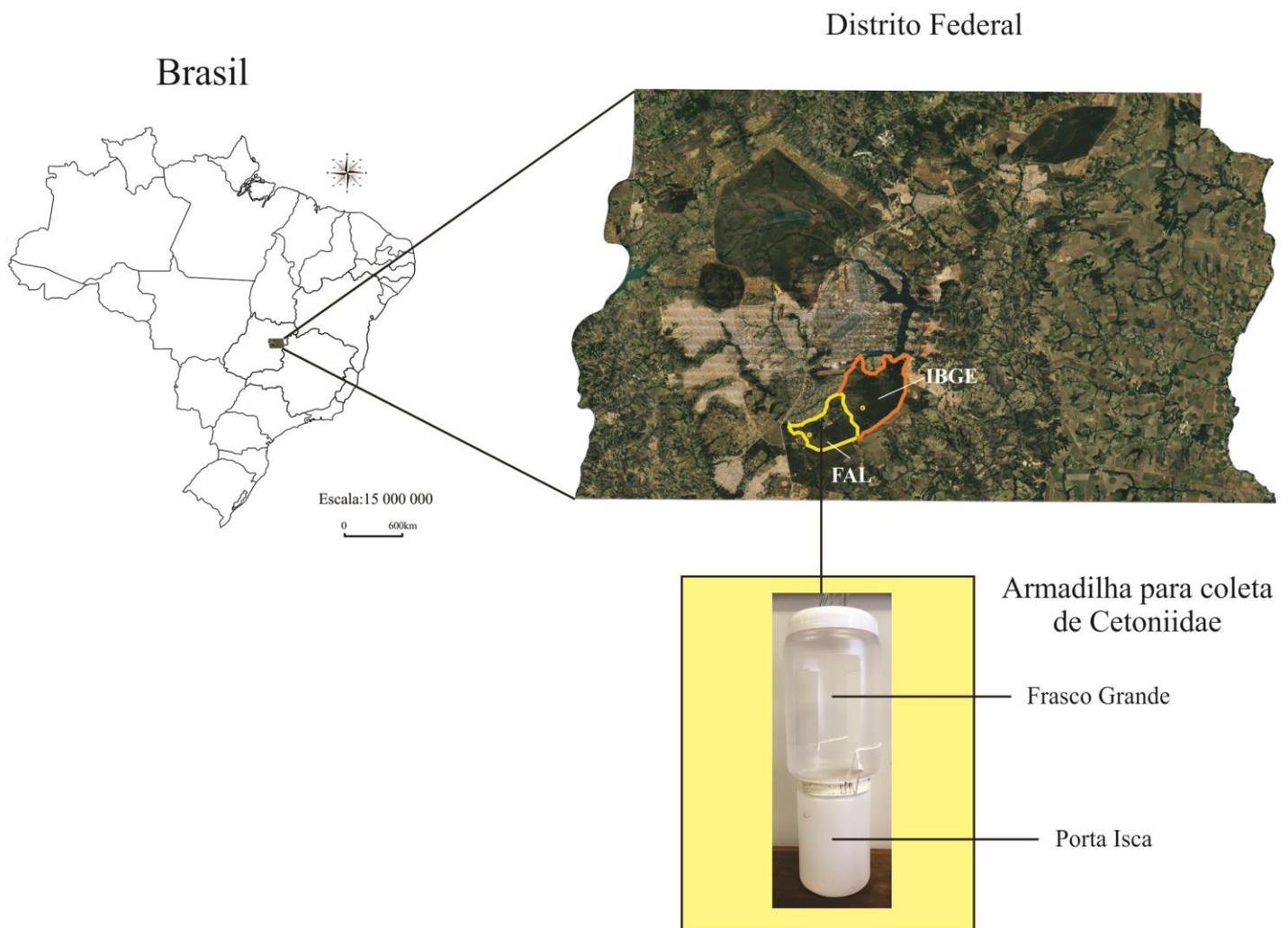


Fig. 1. Localização das áreas de estudo (pontos amarelos representam a fitofisionomia campo sujo) e das unidades de conservação [Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR)] selecionadas para a avaliação da influência de diferentes tipos de iscas na estimativa da diversidade de Cetoniidae em Brasília, Distrito Federal, Brasil (Fonte: Google Earth Pro, 2021).

## **2.1. Experimento 1: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente**

O estudo foi conduzido durante um mês, entre novembro e dezembro [período de maior atividade de Cetoniidae adultos no Cerrado (Evangelista Neto et al., 2017)] de 2017, com coletas semanais utilizando 28 armadilhas iscadas que permaneceram ininterruptamente no campo.

A armadilha para coleta dos adultos foi uma adaptação da armadilha comumente utilizada de garrafa pet (Orozco & Pardo-Locarno, 2004; Orozco, 2012; Rodrigues et al., 2013; Puker et al., 2014) e consistia de um frasco porta-isca (500 g) acoplado a um pote plástico maior (1 kg). O pote maior possuía 3 janelas laterais de 8 x 8 cm e teve o fundo retirado. No fundo do pote maior foi colada a tampa do porta-isca (com um furo no centro para a passagem dos insetos) permitindo que, por rosqueamento, o porta-isca fosse acoplado (Fig. 1). As adaptações foram feitas para facilitar o transporte, a instalação e a retirada das iscas no campo. Os porta-isca podiam ser abastecidos com a isca em laboratório e no campo os porta-isca com os espécimes coletado podiam ser desrosqueados e retirados, colocando-se rapidamente novos porta-isca (Fig. 1). As iscas utilizadas (tratamentos) foram banana Nanica (Dwarf Cavendish), abacaxi Pérola, cagaita, uva Niágara, manga Tommy Atkins, caldo de cana e água como controle. As isca foram batidas separadamente em liquidificador. Utilizou-se em cada armadilha 100 ml de fruta e 50 ml de caldo de cana. As iscas ficaram fermentando por 48 horas antes de serem colocadas nas armadilhas e levadas ao campo. Nos tratamentos caldo de cana e água utilizou-se 150 ml de cada isca nas armadilhas.

Para a instalação das armadilhas no campo foram delineados dois transectos de 350 m em cada unidade de conservação. Em cada transecto foram dispostas as sete armadilhas com cada uma das iscas mais a água (tratamentos) com 4 repetições para cada tratamento. Foram realizados sorteios, um para cada transecto, para a distribuição aleatória dos tratamentos. Após os sorteios as armadilhas permaneceram na mesma posição durante todo o experimento.

## **2.2. Experimento 2: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente ou em conjunto**

O estudo foi conduzido durante um mês, entre novembro e dezembro de 2018, com coletas semanais utilizando armadilhas (as mesmas do teste anterior) iscadas que permaneceram ininterruptamente no campo. As iscas utilizadas foram as três frutas mais atrativas do primeiro experimento (banana, manga e abacaxi) fermentadas com e sem caldo de cana, o caldo de cana sozinho e a água como controle em um total de 8 tratamentos e 4 repetições. A instalação das armadilhas e o delineamento experimental foram os mesmos do experimento 1.

### **3. Identificação dos Cetoniidae**

Todos os Cetoniidae coletados foram montados com alfinetes entomológicos, etiquetados e, posteriormente realizada a separação por espécie e contagem do número de indivíduos por data de coleta e tratamento. Os Cetoniidae foram identificados até o menor nível taxonômico possível por comparação com exemplares existentes na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília (DZUB) e da Coleção do Departamento de Biologia e Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso (CEMT), e com o auxílio do especialista do grupo Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (Departamento de Biologia e Zoologia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil). Vouchers do material coletado estão depositados nas coleções DZUB e CEMT.

### **4. Perfis químicos de voláteis produzidos pelas iscas**

A análise química das iscas utilizadas nos experimentos anteriores foi realizada no Laboratório de Semioquímicos, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

Com o propósito de conhecer o perfil químico de compostos voláteis presentes nos tratamentos avaliados em campo para a coleta dos Cetoniidae foi realizada a captura dos compostos orgânicos voláteis (COVs) através da técnica

de aeração, e os extratos de aeração obtidos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chamas (CG-DIC) para as análises quantitativas, e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) para a identificação dos COVs presentes. Os COVs foram coletados de frutas fermentadas com e sem caldo de cana: i) 150 ml de cada uma das iscas, composta de 100 ml de fruta e 50 ml de caldo de cana que fermentaram por um período de 48 h e ii) 150 ml de frutas fermentadas sem o caldo de cana por 48 h.

Após a fermentação, os 150 ml de isca foram divididos igualmente (50 ml) e transferidos para três béqueres, e realizada a aeração das iscas por sete dias consecutivos. Os béqueres contendo as iscas foram colocados em câmaras de vidro de 500 ml, fechados com tampas de acrílico. Na tampa havia uma entrada e uma saída de ar onde foram conectados a entrada de ar filtrado usando um filtro de carvão ativado, 2-4 mesh e a saída de ar, onde estava conectado o tubo com o adsorvente químico para a coleta dos voláteis. O fluxo de ar foi estabelecido usando uma bomba de vácuo a uma taxa de 0,6 litros por minuto. Os voláteis foram coletados usando um adsorvente químico Porapak Q (100 mg, 80-100 mesh, Sigma Aldrich) e eluídos a cada 24 h usando 500 µl de n-hexano. Os extratos de aeração obtidos foram concentrados sob um fluxo de nitrogênio para 100 µl.

Para a análise quantitativa dos COVs foi injetado 1 µl de cada amostra no CG-DIC (Agilent 7890A) equipado com uma coluna apolar (DB5-MS, 30 m × 0,25 mm DI e 0,25 µm de espessura do filme (J&W Scientific, Folsom, CA, USA), usando o programa de temperatura a 50 °C (2 min), 5°C/min até 180 °C (0,1 min), e 10 °C/min até 250 °C (20 min). O gás hélio foi usado como carreador. Para as análises qualitativas dos COVs 1 µl de cada amostra foi injetada no CG-EM o cromatógrafo gasoso (7890A) acoplado a um detector de massas com analisador quadrupolar (Agilent 5975MSD, USA), com a temperatura da fonte de ionização a 230 °C, a temperatura da interface a 280 °C, e como carreador foi usado gás hélio. Em ambas as análises a injeção foi pelo modo splitless.

Para a quantificação dos COVs foi utilizado o método do padrão interno, para as amostras de cana de açúcar, manga, uva, banana e abacaxi foi utilizado como padrão interno o composto 16-hexadecanolactona, e para a cagaita o 2-metil butanoato de hexila, ambos na concentração final de 0,01 mg/ml.

## 5. Análise de dados

Todas as análises foram realizadas no R 3.3.2 (R Core Team, 2016). Os dados de abundância e riqueza de espécies não atenderam aos pressupostos de normalidade relativos aos resíduos e à homogeneidade da variância (teste de Shapiro-Wilk e teste de Bartlett,  $p < 0,01$ ). Assim, para analisar os efeitos das iscas nas variáveis de resposta dos Cetoniidae, em ambos os experimentos (2017 e 2018), foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMMs), com iscas (banana, manga, abacaxi, caldo de cana, uva, cagaita e sem isca) como fatores fixos e datas e locais de amostragem (FAL e IBGE) como fatores aleatórios, com as armadilhas aninhadas ao fator local usando o pacote lme4 (Bates et al., 2017). Utilizou-se o GLMM seguido de análise de variância (ANOVA) em um modelo de regressão logística utilizando distribuição binomial negativa para dados de abundância e riqueza de espécies. A seleção do GLMM foi realizada previamente para escolher o melhor modelo para ajustar os dados de contagem usando o pacote hnp (Moral et al., 2017). Os valores médios foram separados estatisticamente pelo teste HSD de Tukey em  $p < 0,05$  usando a função glht no pacote multcomp (Hothorn et al., 2016).

Para a comparação da composição química entre as diferentes iscas e a análise da composição química das iscas através do tempo/hora foi utilizada a análise multivariada de componentes principais (ACP) e para avaliar a produção total média de compostos voláteis de cada isca foi aplicada a análise de modelo lineares generalizados (GLM) usando a distribuição Gamma de erros, seguida pela análise de variância e análise de contrastes.

## Resultados

### Avaliação da atratividade de iscas baseado no uso de frutas e caldo de cana

Nos dois experimentos foram coletados 674 espécimes, 8 gêneros e 14 espécies de Cetoniidae. As espécies com maior abundância foram *Allorrhina menetriesii* (Mannerheim) representando 25,2% do total coletado, *Hoplopyga brasiliensis* (Gory & Percheron) 15,4% e *Hologymnetis undulata* (Vigors) 13,6%.

## **Experimento 1: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente**

No total foram coletados 437 indivíduos e 13 espécies, sendo as espécies mais abundantes *A. menetriesii*, *H. undulata*, *H. brasiliensis* e *Gymnetis hebraica* (Drapiez) que juntas representaram 79,4% do total coletado.

Observou-se diferença significativa na abundância ( $F = 6,2208$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,05$ ) e na riqueza de espécies ( $F = 3,1103$ ;  $df = 6$ ;  $p < 0,05$ ) de Cetoniidae coletados entre os tratamentos e o controle (Fig. 2A). A isca de banana apresentou maior abundância e riqueza de espécies em relação à uva, cagaita e ao controle (água), mas não em relação à manga, abacaxi e caldo de cana. As iscas de manga, abacaxi e caldo de cana apresentaram maior abundância em relação à cagaita e ao controle e maior riqueza de espécies em relação ao controle (Fig. 2A). Uva e cagaita tiveram maior abundância e riqueza de espécies apenas em relação ao controle. Nenhum indivíduo foi coletado no controle (água). Cinco espécies (45%) foram coletadas nos seis tipos de iscas (frutas e caldo de cana sozinho), e as espécies *Euphoria lurida* (Fabricius) e *Allorrhina cincta* (Gory & Percheron) foram coletadas apenas na isca de banana, e *Hoplopygothrix atropurpurea* (Schaum) foi coletada apenas em manga (Fig. 3A e Tabela 1).

## **Experimento 2: avaliação do uso de diferentes tipos de frutas e caldo de cana separadamente ou em conjunto**

Foram coletados um total de 201 indivíduos e 13 espécies, sendo que as espécies mais abundantes foram *E. lurida*, *A. menetriesii* e *H. brasiliensis* que juntas representaram 66,2% do total coletado.

Não houve diferença significativa para a abundância ( $F = 3,2456$ ;  $df = 7$ ;  $p > 0,05$ ) e para a riqueza de espécies ( $F = 2,6412$ ;  $df = 7$ ;  $p > 0,05$ ) de Cetoniidae entre os tratamentos (Fig. 2B). Quatro espécies foram coletadas em todos os tratamentos, e as espécies *Hoplopyga albiventris* (Gory & Percheron) foi coletada apenas em banana, *A. cincta* foi coletada apenas na isca de manga com caldo de cana, e *H. atropurpurea* foi coletada apenas em banana com caldo de cana (Fig. 3B e Tabela 1).

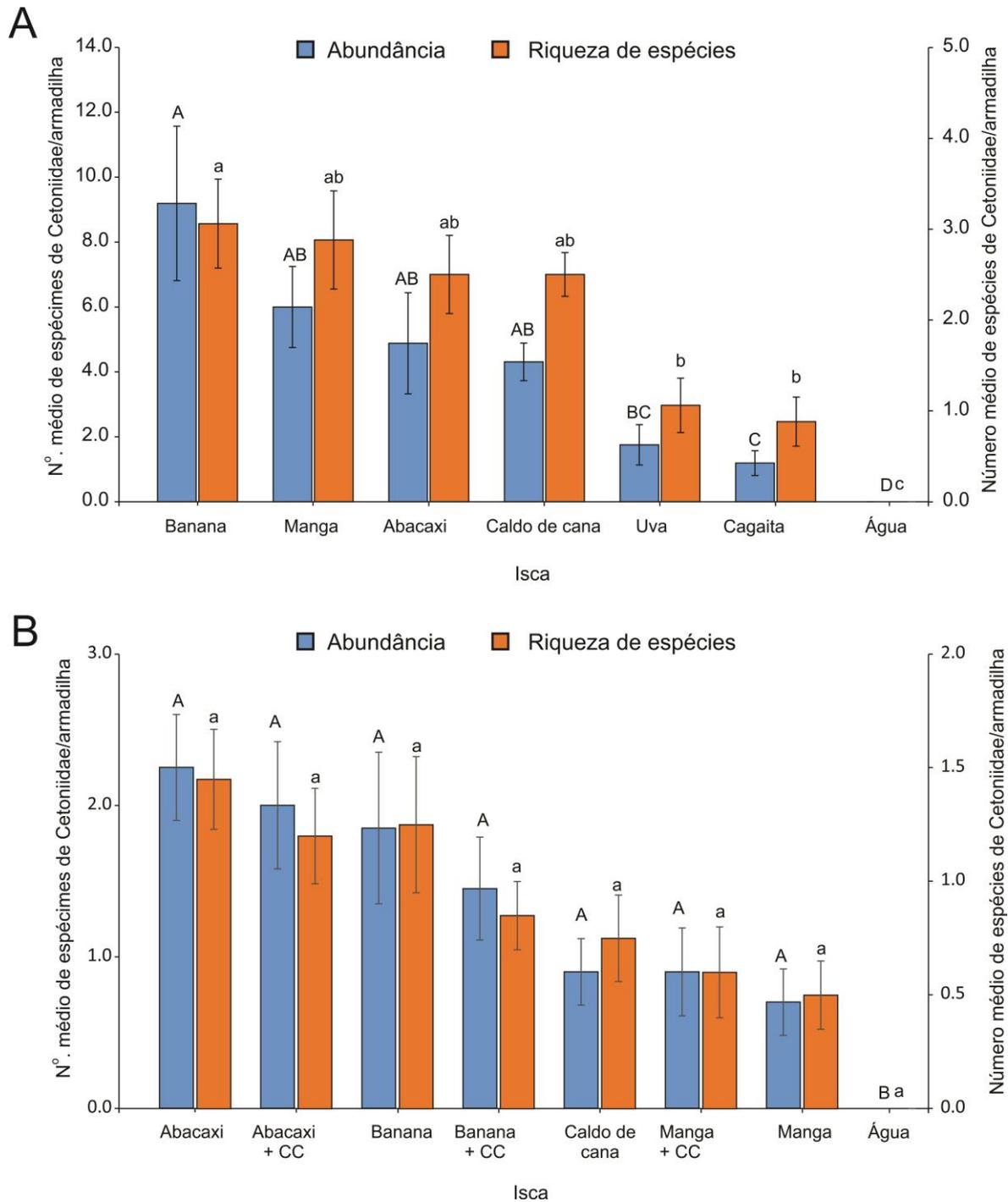


Fig. 2. Abundância e riqueza de Cetoniidae coletados em campo sujo, nas unidades de conservação Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em Brasília-DF, nos meses de novembro e dezembro de 2017 (experimento 1) e de 2018 (experimento 2). A) Experimento 1: armadilhas com isca (banana, abacaxi, manga, uva e cagaita) fermentadas com caldo de cana e caldo de cana usado separadamente e B) Experimento 2: armadilhas com frutas (banana, abacaxi e manga) fermentadas naturalmente e com caldo de cana e, caldo de cana usado separadamente. Barras seguidas de mesma letra maiúsculas dentro de abundância e letras minúsculas dentro de riqueza de espécies não diferem significativamente por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

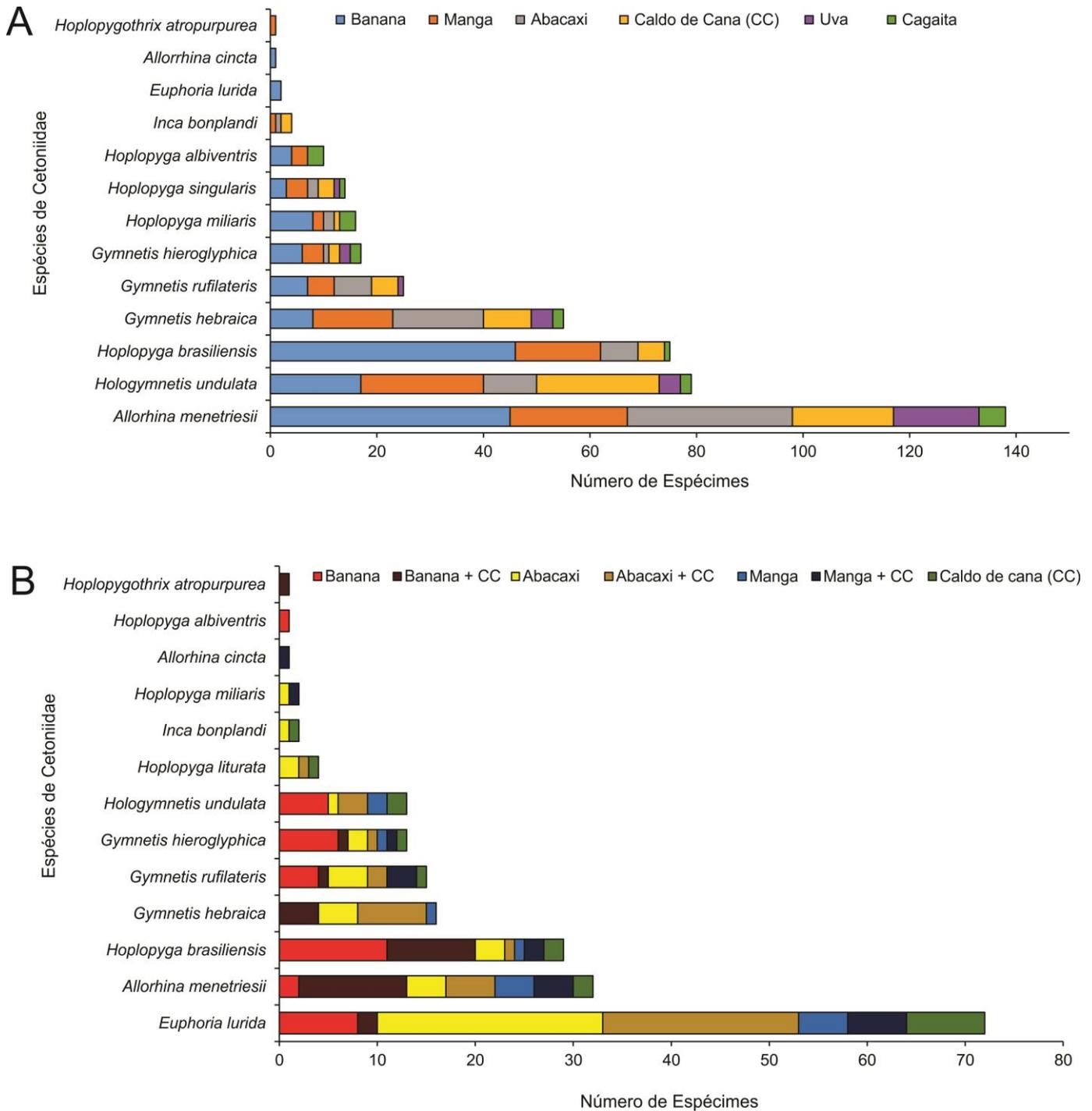


Fig. 3. Espécies de Cetoniidae coletadas em campo sujo, nas unidades de conservação Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em Brasília-DF, nos meses de novembro e dezembro de 2017 (experimento 1) e de 2018 (experimento 2). A) Experimento 1: armadilhas com isca (banana, abacaxi, manga, uva e cagaita) fermentadas com caldo de cana e caldo de cana usado separadamente e B) Experimento 2: armadilhas com frutas (banana, abacaxi e manga) fermentadas naturalmente e com caldo de cana e, caldo de cana usado separadamente.

Tabela 1. Espécies de Cetoniidae coletadas em campo sujo, nas unidades de conservação Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em Brasília-DF, nos meses de novembro e dezembro de 2017 (experimento 1) e de 2018 (experimento 2). Experimento 1: armadilhas com isca (banana, abacaxi, manga, uva e cagaita) fermentadas com caldo de cana e caldo de cana usado separadamente e experimento 2: armadilhas com frutas (banana, abacaxi e manga) fermentadas naturalmente e com caldo de cana e, caldo de cana usado separadamente.

	Banana com caldo de cana	Banana	Manga com caldo de cana	Manga	Abacaxi com caldo de cana	Abacaxi	Caldo de canna	Uva com caldo de cana	Cagaita com caldo de cana	Total
<b>Experimento 1</b>	<b>147</b>	-	<b>96</b>	-	<b>78</b>	-	<b>69</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>437</b>
<i>Allorrhina cincta</i> (Gory & Percheron, 1833)	1	-	0	-	0	-	0	0	0	1
<i>Allorrhina menetriesii</i> (Mannerheim, 1829)	45	-	22	-	31	-	19	16	5	138
<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius, 1775)	2	-	0	-	0	-	0	0	0	2
<i>Gymnetis hebraica</i> (Drapiez, 1820)	8	-	15	-	17	-	9	4	2	55
<i>Gymnetis hieroglyphica</i> Vigors, 1825	6	-	4	-	1	-	2	2	2	17
<i>Gymnetis rufilatrix</i> (Illiger, 1800)	7	-	5	-	7	-	5	1	0	25
<i>Hologymnetis undulata</i> (Vigors, 1825)	17	-	23	-	10	-	23	4	2	79
<i>Hoplopyga albiventris</i> (Gory & Percheron, 1833)	4	-	3	-	0	-	0	0	3	10
<i>Hoplopyga brasiliensis</i> (Gory & Percheron, 1833)	46	-	16	-	7	-	5	0	1	75
<i>Hoplopyga miliaris</i> (Gory & Percheron, 1833)	8	-	2	-	2	-	1	0	3	16
<i>Hoplopyga singularis</i> (Gory & Percheron, 1833)	3	-	4	-	2	-	3	1	1	14
<i>Hoplopygothrix atropurpurea</i> (Schaum, 1841)	0	-	1	-	0	-	0	0	0	1
<i>Inca bonplandi</i> (Gyllenhal, 1817)	0	-	1	-	1	-	2	0	0	4
<b>Experimento 2</b>	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>18</b>	-	-	<b>201</b>
<i>Allorrhina cincta</i> (Gory & Percheron, 1833)	0	0	1	0	0	0	0	-	-	1
<i>Allorrhina menetriesii</i> (Mannerheim, 1829)	11	2	4	4	5	4	2	-	-	32
<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius, 1775)	2	8	6	5	20	23	8	-	-	72
<i>Gymnetis hebraica</i> (Drapiez, 1820)	4	0	0	1	7	4	0	-	-	16
<i>Gymnetis hieroglyphica</i> Vigors, 1825	1	6	1	1	1	2	1	-	-	13
<i>Gymnetis rufilatrix</i> (Illiger, 1800)	1	4	3	0	2	4	1	-	-	15
<i>Hologymnetis undulata</i> (Vigors, 1825)	0	5	0	2	3	1	2	-	-	13
<i>Hoplopyga albiventris</i> (Gory & Percheron, 1833)	0	1	0	0	0	0	0	-	-	1
<i>Hoplopyga brasiliensis</i> (Gory & Percheron, 1833)	9	11	2	1	1	3	2	-	-	29
<i>Hoplopyga liturata</i> (Olivier, 1789)	0	0	0	0	1	2	1	-	-	4
<i>Hoplopyga miliaris</i> (Gory & Percheron, 1833)	0	0	1	0	0	1	0	-	-	2
<i>Hoplopygothrix atropurpurea</i> (Schaum, 1841)	1	0	0	0	0	0	0	-	-	1
<i>Inca bonplandi</i> (Gyllenhal, 1817)	0	0	0	0	0	1	1	-	-	2

## Perfis quíratmicos de voláteis produzidos pelas iscas

Quando se avaliou a quantidade total de COVs liberados por cada fruta observou-se que há diferenças significativas entre os tratamentos (Anodev,  $\chi^2 = 1709,65$ ; gl = 10;  $p < 0,001$ ) (Fig. 4). As iscas apresentaram variabilidade na quantidade e qualidade dos compostos químicos liberados por cada uma. As iscas de banana e uva misturadas com o caldo de cana foram as que apresentaram as maiores quantidades de voláteis totais diferindo significativamente das demais iscas (Fig. 4). A análise de contraste mostrou que as principais diferenças encontradas na quantidade total de voláteis das iscas avaliadas foram observadas na isca de banana com caldo de cana comparado com caldo de cana, manga com caldo de cana e uva; e uva com caldo de cana versus caldo de cana, manga com caldo de cana, banana e uva (Fig. 4 e Tabela 2).

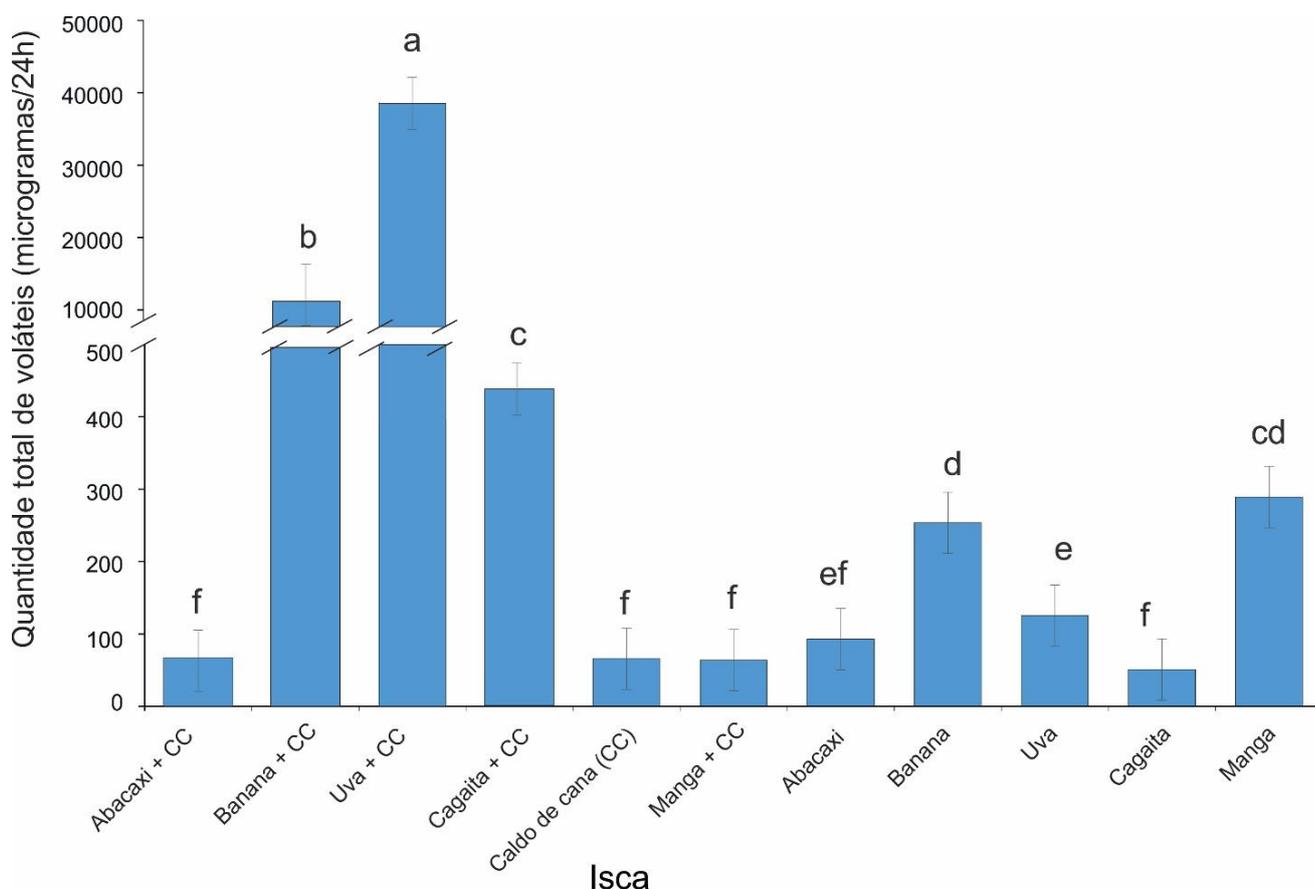


Fig. 4. Quantidade total de compostos orgânicos voláteis ( $\mu\text{g}/24\text{h} \pm$  erro padrão) produzido por cada uma das iscas (frutas fermentadas naturalmente e com caldo de cana e caldo de cana separadamente) utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae. Os valores dos testes estatísticos para cada comparação estão na Tabela 1. CC = caldo de cana.

Tabela 2. Análise de contraste (df = 209), para as iscas fermentadas com e sem caldo de cana (CC) por 48 horas utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae nas unidades de conservação Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) em Brasília, Distrito Federal, Brasil nos meses de novembro e dezembro de 2017 (experimento 1) e de 2018 (experimento 2).

<b>Tratamentos</b>	<b>t</b>	<b>p</b>
Abacaxi CC vs Banana CC	5,92	< 0,001
Abacaxi CC vs Uva CC	5,94	< 0,001
Abacaxi CC vs Cagaita CC	5,02	< 0,001
Abacaxi CC vs Caldo de Cana	0,17	= 0,866
Abacaxi CC vs Manga CC	0,04	= 0,969
Abacaxi CC vs Abacaxi	1,57	= 0,119
Abacaxi CC vs Banana	4,34	< 0,001
Abacaxi CC vs Uva	2,65	= 0,009
Abacaxi CC vs Cagaita	-0,88	= 0,379
Abacaxi CC vs Manga	4,53	< 0,001
Abacaxi vs Banana	3,56	< 0,001
Abacaxi vs Uva	1,26	= 0,208
Abacaxi vs Cagaita	-2,27	= 0,025
Abacaxi vs Manga	3,83	< 0,001
Banana CC vs Uva CC	4,13	< 0,001
Banana CC vs Cagaita CC	-5,44	< 0,001
Banana CC vs Caldo de Cana	-6,07	< 0,001
Banana CC vs Manga CC	-6,07	< 0,001
Banana CC vs Abacaxi	-5,91	< 0,001
Banana CC vs Banana	-5,97	< 0,001
Banana CC vs Uva	-6,03	< 0,001
Banana CC vs Cagaita	-5,62	< 0,001
Banana CC vs Manga	-5,51	< 0,001
Banana vs Uva	-2,76	= 0,006
Banana vs Cagaita	-4,44	< 0,001
Banana vs Manga	0,55	= 0,585
Uva CC vs Cagaita CC	-5,59	< 0,001
Uva CC vs Caldo de Cana	-6,09	< 0,001
Uva CC vs Manga CC	-6,09	< 0,001
Uva CC vs Abacaxi	-5,94	< 0,001
Uva CC vs Banana	-6,06	< 0,001
Uva CC vs Uva	-6,08	< 0,001
Uva CC vs Cagaita	-5,64	< 0,001
Uva CC vs Manga	-5,61	< 0,001
Uva vs Cagaita	-3,15	= 0,002
Uva vs Manga	3,13	= 0,002
Cagaita CC vs Caldo de Cana	-5,09	< 0,001
Cagaita CC vs Manga CC	-5,13	< 0,001
Cagaita CC vs Abacaxi	-54,55	< 0,001
Cagaita CC vs Banana	-2,10	= 0,037
Cagaita CC vs Uva	-4,11	< 0,001
Cagaita CC vs Cagaita	-4,94	< 0,001
Cagaita CC vs Manga	-1,52	= 0,13
Cagaita vs Manga	4,59	< 0,001
Caldo de Cana vs Manga CC	0,13	= 0,895
Caldo de Cana vs Abacaxi	1,43	= 0,153
Caldo de Cana vs Banana	4,37	< 0,001
Caldo de Cana vs Uva	2,57	= 0,011
Caldo de Cana vs Cagaita	-1,05	= 0,297
Caldo de Cana vs Manga	-4,58	= 0,011
Manga CC vs Abacaxi	1,56	= 0,121
Manga CC vs Banana	4,43	< 0,001
Manga CC vs Uva	2,68	= 0,008
Manga CC vs Cagaita	-0,93	= 0,356
Manga CC vs Manga	4,63	< 0,001

Observou-se que para algumas frutas como a banana, uva e cagaita ao combinar com o caldo de cana houve um aumento significativo de voláteis emitidos, quando comparado com a mesma fruta sem o caldo de cana (CC). Para o abacaxi a combinação com o caldo de cana não incrementou e nem diminuiu a produção de COVs, mas para a manga houve uma diminuição na produção de voláteis totais quando misturada com o caldo de cana (Fig. 4 e Tabela 2).

Pela análise de componentes principais (ACP) não se observou diferença significativa na qualidade de voláteis liberados ao longo dos sete dias. Entretanto, como a avaliação de captura dos insetos não foi diária não se levou em consideração nas análises estatísticas a variabilidade da produção de COVs ao longo dos dias.

A ACP dos dados de manga, abacaxi, banana, cagaita e uva separou os tratamentos (Fig. 5A) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 42,4% do total da variância dos dados. Os grupos funcionais que contribuíram para a separação das iscas foram: manga - terpeno (a-pineno) e monoterpeno (3-careno); abacaxi – éster (acetato de fenetila) e monoterpeno (3-careno); banana – álcool [(e) -2-hexenol] e cetona (2-heptanona); cagaita – éster (hexanoato de etila) e terpeno (limoneno) ;e uva – éster (acetato isoamílico) e monoterpeno (3-careno) (Fig. 6A).

Observou-se que a maior parte dos compostos está relacionada com os tratamentos das iscas de banana e abacaxi. O composto acetato de fenetila (C39) foi liberado em maior quantidade pela isca de abacaxi. Os compostos (E)-2-hexenol (C113) e 2-heptanona (C8) foram liberados em maior quantidade pela isca de banana. Os compostos 3-careno (C21), a-pineno (C12) foram liberados em maior quantidade pela isca de manga. O composto hexanoato de etila (C18) foi liberado em maior quantidade pela isca de cagaita e o composto acetato isoamílico (C6) foi liberado em maior quantidade pela isca de uva (Fig. 6A).

A ACP dos dados do caldo de cana e das frutas manga, abacaxi, banana e cagaita misturados com caldo de cana separou os tratamentos (Fig. 5B) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 67,5% do total da variância dos dados. Nessa análise não foi utilizada a isca composta por uva com caldo de cana por ela

apresentar os mesmos resultados encontrados na ACP de uva com caldo de cana e uva fermentada naturalmente (Fig. 7E).

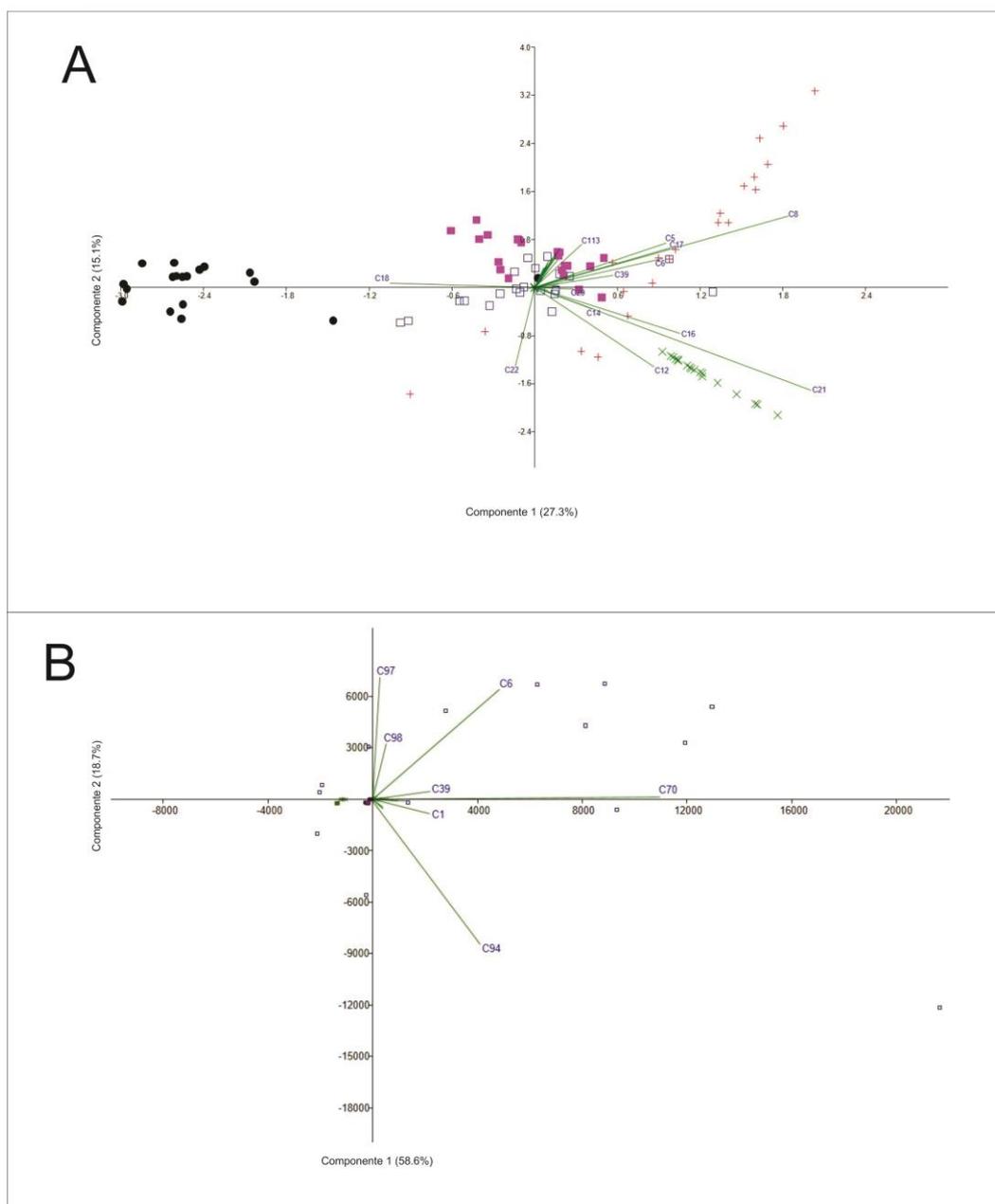


Fig. 5. Análise de Componentes Principais (ACP) dos voláteis presentes nas iscas utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae. (A) manga (x), abacaxi (□), banana (+), cagaita (□) e uva (□) fermentadas naturalmente por 48 horas. A figura mostra somente os principais compostos responsáveis pela separação dos tratamentos. [C113) (e)-2-hexenol, C5) n-hexanol, C8) 2-heptanona, C17) butanoato de butila, C6) acetato isoamílico, C39) acetato de fenetila, C29) nonanal, C14) β-pineno, C16) mirceno, C21) 3-careno, C12) α-pineno, C22) limoneno, C18) hexanoato de etila]. (B) manga (□), abacaxi (x), caldo de cana (□), banana (+) e cagaita (□) fermentadas com caldo de cana por 48 horas. A figura mostra somente os principais compostos responsáveis pela separação dos tratamentos. [C30) 1-feniletanol, C143) β-feniletilacetato, C39) acetato de fenetila, C70) álcool fenílico, C21) 3-careno].

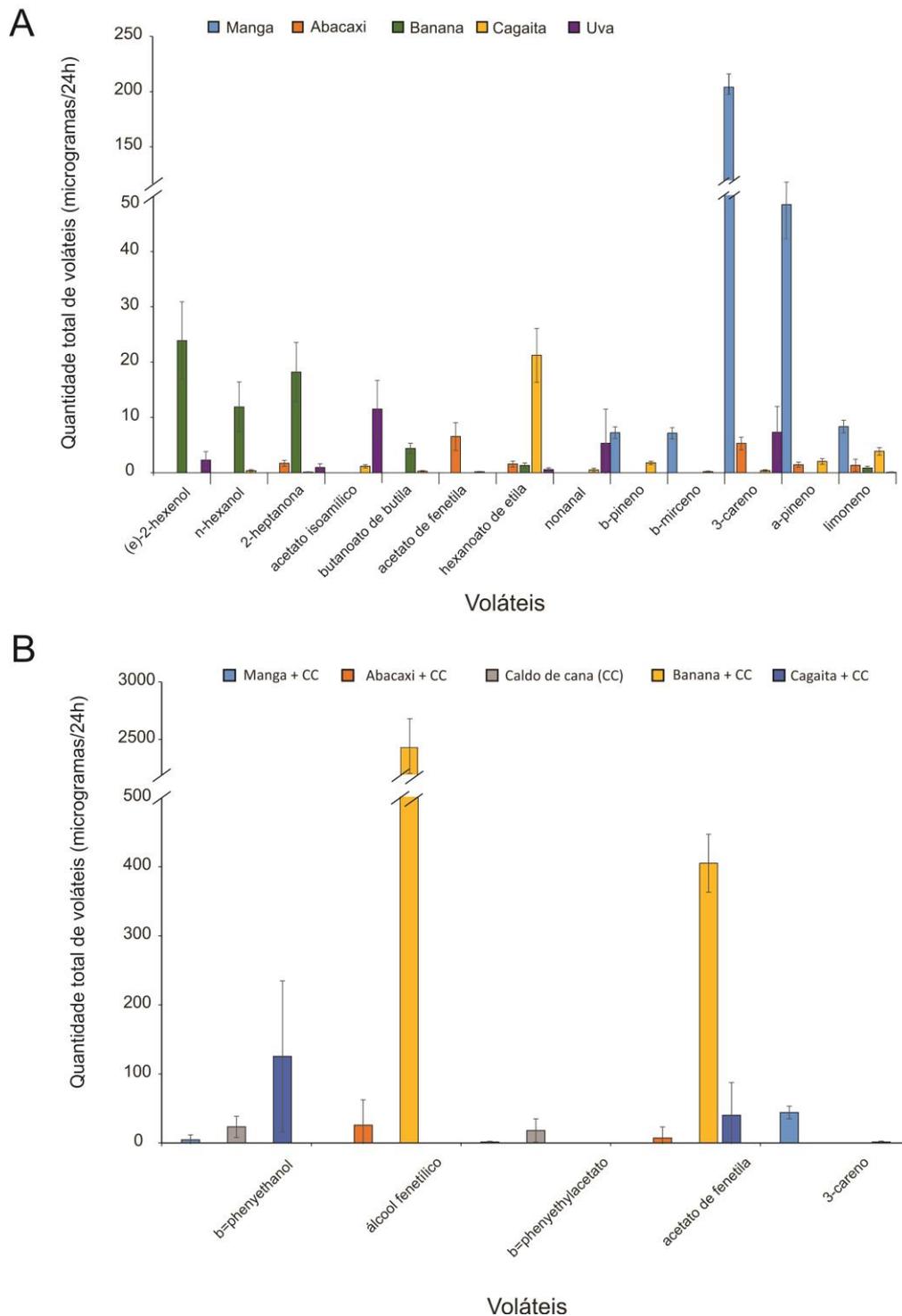


Fig. 6. Quantidade de voláteis liberados ( $\mu\text{g}/24 \text{ h} \pm$  erro padrão) das iscas utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae. (A) manga, abacaxi, banana, cagaita e uva fermentadas naturalmente por 48 horas e (B) manga, abacaxi, banana e cagaita fermentadas com caldo de cana por 48 horas e caldo de cana isoladamente.

Os grupos funcionais que contribuíram para a separação das iscas foram: abacaxi com caldo de cana - acetato e álcool; caldo de cana – terpeno; cagaita com caldo de cana - álcool e acetato. O composto 3-careno (C21) foi liberado em maior quantidade pela isca de manga com caldo de cana (Fig. 6B). O composto álcool fenílico (C70) foi liberado em maior quantidade pela isca de abacaxi com caldo de cana. E novamente o composto álcool fenílico (C70) foi liberado em maior quantidade pela isca de banana com caldo de cana (Fig. 6B).

Já para as iscas abacaxi com caldo de cana e abacaxi, a ACP separou os dois tratamentos (Fig. 7A) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 44,1% do total da variância dos dados. Os grupos funcionais que contribuíram para a separação da isca abacaxi com caldo de cana foram aldeído, terpeno, éster, ácido e álcool, com a maior liberação dos compostos álcool fenílico (C70), ácido 3-metil butírico (C146), que estão claramente relacionados com a isca de abacaxi com caldo de cana, quase todos os outros compostos estão relacionados somente com a isca de abacaxi. Os compostos álcool 2-metil-1-butanol (C145), acetato isoamílico (C6) e acetato de 3-metil butila (C160) foram emitidos em quantidades bem maiores pela isca de abacaxi comparada a isca de abacaxi com caldo de cana (Fig. 8A).

Para os dados de banana com caldo de cana e banana a ACP também separou os dois tratamentos (Fig. 7B) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 67% do total da variância dos dados. Os grupos funcionais que contribuíram para a separação da isca banana com caldo de cana foram álcool e éster, sendo que todos os compostos estão direcionados com a isca de banana com caldo de cana (Fig. 8B). Os compostos 2-heptanol (C59), isobutanoato isoamílico (C69) e hexanoato de etila (C18) são liberados em maior quantidade pelo tratamento de banana com caldo de cana. Os compostos 3 metilbutanoato de isopentila (C126), 2-heptanol (C59) e acetato de 2-pentila (C4) são liberados em maior quantidade no extrato de banana (Fig. 8B).

A ACP dos dados de cagaita com caldo de cana e cagaita separou os dois tratamentos (Fig. 7C) e, novamente os compostos estão relacionados com o tratamento da cagaita com caldo de cana. A soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 57,7%

do total da variância dos dados. O grupo funcional que contribuiu para a separação da isca cagaita foi o álcool (Fig. 8C). Os compostos hexanoato de etila (C18), acetato de fenetila (C39) e o monoterpene limoneno (C22) foram liberados em maior quantidade pelo tratamento cagaita com caldo de cana. Os hexanoato de etila (C18), álcool isoamílico (C1) e limoneno (C22) foram liberados em maior quantidade pela cagaita (Fig. 8C).

A ACP dos dados de manga com caldo de cana e manga separou os dois tratamentos (Fig. 7D) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 73,1% do total da variância dos dados. Diferente dos outros tratamentos, no caso da manga, a isca sem o caldo de cana emitiu uma maior diversidade de voláteis e maior quantidade, principalmente de derivados terpênicos, como os monoterpenos, a-pineno (C12), 3-careno (C21), mirceno (C16), que são típicos monoterpenos produzidos pelos frutos da mangueira. O composto 3-careno (C21) foi liberado em maior quantidade pela isca de manga com caldo de cana. Os compostos 3-careno (C21) e a-pineno (C12) estão em maior quantidade no extrato de manga (Fig. 8D).

A ACP dos dados de uva com caldo de cana e uva separou os dois tratamentos (Fig. 7E) e, a soma dos valores obtidos para os dois primeiros componentes principais apresentaram uma explicação de 76,8% do total da variância dos dados. A isca com o extrato de uva concentrou-se toda em um único ponto, indicando uma baixa variabilidade na quantidade emitida entre os compostos neste tratamento, já quando a isca de uva foi misturada com o caldo de cana houve uma diferença significativa na produção dos compostos, mostrada pela dispersão dos compostos (Fig. 7E). Apesar dos grupos se sobreporem, pode-se inferir que há diferença quantitativa nos compostos produzidos entre os dois tratamentos, que é confirmado quando se observa a quantidade dos compostos emitidos (Fig. 8E). Os compostos acetato isoamílico (C6), álcool fenílico (C70) e álcool isoamílico (C1) e 3-hidroxibutanoato de etila (C98) são liberados em maior quantidade pelo tratamento uva com caldo de cana (Fig. 8E).

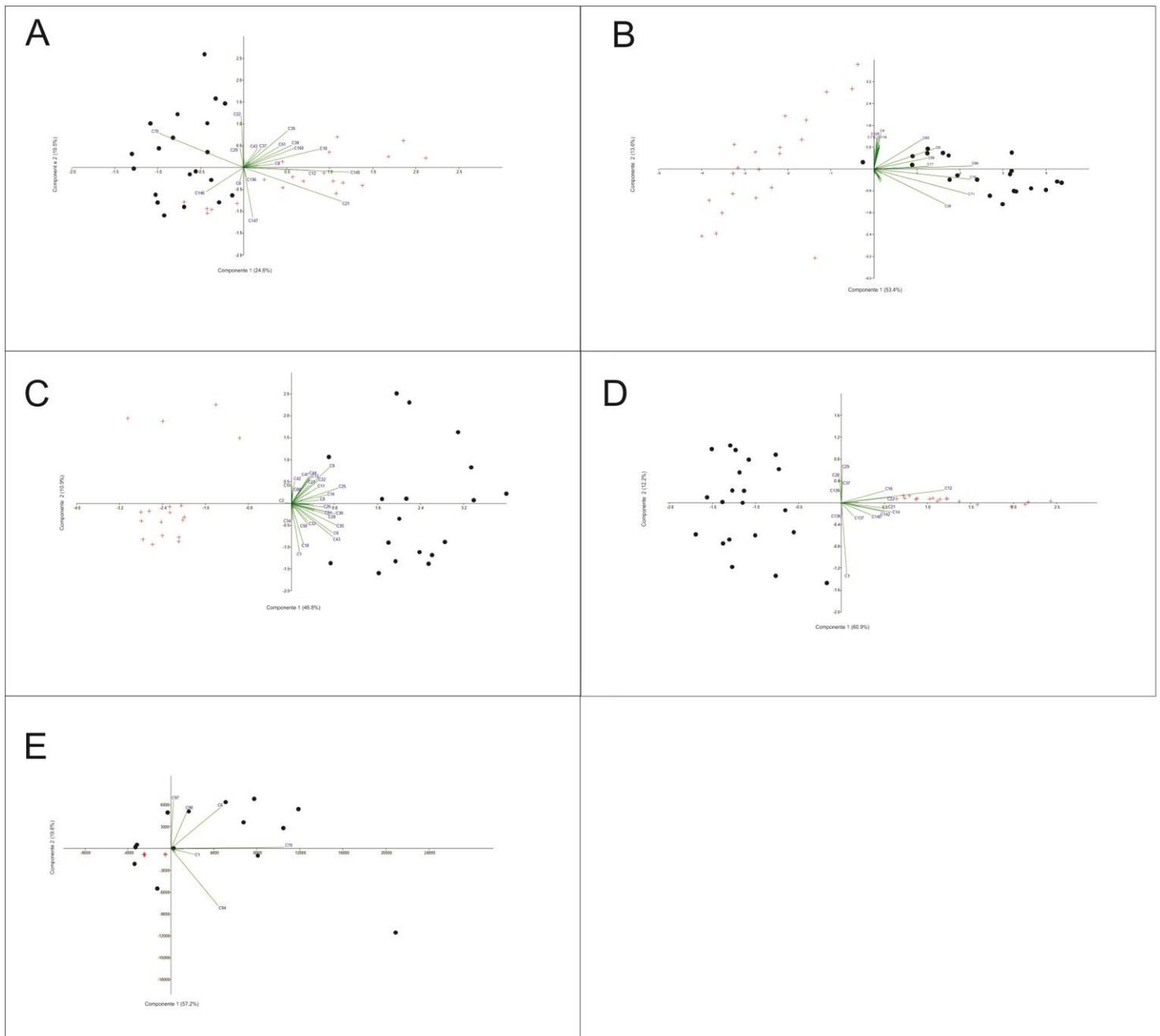


Fig. 7. Análise de Componentes Principais (ACP) para as iscas utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae. A) abacaxi com caldo de cana (●) e abacaxi (+), B) banana com caldo de cana (●) e banana (+), C) cagaita com caldo de cana (●) e cagaita (+), D) manga com caldo de cana (●) e manga (+) e E) uva com caldo de cana (●) e uva (+) fermentadas por 48 horas.

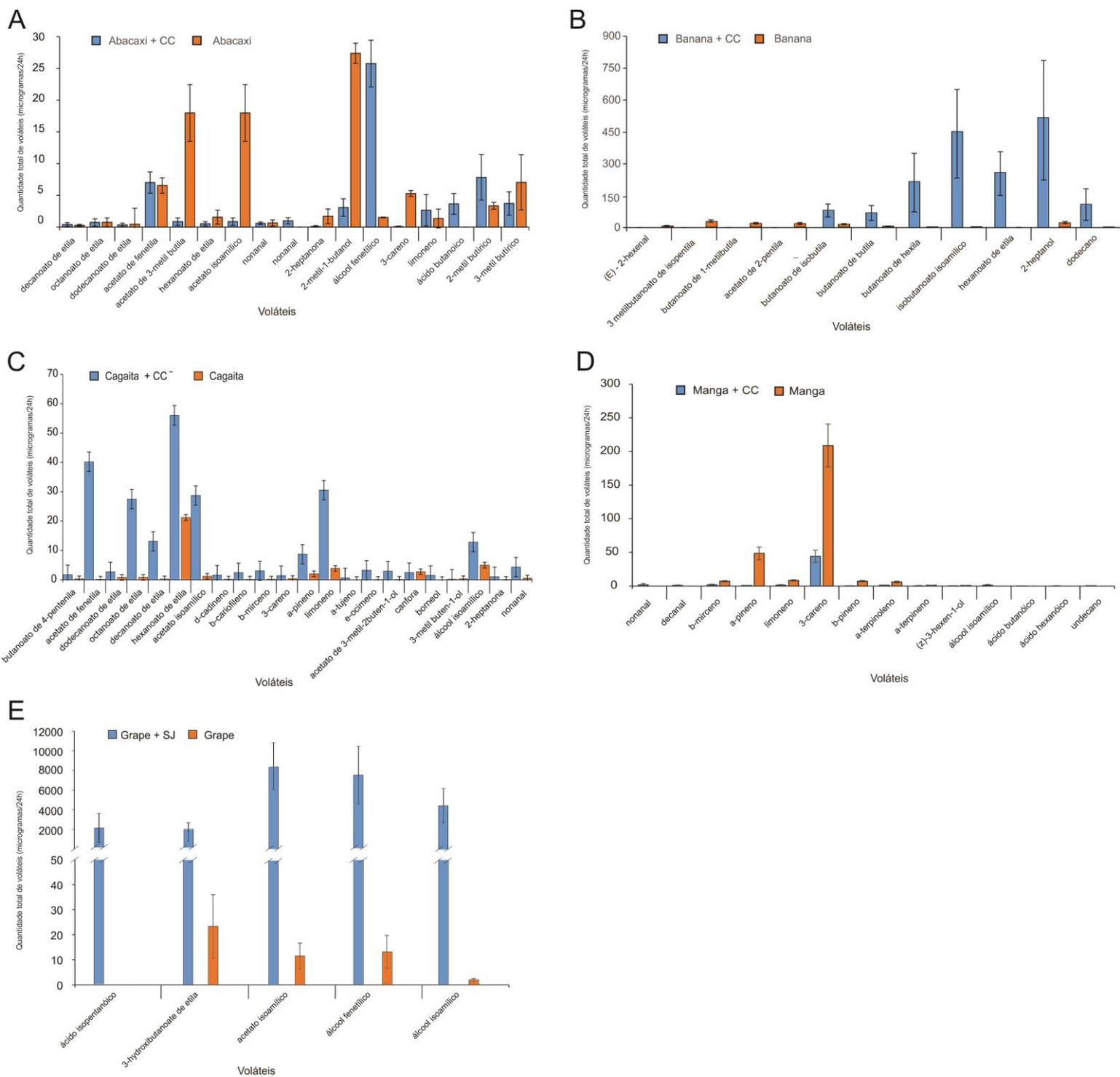


Fig. 8. Quantidade de voláteis liberados (ug/24h ± erro padrão) das iscas, fermentas por 48 h com e sem caldo cana, utilizadas no estudo de estimativa da diversidade de Cetoniidae. A) abacaxi, B) banana, C) cagaita, D) manga e E) uva.

## Discussão

Nossos principais achados foram que a banana, o abacaxi e a manga fermentados com o caldo de cana se mostraram as iscas mais adequadas e atrativas para os Cetoniidae, responsáveis pela coleta das maiores abundâncias e riqueza do grupo. A cagaita foi a isca menos adequada quanto a atratividade de adultos de Cetoniidae. Verificamos que não ocorre interferência do caldo de cana comparado a fruta fermentada naturalmente quanto a atratividade, abundância e riqueza do grupo. No entanto, existe diferença na quantidade e nos tipos de compostos voláteis que são liberados por cada fruta, e as maiores quantidades de voláteis são liberados pela banana e uva quando misturados com o caldo de cana. Esses resultados sugerem que os Cetoniidae podem ser atraídos por uma ampla gama de compostos voláteis, pois embora os perfis químicos das iscas sejam bastante distintos (tanto na quantidade quanto na qualidade), os adultos foram atraídos igualmente pelas iscas de banana, manga, abacaxi e caldo de cana utilizados juntos ou isoladamente. Importante observar também que os Cetoniidae dependem dos odores liberados pelas frutas fermentadas para sua atração uma vez que o uso de armadilhas não iscadas utilizadas como controle (contendo somente água) não coletou nenhum indivíduo.

As antenas dos insetos são estruturas sensoriais importantes, possuem sensilas de vários tipos e formas que permitem a percepção de odores e temperatura. São responsáveis pela recepção de semioquímicos, auxiliando os insetos a localizarem plantas, flores e frutos usados como alimento e locais de acasalamento (Schneider, 1964; Wee et al., 2016). Desta forma, insetos coletados por meio de armadilhas iscadas são atraídos por compostos voláteis percebidos por meio de sensilas olfativas antenais e, esses compostos podem ser notados a grandes distâncias dependendo das características da área e da velocidade do vento (Hansson & Stensmyr, 2011).

Contrariando nossa hipótese, a isca de cagaita fermentada com caldo de cana foi a isca com a menor atratividade para os Cetoniidae, principalmente com relação à variável abundância. A cagaita produziu menos voláteis totais que as outras iscas, mas houve um sinergismo que favoreceu a produção e emissão de

voláteis quando combinado ao caldo de cana, resultado similar foi observado para a banana e abacaxi. No entanto, quando se analisa a qualidade dos voláteis emitidos, a cagaita apresenta um perfil de voláteis bem específico comparado as outras frutas. Somente no perfil da cagaita fermentada com caldo de cana foram identificados os ésteres etílicos em grande quantidade, além do composto limoneno. Limoneno pode agir como repelente para alguns insetos (Karr et al., 1990), fato que pode ajudar a explicar a baixa abundância coletada nesta isca. Estudos futuros poderiam avaliar o efeito do limoneno sozinho e combinado aos ésteres identificados na cagaita fermentada com caldo de cana para verificar a resposta comportamental dos insetos. Além disso, a pequena quantidade de insetos capturados na isca de cagaita sozinha pode ser devido ao baixo volume de voláteis emitidos, não sendo, provavelmente, uma isca facilmente detectável pelos insetos no campo, onde há uma elevada competição por diferentes odores.

Outros aspectos que devem ser considerados são que a cagaita pertencente à família Myrtaceae, com altura variando de 5 a 10 m (Brito et al., 2003), está presente nos biomas Caatinga, Pantanal e Cerrado (principalmente em cerrado *sensu stricto* e cerradão) (Scariot & Ribeiro, 2015) sendo que toda sua atividade fenológica ocorre no período chuvoso (Sano et al., 1995). O início das chuvas, principalmente no Cerrado é considerado também o gatilho para o aumento populacional de insetos (Silva et al., 2011). A fruta apresenta características, como polpa e cores bastante atrativas (Sano et al., 1995) mas apesar de todo o processo de floração e frutificação da cagaita ser entre o final do período da seca e início do período chuvoso, os frutos, que são altamente perecíveis (Scariot & Ribeiro, 2015), amadurecem entre os meses de setembro e outubro, o que torna pouco provável a coincidência entre a maior abundância de Cetoniidae e a disponibilidade das frutas no campo, já que a maior abundância e riqueza dos adultos acontece em novembro (Evangalista Neto et al., 2017). Além disso, trabalho de levantamento da artropodofauna em cagaita constatou que não há representantes da ordem Coleoptera associados a essa planta (Rocha et al, 2020).

Não verificamos interferência do caldo de cana quando utilizado juntamente com as frutas na abundância e riqueza do grupo comparado as frutas em processo de fermentação natural. Podemos inferir, considerando principalmente os voláteis produzidos, que existe um sinergismo entre a fruta e

o caldo de cana, entretanto, o caldo de cana quando utilizado isoladamente não diferiu estatisticamente da banana, abacaxi e manga (Fig. 2A). Para algumas frutas como a banana, uva e cagaita ao combinar com o caldo de cana houve um aumento significativo de voláteis emitidos, comparado com a mesma fruta sem o caldo de cana. Para o abacaxi a combinação com o caldo de cana não incrementou e nem diminuiu a produção de COVs, mas para a manga houve uma diminuição na produção de voláteis totais quando misturada com o caldo de cana. A manga produz constitutivamente uma alta quantidade de terpenos, como 3-careno, (E)-ocimeno e mirceno, além dos sesquiterpenos. A produção dos voláteis da manga diminuiu, mas houve um aumento na emissão dos voláteis envolvidos com a fermentação da cana de açúcar com o os compostos.

O Cerrado apresenta sazonalidade, que provoca grande influência na vegetação (Becerra et al., 2009) aumentando ou diminuindo a oferta de recursos alimentares que variam estacionalmente em função do clima e, a sazonalidade na abundância de insetos é sincronizada com a disponibilidade desses recursos alimentares (Wolda, 1978; Silva et al., 2011). Nesse sentido, seria interessante em estudos futuros observar a influência que as flores de plantas do Cerrado exercem na atratividade do grupo, uma vez que a floração varia com a espécie vegetal e ocorre em momentos diferentes ao longo do ano.

Algumas espécies foram exclusivas das iscas de banana e manga. Esse é um ponto interessante quando se considera a escolha de uma isca para a coleta de insetos, pois aumenta as chances de amostrar e conhecer melhor a diversidade local. A maioria das espécies coletadas se mostrou generalistas quanto ao tipo de isca utilizada, mas as espécies *A. cincta* e *H. atropurpurea* foram mais restritivas na utilização do recurso, sendo coletadas apenas nas iscas de banana e manga fermentadas com caldo de cana. *Allorhina cincta* ocorre no centro-oeste e sul do Brasil, com um registro incerto para o norte da Argentina, é uma espécie de tamanho pequeno e distribuição relatada principalmente no Cerrado, sendo, portanto, uma espécie com potencial endêmico (Ratcliffe, 2015). A espécie *H. atropurpurea* se encontra no centro-oeste, sudeste e sul do Brasil, sem informações quanto a sua história natural e pouco representada em coleções, confirmando sua raridade na natureza (Ratcliffe, 2005). A escolha da isca deve levar em conta também a sua capacidade de coletar espécies raras, nesse sentido nossos resultados sugerem que a isca de banana pode ser a mais

adequada para a coleta de Cetoniidae no Cerrado, pois além de ter sido responsável pela coleta de uma grande diversidade (Fig. 2A), apresentar quantidade elevada de compostos voláteis (Fig. 4), também se mostrou adequada para a coleta das espécies consideradas raras.

O emprego de bebidas alcoólicas, como vinho e cerveja, para auxiliar na fermentação de frutas ou como a própria isca (Haddad, 2003; Fierros-López, 2008; Orozco, 2012; Touroult & Le Gall, 2013) pode não ser financeiramente viável, considerando a elevada quantidade de armadilhas utilizada, e consequentemente de isca. Diferente de alguns países, no Brasil temos uma grande diversidade de frutas e fácil acesso ao caldo de cana, permitindo coletas mais padronizadas e menos onerosas. As bebidas alcoólicas por sua vez apresentam variabilidade entre as marcas e adição de químicos, como conservantes e estabilizantes, além de possuírem custo elevado. Considerando que os Cetoniidae se alimentam de frutas maduras e néctar (Ritcher, 1958; Krikken, 1984), os compostos voláteis (como dos grupos funcionais éster e álcool) certamente serão oriundos da fermentação proveniente dos açúcares presentes na dieta.

Observou-se que existem diferenças significativas na quantidade e qualidade de voláteis produzidos entre os tratamentos (Fig. 4 e Fig. 5). A análise de componentes principais (ACP) mostrou que para todos os tratamentos houve agrupamento e separação dos tratamentos (fermentação natural e fermentação com caldo de cana) (Fig. 7 e Fig. 8). Os compostos que mais volatilizaram fazem parte dos grupos funcionais álcool (álcool fenetílico, 2-metil-1-butanol, 2 heptanol e isobutanoato isoamílico); éster (hexanoato de etila e acetato isoamílico) e terpeno (3 careno, típico de mangueira). Teste de atratividade com banana e 34 compostos sintéticos para *P. marginata*, mostrou que 17 compostos foram atrativos e outros foram considerados não atraentes (Larsson et al., 2003). Dentre os compostos atrativos, destacou-se o butanoato de butila que também foi encontrado neste estudo na isca de banana com caldo de cana. Dos compostos considerados não atraentes no estudo, nós encontramos os compostos (E) -2- hexenal e (E) -2-hexenol presentes na isca de banana, álcool isoamílico na cagaita e em maior quantidade na uva com caldo de cana, e o álcool fenetílico presente no abacaxi com caldo de cana, uva com caldo de cana e banana com caldo de cana. Vale destacar que apesar do álcool fenetílico ter

sido considerado não atrativo, ele já foi utilizado como isca para Cetoniidae sendo *Oxythyrea funesta* (Poda) a espécie mais coletada (Vuts et al., 2009). No presente trabalho o caldo de cana utilizado isoladamente não diferiu estatisticamente das iscas de banana, abacaxi e manga. Em coletas de Cetoniidae na Amazônia o caldo de cana foi a isca mais atrativa (Puker et al., 2020). É importante ressaltar que podem existir discrepâncias nos resultados encontrados e que muito dessas variações podem estar relacionadas a outros fatores, além dos compostos, como a quantidade da isca utilizada, tempo de fermentação, características da área, dentre outros.

Os resultados apresentados aqui sugerem que a riqueza dos voláteis produzidos pelas diferentes iscas é enorme, e que a atratividade dos insetos deve estar relacionada com o acetato de fenetila, ésteres e terpenos produzidos pelas iscas em grandes quantidades, pelo menos em maiores quantidades do que as produzidas pelas iscas de uva e cagaita. Interessante notar que as iscas de uva fermentada com caldo de cana e cagaita fermentada com caldo de cana produziram quantidades maiores de álcool fenetílico do que as outras iscas. Esses compostos poderiam ser utilizados em bioensaios em laboratório para avaliar se são atrativos, repelentes ou ainda se mascaram a percepção dos odores atrativos das iscas. Ainda deve se levar em consideração que a escolha e a percepção de um odor não dependem somente da qualidade e quantidade, mas também de características da área e do vento para que possam ser percebidos.

Áreas com características mais abertas geram microclima mais seco favorecendo a dessecação mais rápida da dieta fazendo com que os voláteis da fermentação se tornem mais intensificados e por ser uma área aberta os voláteis se espalham com maior facilidade e rapidez através de ventos e pela menor presença de barreiras físicas (Fuentes et al., 2016). Cetoniidae são besouros diurnos com voos longos que tiram vantagem de áreas abertas tendo em vista que apesar do recurso alimentar ser efêmero, eles podem localizá-lo de maneira mais rápida e com menor gasto de energia, passando menos tempo forrageando e reduzindo possíveis predações (Goodell, 2003). Portanto, a percepção dos odores pelos insetos no campo parece depender de um conjunto de fatores e baseado em nossos resultados a banana, abacaxi e manga misturadas com o caldo de cana se mostraram iscas adequadas para estudos com o grupo.

A seleção de uma isca mais adequada e sua padronização e utilização em outros estudos, assim como o tipo de armadilha utilizada, é muito importante para comparações entre estudos e localidades, principalmente porque embora os Cetoniidae sejam um grupo diverso de insetos, existe falta de informação em relação a real diversidade dessa família nos diferentes locais e biomas brasileiros.

## Referências Bibliográficas

ABE, L.T.; DA MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. 2007. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 27(2): 394-400.

AYDIN, G. 2011. Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis (Tropinota) hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults - key to effective population monitoring and suppression. Florida Entomologist. 94(4): 832-838.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S.; CHRISTENSEN, R.H.B.; SINGMANN, H., et al. 2017. lme4: linear mixed-effects models using Eigen and S4. <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/>. Accessed on 29 January 2017.

BECERRA, J.A.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; ALVALÁ, R.C.S. 2009. Relação do padrão sazonal da vegetação com precipitação na região de Cerrado da Amazônia legal, usando índices espectrais de vegetação. Revista Brasileira de Meteorologia. 24(2): 125-134.

BRITO, M.A.; PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; RIBEIRO, J.F.R. 2003. Cagaita: biologia e manejo. Planaltina: Embrapa Cerrados. 80p.

BRUCE, J.A.; PICKETT, J.A. 2011. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects – Finding the right mix. Phytochemistry. 72(13): 1605-1611. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.04.011>

BRUCE, T.J.A.; WADHAMS, L.J.; WOODCOCK, C.M. 2005. Insect host location: a volatile situation. Trends in Plant Science. 10(6): 269-274. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.04.003>

CAMARGO, A.J.A.; OLIVEIRA, C.M.; FRIZZAS, M.R.; SONODA, K.C.; CORRÊA, D.C.V. 2015. Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. Brasília, DF: Embrapa. 118p.

- CAMPOS, W.G.; PEREIRA, D.B.S.; SCHOEREDER, J.H. 2000. Comparison of the efficiency of flight-interception trap models for sampling Hymenoptera and other insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 29(3): 381-389.
- CANUTO, K.M.; SOUZA NETO, M.A.; GARRUTI, D.S. 2009. Composição química volátil, em diferentes estádios de maturação, de manga 'Tommy Atkins' produzida no vale do São Francisco. *Química Nova*. 9(32): 2377-2381.
- CONCHOU, L.; LUCAS, P.; MESLIN, C.; PROFFIT, M.; STAUDT, M.; RENO, R. 2019. Insect odorscapes: from plant volatiles to natural olfactory scenes. *Frontiers in Physiology*. 10: 972. doi: 10.3389/fphys.2019.00972
- CORREA, C. M. A.; PUKER, A.; LARA, M. A.; ROSA, C.; KORASAKI, V. 2019. Evaluation of baits for trapping of Neotropical flower chafer beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniinae). *Entomological Science*. 22(4):365-372.
- EVANGELISTA NETO, J.; OLIVEIRA, C.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; FRIZZAS, M.R. 2017. Diversity of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) in the Cerrado of Central Brazil. *Entomological Science*. 20:1-9.
- FIERROS-LÓPEZ, H.E. 2008. Cetoninos dos localidades de Jalisco, México (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Dugesiana*. 15(2): 147-151.
- FUENTES, J.D.; CHAMECKI, M.; ROULSTON, T.; CHEN, B.; PRATT, K.R. 2016. Air pollutants degrade floral scents and increase insect foraging times, *Atmospheric Environment*. 141: 361-374.
- GOODELL, K. 2003. Food availability a *Ectsosmia pumila* (Hymenoptera: Megachilidae) foraging, reproduction, and brood parasitism. *Oecologia*.134 (4): 518-527.
- HADDAD, C.R. 2003. Fruit chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniini) of the Ndumo Game Reserve and Tembe Elephant Park, KwaZulu-Natal. *African Entomology*. 11(1): 130–133.
- HAMMONS, D.; KURTURAL, S.K.; NEWMAN, M.C.; POTTER, D.A. 2009. Invasive Japanese beetles facilitate aggregation and injury by a native scarab pest of ripening fruits. *PNAS*. 106(10): 3686-3691.
- HANSSON, B.S.; STENSMYR, M.C. 2011. Evolution of insect olfaction. *Neuron*. 72: 698–711.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P.; HEIBERGER, R.M.; SCHUETZENMEISTER, A.; SCHEIBE, S.; et al. 2016. Package "multcomp". Simultaneous inference in general parametric models. <http://multcomp.R-forge.R-project.org>. Accessed on 23 March 2016.

JOHNSON, D.T.; LEWIS, B.A.; BRYANT, R.J.; LIYANAGE, R.; LAY, J.O.; PSZCZOLKOWSKI, A. 2009. Attractants for the green june beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology*. 102(6): 2224-2232.

KARR, L.L.; DREWES, C.D.; COATS, J. R. 1990. Toxic effects of d-limonene in the earthworm *Eisenia fetida*(Savigny). *Pesticide Biochem Physiol*. 16(2):175-186

KRIKKEN, J. 1984. A new key to the suprageneric taxa in the beetle family Cetoniidae, with annotated lists of the known genera. *Zoologische Verhandelingen*. 210: 1-175.

LARSSON, M.C.; STENSMYR, M.C.; BICE, S.B.; HANSSON, B.S. 2003. Attractiveness of fruit and flower odorants detected by olfactory receptor neurons in the fruit chafer *Pachnoda marginata*. *Journal of Chemical Ecology*. 29(5): 1253-68.

MOLINA, J.M. 2001. Incidencia de *Tropinota squalida* (Scopoli, 1783) (Coleoptera: Scarabaeidae) en el cultivo del arándano en Huelva (España): problemática asociada a su control. *Zapateri: Revista Aragonesa de Entomología*. 9: 93-98.

MORAL, R.A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. 2017. Half-normal plots and overdispersed models in R: The hnp package. *Journal of Statistical Software*. 81: 1–23.

MUDGE, A. D.; OROZCO, J.; PHILIPS, T. K.; ANTOINE, P. 2012. The cetoniine fauna of the Upper Guinean forests and savannas of Ghana (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Terrestrial Arthropod Reviews* 5:113–174.

NASCIMENTO JUNIOR, B.B.; OZORIO, L.P.; REZENDE, C.M.; SOARES, A.G.; FONSECA, M.J.O. 2008. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28(3): 649-658.

RODRIGUES, S.R.; OLIVEIRA, J.L.N.; BAGNARA, C.A.C.; PUKER, A. 2013. Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to fruit-baited traps near Aquidauana, Mato Grosso Do Sul, Brazil. *The Coleopterists Bulletin*. 67(2): 119-122.

PACHECO, F.C.; DELOYA, C.; CORTES G.P. 2006. Phytophagous scarab beetles from the Central Region of Guerrero, Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae). *Revista Colombiana de Entomología*. 32(2):191-199.

OROZCO, J. 2012. Monographic revision of the American genus *Euphoria* Burmeister, 1842 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *The Coleopterists Bulletin*. 11: 1-182.

OROZCO, J.; PARDO-LOCARNO, L.C. 2004. Description of immature stages of three species of American Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Zootaxa*. 769: 1-4. <https://biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.769.1.1>.

PROGRAMA ECOLÓGICO DE LONGA DURAÇÃO (PELD). 2016. Áreas de estudo. Disponível em: [http://www.peld.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8&Itemid=10](http://www.peld.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=10) Acesso em: 26 de junho de 2018.

PUKER, A.; ADVINCULA, H.L.; KORASAKI, V.; OROZCO, J. 2014. Biodiversity of Cetoniinae beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in introduced and native habitats in the Brazilian Atlantic Forest. *Entomological Science*. 17(3): 309-315. 10.1111/ens.12069

PUKER, A.; CORREA, C.M.A.; SILVA, A.S.; SILVA, J.V.O.; KORASAKI, V.; GROSSI, P.C. 2020. Effects of fruit-baited trap height on flower and leaf chafer scarab beetles sampling in Amazon rainforest. *Entomological Science*. 23(3): 245-255. <https://doi.org/10.1111/ens.12418>

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. Computer software, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RATCLIFFE, B.C. 2005. A review of the South American genus *Hoplopygothrix* Schürhoff (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). *The Coleopterists Bulletin*. 59(1): 136-142.

RATCLIFFE, B.C. 2015. A revision of the neotropical genus *Allorrhina* Burmeister, 1842 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). *The Coleopterists Bulletin*, 69(1): 91–113.

RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE (RECOR). 2021. A Reserva. Disponível em: <https://recor.ibge.gov.br/a-reserva/sobre-a-reserva.html> Acesso em: 4 de dezembro de 2021.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M & Almeida, S.P. (ed.) *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados. Planaltina –DF. p 89-166.

RITCHER, P.O. 1958. Biology of Scarabaeidae. *Annual Review of Entomology*. 3: 311-334.

ROCHA, W.S.; LOPES, R.M.; DA SILVA, D.B.; VIEIRA, R.F.; DA SILVA, J.P.; AGOSTINI-COSTA, T.S. 2011. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33(4): 1215-1221.

- ROCHA, C.B.S.; PEREIRA, J.M.; SILVA, J.F. PERES, A.J.A.; DAUD, R.D. 2020. Artropodofauna associada à cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC., Myrtaceae) em coleção de germoplasma ex situ em Goiás, Brasil. *Ciência Florestal*. 30(2): 463-472.
- RODRIGUES, D.F.; PUKER, A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2022. Cetoniidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/115404>>. Acesso em: 01 Fev. 2022
- SANO, S.M.; FONSECA, C.E.L.; RIBEIRO, J.F.; OGA, F.M.; LUIZ, A.J.B. 1995. Folhação, floração, frutificação e crescimento inicial da cagaiteira em Planaltina-DF. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 30(1): 5-14.
- SCARIOT, A.; RIBEIRO, J.F. 2015. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da cagaita. Embrapa, Brasília, DF. 39p.
- SCHNEIDER, D. 1964. Insect antennae. *Annual Review of Entomology*. 9: 103–122.
- SILVA, F.A.M.; ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. *In: Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, Brasília/DF, pp. 69–88.
- SILVA, N.A.P.; FRIZZAS, M.R.; OLIVEIRA, C.M. 2011. Seasonality in insect abundance in the Cerrado of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55(1): 79–87.
- SILVA, R.S.M.; CHAVES, L.J.; NAVES, R.V. 2001. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* dc.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 23(2): 330-334. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200026>
- SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. 2008. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 30(1): 59-64.
- SUBCHEV, M.A.; TOSHOVA, T.B.; ANDREEV, R.A.; PETROVA, V.D.; MANEVA, V.D.; SPASOVA, T.S.; MARINOVA, N.T.; MINKOV, P.M.; VELCHEV, D.I. 2011. Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*. 63(3): 269-276.
- TAKEOKA, G.R.; BUTTERY, R.G.; TERMISHI, R.; FLATH, R.A.; GUNTERT M. 1991. Identification of additional pineapple volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 39: 1848-1851.
- TOUROULT, J.; LE GALL, P. 2013. Fruit feeding Cetoniinae community structure in an anthropogenic landscape in West Africa. *Journal of Insect Conservation*. 17: 23–34.

VUTS, J.; ZOLTÁN, I.; TÓTH, M. 2008. Development of an attractant-baited trap for *Oxythyrea funesta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). Zeitschrift für Naturforschung C. 63(9-10): 761-768.

VUTS, J.; SZARUKÁN, I.; SUBCHEV, M.; TOSHOVA, T.; TÓTH, M. 2009. Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). Journal of Pest Science. 83: 15–20.

WEE, S.L.; OH, H.W.; PARK, K.C. 2016. Antennal sensillum morphology and electrophysiological responses of olfactory receptor neurons in trichoid sensilla of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Florida Entomologist. 99: 146–158.

WOLDA, H. 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. The Journal of Animal Ecology. 47(2): 369-381.

## CAPÍTULO 2

**Formações vegetais mais abertas (campestres e savânicas)  
suportam uma maior diversidade de Cetoniidae (Insecta:  
Coleoptera) no Cerrado**

Este capítulo foi submetido a revista Biodiversity and Conservation, portanto, está apresentado segundo as normas da revista.

**Open vegetation formations (grasslands and savannahs) support a higher diversity of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) than forest formations in the Brazilian Cerrado**

**Juliane Evangelista<sup>1</sup>, Charles M. Oliveira<sup>2</sup>, Marina R. Frizzas<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Campus Darcy Ribeiro, Brasília, DF, 70910-900, Brazil

<sup>2</sup> Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 73310-970, Brazil

**Corresponding author** Marina Regina Frizzas, Universidade de Brasília, Departamento de Zoologia, Brasília-DF, Brazil, \*frizzas@unb.br

ORCID IDs 0000-0002-1526-9809 (JE); 0000-0001-7352-820X (CMO); 0000-0002-6639-8424 (MRF)

**Acknowledgments** The authors thank the University of Brasília and the Graduate Program in Zoology for the infrastructure made available for this study, and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for providing scholarships to the first author and PPG/ZOO (04/2018) for financing a part of this project. We thank Marcus Vinícius Celani Rocha, Isabela Silva Oliveira, Maycon Vinícius Laia de Aquino, Túlio Martins Campo e Thales de Castro Silva for their great help in the field and Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT) for helping with Cetoniidae identification. The MRF has a CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) fellowship (process # 313952/2018-3). The collection was performed with permits from ICMBio (license # 53797-1).

## Abstract

Brazil has 22 genera and 75 species of Cetoniidae, with the Cerrado hosting the greatest diversity among Brazilian biomes. However, the diversity of groups among the different phytophysiognomies of the biome is not known. The objectives of this study are to assess Cetoniidae diversity and to verify the seasonality of these beetles in three Cerrado phytophysiognomies (gallery forest, cerrado *sensu stricto*, and campo sujo) located in three conservation units in Brasilia, Distrito Federal, Brazil. We collected adults monthly (October/2016 to September/2018) using 180 traps baited with bananas fermented with sugarcane juice, totaling 1,574 specimens, 8 genera, and 17 species. Cetoniidae diversity was higher in the phytophysiognomies with lower tree density (campo sujo and cerrado *sensu stricto*) than in gallery forests (forest formation), confirming our hypothesis that more open areas favor the dispersal of these insects due to their diurnal long-flying behavior. The seasonality of Cetoniidae was directly related to the climatic characteristics of the biome, with higher numbers of individuals and species in the rainy season. However, the distribution varies among the phytophysiognomies, with aggregated distribution in campo sujo and gallery forest and dispersed in cerrado *sensu stricto*. Our results suggest that the Cetoniidae take advantage of the open Cerrado physiognomies to locate resources faster and with less energy expenditure, despite the more ephemeral and dispersed food resources in this environment.

**Keywords** Cetoniinae, Baited trap, Cerrado Phytophysiognomies, Climatic variables, New records

## Introduction

The Cetoniidae (Insecta: Coleoptera), known as flower and fruit beetles, are insects that have diurnal feeding habits. They feed on nectar, pollen, plant exudates, and ripe fruits (Ritcher 1958; Krikken 1984a), and are highly attracted to fermented fruits such as banana and pineapple (Pacheco et al. 2006; Jákl 2009; Orozco 2012; Evangelista Neto et al. 2017). Some species are recorded as agricultural, horticultural, and ornamental pests, while others are considered pollinators in various parts of the world (Molina 2001; Vuts et al. 2008, 2009; Aydin 2011; Subchev et al. 2011).

They form a diverse group of approximately 4,000 species, 300 of which occur on the American continent (Krikken 1984a; Orozco 2012). In Brazil, 75 species and 22 genera have been reported (Vaz-de-Mello and Puker 2021): three species are recorded from the Cerrado-Pantanal transition (Garcia et al. 2013), 10 in the Atlantic Forest (Gonçalves and Louzada 2005; Puker et al. 2014; Correa et al. 2021a), 16 in the

Amazon (Valois and Silva 2015; Alves-Oliveira et al. 2016; Puker et al. 2020a, b), and 21 in the Cerrado (Rodrigues et al. 2013; Evangelista Neto et al. 2017; Correa et al. 2018). The Cerrado biome has the highest richness, accounting for 28% of the species and 36.4% of the genera of Cetoniidae known in the country (Garcia et al. 2013; Rodrigues et al. 2013; Evangelista Neto et al. 2017). This reinforces the importance of preserving the biome for the conservation of this important group of organisms.

In diverse groups of organisms, the spatio-temporal availability of food resources shapes the diversity (species richness and abundance) and behavior of communities of individuals, generating morphological adaptations and preferences for certain habitats. Representatives of Cetoniidae have a pronounced posthumeral marginalization that enables fast, long (in search of food and other resources), and sonorous flights with closed elytra (Le Gall 2010; Cherman and Morón 2014). For beetles, the elytra protect against dehydration, allowing adaptation to various habitats and as an aid to flight (Le et al. 2010; Johansson et al. 2012). Unlike other Coleoptera, Cetoniidae have better flight control, can hover, and have a quick response to predator threats (Krikken 1984b). The closed elytra flight may be related to diurnal life and sparse food resources, creating the need for long flights (Šípek et al. 2016). The diversity of this group seems to be influenced by microhabitats; for example, areas of cerrado *sensu stricto* show high species diversity (Evangelista Neto et al. 2017) in contrast to pasture areas and eucalyptus plantations, where fewer species are found (Correa et al. 2021b). Comparing urban parks and the Cerrado nature reserve area, abundance was 1.85 times higher in the nature reserve area even though the species richness was similar (nine species) (Correa et al. 2018).

The Cerrado presents high heterogeneity and strong seasonal variation, with respect to biodiversity and phytophysiognomies with two well-defined seasons: the dry (April to September) and the rainy season (October to March) (Silva et al. 2008). Three main types of vegetation formations are registered in this biome: forest, savanna, and grassland, which have different levels of tree density, humidity, and availability of resources. Among the forest formations, the gallery forest generates a dense cover and maintains high humidity even in the dry season because it accompanies streams and has tall trees (20–30 m tall) (Ribeiro and Walter 2008). In the savannah formations, the cerrado *sensu stricto* is the characteristic physiognomy of the biome representing 70% of the area (Felfili and Silva Júnior 2005) and presents low, twisted plants, with thick barked trunks and rigid leaves that can be 1.5–5 m tall, demonstrating adaptations to the dry season. In the grassland formations, campo sujo (common in Central Brazil) constitutes an open area with sparse shrubs and subshrubs (Sano et al. 2010).

Climatic seasonality in the Cerrado is reflected in seasonality in insect diversity by increasing or decreasing food resources (Oliveira and Frizzas 2008; Silva et al. 2011; Oliveira et al. 2021) and influencing vegetation (Becerra et al. 2009). Generally, insect diversity tends to be lower in dry months in regions with a well-defined dry season (Wolda 1978, Pinheiro et al. 2002). Studies conducted in the Cerrado have shown seasonality in Coleoptera diversity, with population dynamics being directly influenced by abiotic factors like precipitation and temperature (Evangelista Neto et al. 2017; Frizzas et al. 2020; Evangelista et al. 2021; Oliveira et al. 2021).

The high diversity of plant species recorded in the Cerrado, with 12,356 cataloged species (Mendonça et al. 2008), suggests that a wide range of food resources may contribute to the high diversity of Cetoniidae. However, to date, no study has evaluated the effect of physiognomies, which present variation in food resources and microclimate, on the diversity of these organisms. Thus, the objectives of this study were (i) to evaluate the diversity of Cetoniidae among the physiognomies: gallery forest, cerrado *sensu stricto*, and campo sujo in the Cerrado biome in Central Brazil, and (ii) to assess the seasonality of this group in these physiognomies.

Since the Cerrado physiognomic forms have different densities of trees, leading to variations in food resources and microclimate, we hypothesized that there will be significant differences in the diversity and seasonality of Cetoniidae among these environments. We expected that the campo sujo will present the highest diversity because it is an open area, which facilitates dispersal, foraging, and the perception of fermented fruit odors characterized by fast and long flights. We also hypothesized that this group of insects would present a seasonal distribution in the phytophysiognomies of cerrado *sensu stricto* and campo sujo because of the lower humidity in the dry season in this region. We expected that the highest diversity would be synchronized with the rainy season when the availability of food resources is greater. In the gallery forest, we expected a dispersed and more homogeneous distribution of species throughout the year because these areas retain moisture even in the dry season and may have greater availability of food resources throughout the year.

## **Methods**

### **Study areas**

The study was conducted in three conservation units located in Brasília, Distrito Federal, Brazil (Fig. 1), which have characteristic vegetation of the Cerrado biome. The list of sites is as follows: (i) Parque Nacional de Brasília (PNB) has an area of 42,389 ha and represents the typical ecosystem of the Cerrado of the Central Plateau, including several types of vegetation and abundant and diverse fauna. Moreover, it also facilitates the connection with fragments of native Cerrado that are essential for the formation of ecological corridors and the genetic exchange of fauna and flora species (ICMBio 2018). (ii) Fazenda Água Limpa (FAL), belonging to the University of Brasília (UnB), has an area of 4,500 ha including the area of ecological interest (ARIE Capetinga/Taquara) and falls under the Environmental Protection Area (APA of the Basins of Gama and Cabeça do Veado). Environmental heterogeneity provides diverse phytophysiognomies in the Cerrado biome. Both, floristic and faunistic diversities are very high and include species representing endemic plants and animals (PELD 2018). (iii) Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) is part of the Environmental Protection Area (APA Gama-Cabeça de Veado District) with an area of 10,000 ha of continuous protected area. It is one of the core areas of the Cerrado Biosphere Reserve, featuring several types of Cerrado biome phytophysiognomies, springs of important watercourses that form the Paranoá Basin, and diverse wildlife (RECOR 2016; PELD 2018).

Three phytophysiognomies were selected in each conservation unit: gallery forest, cerrado *sensu stricto*, and campo sujo, representing forest, savanna, and grassland vegetation formations, respectively. These physiognomies were chosen to select areas with a gradient in tree density, from physiognomy with the lowest tree density (campo sujo) to the physiognomy with the highest tree density (gallery forest) (campo sujo > cerrado *sensu stricto* > gallery forest).

### **Insect collection**

We collected adults monthly for 24 months (October 2016 to September 2018) using baited traps. The trap consisted of a bait-holder pot (500 g) coupled with a larger plastic pot (1 kg). The larger pot had three 8 × 8 cm side windows and the bottom was removed. The lid of the bait-holder was glued to the bottom of the larger pot (with a hole in the center for the insects to pass through), allowing the bait-holder to be screwed on (Fig. 1). This trap is an adaptation of the pet bottle trap usually used for such collections (Orozco and Pardo-Locarno 2004; Orozco 2012; Rodrigues et al. 2013; Puker et al. 2014). Adaptations were made to facilitate the transport, installation, and removal of traps in the field. The bait-holders could be filled with the bait in the laboratory. In the field, the bait-holders with the collected specimens can be

unscrewed and removed to replace with new bait-holders. The bait-holder contained 200 mL of bait, consisting of approximately 150 mL of Nanica banana (Dwarf Cavendish) and 50 mL of sugarcane juice that was fermented for 48 h (Rodrigues et al. 2013; Puker et al. 2014). The traps were installed at approximately 1.50 m from the ground level and remained in the field for seven days. In the gallery forest and cerrado *sensu stricto*, the traps were tied directly to the trees. In campo sujo, they were set on iron bars because the trees were sparse and low in this phytophysiognomy.

In each phytophysiognomy, two 500 m transects were demarcated, where 10 traps were set, spaced 50 m apart, and 50 m between the transect. Thus, we had 20 traps for each phytophysiognomy. The conservation units were considered repetitions with a total of 180 traps (3 conservation units  $\times$  3 phytophysiognomies  $\times$  20 traps). A 20 m margin was established from the entry point to the installation of the first trap.

### **Taxonomic identification**

The Cetoniidae were pinned, labeled, separated by species, and counted. Taxonomic identification was performed by comparison with specimens from the Entomological Collection of the Zoology Department of the University of Brasília (DZUB, Brasília, DF, Brazil), and with the assistance of Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT). Vouchers of the collected material were deposited in the DZUB and in the collection of the Universidade Federal do Mato Grosso (CEMT, Cuiabá, MT, Brazil). Climatic data on temperature, relative humidity, and precipitation were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) throughout the collection period.

### **Data analysis**

All data analyses were performed with R Program (R Core Team 2019). The data obtained (abundance and species richness) did not meet normality assumptions relating to the residues and the homogeneity of the variance. A generalized linear model (GLM) was used to verify if there were significant differences in the abundance and species richness (response variables) of Cetoniidae for the three phytophysiognomies (campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest). For these comparisons, a GLM was used in a logistic regression model using a negative binomial distribution. GLM selection was previously performed to choose the best model to fit count data using the "hnp" package (Moral et al. 2017).

Mean values were statistically separated by Tukey's HSD test at  $p < 0.05$  using the function "glht" in "multcomp" package (Hothorn et al. 2016).

Similarly, we used GLM in a logistic regression model using a negative binomial distribution to verify the influence of climate variables (monthly average air temperature, monthly average relative air humidity, and monthly cumulative total precipitation) on Cetoniidae abundance and species richness. To identify indicator species among phytophysiognomies types, an indicator value (IndVal) approach was employed to characterize the habitats (Duf rene and Legendre 1997). The 'indicspecies' package was used for the IndVal analysis in R (Caceres et al. 2016). The IndVal indicator attains the maximum value (1.00) when all of the individuals of a species are found in a single treatment (high specificity) and when the species occurs in all replicates of treatment (high fidelity).

The number of the individuals-based protocol was employed, and the accumulation curve was constructed in the R environment, using the "iNEXT" package (Hsieh et al. 2016). In the iNEXT analysis, individual-based abundance data and diversity order based on species richness ( $q = 0$ ) were used. iNEXT can interpolate and extrapolate species richness by taking into account a measure of sample coverage (Chao and Jost 2012; Chao et al. 2014). Shannon diversity and Pielou evenness indices were calculated using the "BiodiversityR" package (Kindt 2018).

The diversity was analyzed by  $\beta$ -diversity, which expresses species turnover in terms of spatial and/or temporal scales. The  $\beta$ -diversity index expresses the faunistic change (turnover) between sampling (months) for each phytophysiognomy (intra-site heterogeneity) and the species turnover between adjacent phytophysiognomies (inter-site heterogeneity). This index was estimated using the following two formulas. The temporal  $\beta$ -diversity was first measured and calculated using Whittaker's index:  $\beta_w = (S/\alpha) - 1$ , where  $\alpha$  is the average of the  $\alpha$ -diversity for all sampling periods (months) and  $S$  is the total number of species recorded in all sampling periods. The  $\beta_w$  value varied between 0 and  $n-1$  ( $n = 12$ ). The second formula measured the inter-site (spatial)  $\beta$ -diversity and was calculated using Cody's index:  $\beta_c = 100 * (Sg + Sl)/2\alpha$ , where  $Sg$  is the increase in the number of species between two phytophysiognomies,  $Sl$  is the number of species lost, and  $\alpha$  is the average of the  $\alpha$ -diversity for the two phytophysiognomies.

Circular analysis was used to examine the abundance of species in the different months of the year and among all three phytophysiognomies (Agostinelli and Lund 2013). The Rayleigh uniformity test was used to analyze temporal variation data, which analyzes the functional relationship of variables under the concept of dimensional homogeneity (Mendoza 1994).

## Results

A total of 1,574 specimens, 8 genera, and 17 species of Cetoniidae were collected in 24 months (Supplementary Material S1). The species with the highest abundance were *Gymnetis hebraica*, comprising 22.7% of the total collection followed by *Hoplopyga brasiliensis* (19.8%), and *Allorrhina menetriesii* (16.3%). For the first time, we recorded the species *Gymnetis hieroglyphica*, *Gymnetis pantherina*, *Hoplopyga miliaris*, and *Macrocranius similis*.

We collected 106 individuals and 9 species from the gallery forest, 423 individuals and 15 species from the cerrado *sensu stricto*, and 1,045 individuals and 15 species from campo sujo (Fig. 2). The abundance and species richness of Cetoniidae were significantly lower ( $p < 0.01$ ) for the gallery forest and did not differ between the phytophysionomies cerrado *sensu stricto* and campo sujo (Fig. 2). Eight species were common to the three types of physiognomy while *G. hieroglyphica* and *M. similis* were collected only from campo sujo (Fig. 3b). No exclusive species were found in cerrado *sensu stricto* and gallery forest areas (Fig. 3c, 3d).

The seven species considered as indicators of campo sujo physiognomy were *Hoplopyga albiventris* (IndVal = 0.749;  $p < 0.001$ ), *E. lurida* (IndVal = 0.726;  $p < 0.001$ ), *A. menetriesii* (IndVal = 0.599;  $p < 0.001$ ), *Hologymnetis undulata* (IndVal = 0.581;  $p < 0.001$ ), *Hoplopyga singularis* (IndVal = 0.580;  $p < 0.001$ ), *G. hieroglyphica* (IndVal = 0.535;  $p < 0.001$ ), and *Hoplopyga miliaris* (IndVal = 0.498;  $p < 0.001$ ). For the gallery forest, the two indicator species were *Inca bonplandi* (IndVal = 0.665;  $p < 0.001$ ) and *Hoplopyga liturata* (IndVal = 0.602;  $p < 0.001$ ). For campo sujo and cerrado *sensu stricto*, the four indicator species were: *G. hebraica* (IndVal = 0.833,  $p < 0.001$ ), *H. brasiliensis* (IndVal = 0.691;  $p < 0.001$ ), *Gymnetis rufilatrix* (IndVal = 0.667,  $p < 0.001$ ), and *Allorrhina cineta* (IndVal = 0.386;  $p < 0.001$ ). No species were indicated as exclusive indicators of cerrado *sensu stricto* physiognomy.

The species accumulation curve indicated that sampling effort was satisfactory for campo sujo and cerrado *sensu stricto*, whereas, for the gallery forest, a greater sampling effort is necessary to reach the asymptote (Fig. 4). The campo sujo physiognomy showed the highest Shannon diversity index ( $H' = 2.12$ ) and highest Pielou's equitability ( $J = 0.78$ ), followed by the gallery forest ( $H' = 1.61$  and  $J = 0.73$ ) and the cerrado *sensu stricto* ( $H' = 1.37$  and  $J = 0.50$ ).

The  $\beta$ -diversity index expressing the faunistic change (turnover) between sampling months was higher in the gallery forest ( $\beta_w = 3.50$ ), followed by cerrado *sensu stricto* ( $\beta_w = 2.40$ ) and campo sujo ( $\beta_w = 1.90$ ). In terms of species turnover between adjacent phytophysionomies (inter-site heterogeneity- $\beta$ -spatial

diversity), the largest difference occurred between campo sujo and gallery forest with  $\beta_c = 41.7\%$ , followed by cerrado *sensu stricto* and gallery forest with  $\beta_c = 29.2\%$ , and the smallest difference was found between campo sujo and cerrado *sensu stricto* ( $\beta_c = 13.3\%$ ).

Cetoniidae were collected in all months of the year, with the highest abundance ( $n = 811$ ) and richness ( $n = 15$ ) observed in November, while the lowest abundance ( $n = 6$ ) was observed in September and the lowest species richness ( $n = 1$ ) in July and August (Fig. 5). In the rainy season (October to March), 1,424 individuals (90.5% of the total collected) and 17 species were collected. In the dry season (April to September), 150 individuals (9.5% of the total) and 7 species (42% of the species) were collected (Fig. 3a, Fig. 5). Except for *G. hebraica*, which was found throughout the year, most species were collected during the rainy season. Although April falls in the dry season, it represents a transition period, with 37 individuals and 7 species collected during this period. *Gymnetis flava* was collected only during the transition period and in the dry season. Precipitation showed a significant effect on abundance ( $z = 3.346$  and  $p = 0.00082$ ) and species richness ( $z = 3.059$  and  $p = 0.00222$ ) of Cetoniidae.

The circular analysis showed that the abundance of Cetoniidae presents a well-defined peak in November for all physiognomies (Fig. 6); however, the distribution throughout the rainy season varied. The aggregate distribution of abundance was concentrated in campo sujo during November and in the gallery forest between November and January. Cerrado *sensu stricto* showed a dispersed distribution with a wider distribution throughout the rainy season (October to January) (Fig. 6), with small peaks during the dry season due to the presence of *G. hebraica* (Table 1). Rayleigh's uniformity test showed that there was significant temporal variation in Cetoniidae abundance ( $p < 0.0001$ ) in the three phytophysiognomies (Table 1).

## Discussion

Our results confirm our hypothesis that more open Cerrado physiognomies (campo sujo and cerrado *sensu stricto*) support the highest diversity of Cetoniidae when compared to forested areas (gallery forest). We also confirmed that although the Cetoniidae occur throughout the year in the Cerrado, in general, abundance and species richness were concentrated in the rainy season. However, the seasonality of the group varies among the three phytophysiognomies, being aggregated in campo sujo and gallery forest and dispersed in cerrado *sensu stricto*. Thus, the hypothesis that the community in the gallery forest would not be affected by the seasonality of the climate was not confirmed, possibly because the species are linked to

the seasonality of the Cerrado biome and not to the specific microclimate of the physiognomy. Further studies are required to address the biology of the species, interactions with plants, natural history, and ecosystem services.

The gallery forest showed the lowest diversity compared to the grasslands and savannah vegetation formations (Fig. 2). Higher diversity observed in campo sujo and cerrado *sensu stricto* can be explained by the drier microclimate in these areas, which may favor a faster loss of moisture from the diet and the intensification of volatiles from fermentation. As open areas are more, the volatiles can spread easily and quickly via air. The lower presence of physical barriers (lower density of woody plants) compared to forest formations may also facilitate the displacement of specimens (Fuentes et al. 2016). Cetoniidae are diurnal beetles with long flights (Le Gall 2010; Cherman and Morón 2014) and probably take advantage of more open Cerrado areas. This is because despite sparser food resources, locating is faster and less energetically expensive; the time spent foraging is reduced thereby reducing the probability of predation (Goodell 2003). Another important fact is that grassland (8,848 plant species) and savanna (7,618 plant species) formations have a higher vegetation diversity than forest formations (6,998 plant species) (Mendonça et al. 2008), which may also have contributed to the higher diversity of Cetoniidae in these types of vegetation formation by representing a greater source of food resources.

Insects have flight properties such as height, speed, and maneuvering ability. These may vary among species and are directly linked to ecological factors such as feeding habits, habitat, and predation (Šípek et al. 2016; Kojima and Kato 2017; Le Roy et al. 2019; Farisenkov et al. 2020). Most beetles open the elytra during flight; however, the families Cetoniidae, Scarabaeidae, Cerambycidae, and Buprestidae have species that are known to fly with the elytra closed or partially raised (Krikken 1984a; Šípek et al. 2016; Kojima and Kato 2017). Rapid flight has the benefit of dodging predators, and the closed elytra may reduce water loss during diurnal flight (Chown et al. 2011; Šípek et al. 2016). This type of flight is associated with diurnal life, allowing insects to utilize dispersed and unpredictably distributed food resources represented by uneven flowering of fruit trees (Šípek et al. 2016), as occurs in the Cerrado.

It is also worth noting that the larvae and adults of Cetoniidae have distinct nutritional biology. Larvae are usually saprophytes or saproxylophages, and can often be found in soil, decaying vegetables, rotting wood, tree cavities, feces (Luederwaldt 1911; Morón and Arce 2002; Puker et al. 2014), and may also live in association with social insects (Krikken 1984a; Micó et al. 2000; Peter and Johnson 2009; Puker et al. 2012). Adults typically seek out flowers or inflorescences that are large and open, yellow, white, purple, or pink, as well as fermented fruits (Peter and Johnson 2009; Puker et al. 2014, 2015), foods with

high sugar concentration, and fermenting yeasts. After emergence, males search for trunks, branches, flowers/inflorescences, or fruits to find mating partners (Arce-Pérez and Morón 1999). The search for mates and food, therefore, has an important relationship with the dispersal ability of these insects, especially in males. After mating, males disperse widely in search of food in flowers. Despite the distinct biology of immatures and adults, most developmental requirements of the Cetoniidae are met in the Cerrado explaining the high richness of the group in this biome. The Brazilian Cerrado contains 12,356 plant species (Mendonça et al. 2008) and has approximately 44% of endemic flora making it the most diverse savannah on the planet (Klink and Machado 2005). It contains several endemic fruiting species that are rich in nutrients and diverse flowers.

We recorded 13 species that are considered indicators for the three physiognomies. We found seven species for campo sujo, two for gallery forest, and no exclusive indicator species for cerrado *sensu stricto*, indicating that this may be a transition area between closed and open formations. Among the indicator species of campo sujo, immatures of *H. albiventris* and *H. singularis* were found associated with termites and the adults feeding on the sap of Asteraceae *Baccharis* and *Vernonia* (Shaughney and Ratcliffe 2015). Adults of *E. lurida* can be considered generalists because they are reported pests of maize, apple, persimmon, grapes, peach, safflower (Bertels and Baucke 1966; Garcia and Corseuil 1999; Cunha et al. 2007; Androcioli et al. 2017). They also act as floral visitors of sunflower (Torretta et al. 2009) and cotton (Dutra et al. 2012) and as pollinators of orchids (Singer and Cocucci 1997). Adults of *H. miliaris* are described as floral visitors of the Apocynaceae (Koschnitzke 2015). Cetoniidae tend to be regarded as resource exploiters rather than pollinators (Di Iorio 2013, 2014) because they may pollinate flowers accidentally while searching for resources (Peter and Johnson 2009).

In the gallery forest, the indicator species *I. bonplandi* and *H. liturata* were more abundant in August (Figure 3D), which is characteristic of the dry season in the Cerrado. Despite having smaller areas and being more isolated, gallery forests have a vegetational structure characterized by the dominance of tree species and canopy formation that are associated with watercourses (Ribeiro and Walter 2008). This probably maintains humidity in dry months and ensures the maintenance of resident species during this period. These species may also be favored by less competition from other species because the diversity of insects and the occurrence of natural enemies is lower in the Cerrado during the dry season (Ramos and Diniz 1993; Morais and Diniz 1999; Silva et al. 2011). Adults of *I. bonplandi* feed on plant exudates and flowers (Boos and Ratcliffe 1985) and immatures on decaying wood (Morón 1983; Costa et al. 1988) and the organic material derived from palm trees (Sousa et al. 2018). *Hoplopyga liturata* adults feed on exudates

from plants of the families Boraginaceae, Fabaceae, Zingiberaceae, and Rhamnaceae, whereas, immatures are found in decomposing organic material of the families Myrtaceae, Burseraceae, Solanaceae, and Moraceae (Shaughney and Ratcliffe 2015).

The species *H. brasiliensis*, *G. hebraica*, *G. rufilatrix*, and *A. cincta* were recorded as indicator species of open Cerrado vegetation formations (cerrado *sensu stricto* and campo sujo). Immatures of *H. brasiliensis* are found in association with the termite species *Cornitermes cumulans*, which is considered a key species because of its abundance and the consequent impact on the environment. Moreover, the nests of this species are capable of harboring several groups of arthropods (Redford 1984). The abundance of *H. brasiliensis* adults, mostly collected in campo sujo, may be linked to the presence of *C. cumulans* nests. *Gymnetis hebraica* is one of the most abundant species and is the only species collected year-round in the open Cerrado, mainly in cerrado *sensu stricto*. It is a generalist species well adapted to the Cerrado climate conditions and this behavior of *G. hebraica* was observed in another study in the Cerrado (Evangelista Neto et al. 2017). For most other collected species, no information on their biology or natural history was found.

Regarding the sampling effort, we observed that the species accumulation curves for campo sujo and cerrado *sensu stricto* reached the asymptote, but not for the gallery forest (Fig. 4). The gallery forest showed a large number of rare species ( $J = 0.73$ ), which reinforces the need for greater sampling effort for this type of physiognomy in future studies.

The ability to fly allows organisms to colonize different environments, and the species that constitute these communities may share similarities or differences based on the specific requirements of the organisms and the differences and biotic and abiotic similarities of the environments. In the present study, temporal  $\beta$ -diversity was higher in the gallery forest, suggesting that a greater variation (qualitative and/or quantitative) in the availability of resources throughout the year possibly promotes changes in the species composition of Cetoniidae in this environment. Regarding the  $\beta_c$  diversity index, which measures the changes in composition among the phytophysiognomies, it was observed that the communities of open areas were more similar to each other with a change in species composition of 13.3% throughout the study. This change in composition was maximum between campo sujo and gallery forest (41.7%), showing a gradient of similarity from the more open areas to the more closed areas. For the Cetoniidae, it was observed that the gallery forest has a specific community and that this community is the one that most varies over time, indicating that conservation efforts in this phytophysiognomy need more attention.

The seasonality in the abundance of insects is synchronized with the availability of food resources, and these in turn vary seasonally depending on the climate (Wolda 1978). The Cerrado has two well-defined

seasons, and the majority of adult insect populations can be found in the rainy season from October to March (Silva et al. 2011; Oliveira et al. 2021). The seasonal variation in abundance and richness of Cetoniidae is directly related to the climatic characteristics of the Cerrado, with 90.5% of individuals and 100% of species occurring in the rainy season and 9.5% of individuals and 41.2% of species in the dry season. Furthermore, we recorded a direct relationship between precipitation and the diversity of Cetoniidae. The onset of rainfall is considered to trigger increased population density (Wolda 1978; Silva et al. 2011), and other studies conducted with Cetoniidae in the Cerrado (Evangelista Neto et al. 2017; Correa et al. 2018), Cerrado-Pantanal transition (Garcia et al. 2013), Atlantic Forest (Puker et al. 2014), and Amazon (Puker et al. 2020a) also recorded this behavior. The circular analysis confirmed this pattern, showing that the distribution of abundance was concentrated in the first quarter of the rainy season with November presenting the highest number of individuals. However, there was a variation in the distribution of abundance throughout the rainy season among the three phytophysiognomies. The overabundance of some species such as *A. menetriesii* in November in campo sujo or the presence of abundant species that are distributed throughout the year as *G. hebraica* in cerrado *sensu stricto* can generate differences in the patterns observed in different physiognomies.

The Cerrado offers favorable conditions for agriculture. Consequently, this region has experienced a constant reduction in natural vegetation. The Cerrado in the central-western region of Brazil has the highest degree of deforestation (61.6%) (Tisott and Schmidt 2021). The increase and strengthening of agribusiness in the biome trigger negative environmental effects, such as deforestation, biodiversity loss, groundwater pollution, and soil erosion (Brussaard et al. 2010). The fragmentation of natural habitats due to the advancement of agricultural frontiers modifies niches and the microclimate of these habitats, reducing the availability of food resources (quality and/or quantity), and shelter for numerous species, including the insects and plants that shelter these species (Turner 1997). The increase in agricultural areas in the Cerrado may also increase the incorporation of organic matter into the soil through no-till farming and generate a population growth of some species. For example, in Peru, an increase in the population of *Gymnetis* species was observed in apple plantations due to environmental factors (incorporation of organic matter into the soil and constant humidity). The high number of adults searching for food resulted in the invasion of beehives by insects attracted by concentrated sugar substances (Tejada and Morón 2015).

Knowledge about the ecological requirements of species is crucial for their conservation, especially if they live in threatened habitat types such as old-growth forests. Studies on the factors that affect the abundance and distribution of insects and the ecological requirements that influence habitat

selection are vital to ensure proper species and habitat management (Thomas et al. 1998, 2001; Krämer et al. 2012) because they elucidate the complex trade-off between various biotic and abiotic factors. The information gathered here is important for the assessment and preservation of habitats by assisting in public measures for the maintenance and creation of conservation units. The Cerrado presents 11 main types of physiognomies (Ribeiro and Walter 2008), and we evaluated only three of these physiognomies. Moreover, four species of Cetoniidae were recorded for the first time in the Federal District, suggesting the need for more studies in other physiognomies to uncover information about the real diversity of Cetoniidae in the Cerrado biome.

### **Statements and Declarations**

**Funding** This work was supported by project 04/2018 of the Programa de Excelência Acadêmica of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - PROEX/CAPES fornecido pelo Programa de Pós-Graduação em Zoologia (PPG/ZOO). Author J.E. has received scholarships from the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), and the author M.R.F. received research support from Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF; process # 0193.000958/2015) and fellowship from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq - process # 313952/2018-3).

**Competing Interests** The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

**Author Contributions** All authors contributed to the conception and design of the study. Data collection and the first draft of the manuscript were performed by Juliane Evangelista. The analysis was performed by Charles Martins de Oliveira. Marina Regina Frizzas provided logistic support, guidance, and proofreading of the manuscript. All authors commented on the previous versions of the manuscript and have read and approved the final manuscript.

**Data Availability** Data supporting the results and conclusions of this study are available upon request from the corresponding author.

## References

- Agostinelli C, Lund U (2013) R Package 'Circular': Circular Statistics (Version 0.47). Available from URL: <https://rforge.r-project.org/projects/circular/>
- Alves-Oliveira JR, Mendes DMM, Campos D, Silva-Neto AM, Morais JW, Grossi PC (2016) First report of two species of scarab beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) inside nests of *Azteca* cf. *chartifex* Forel (Hymenoptera, Formicidae) in Brazilian Amazonian Rainforest. Rev Bras Entomol 60:359-361. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.07.003>
- Androcioli HG, Hoshino AT, Pastório MA, Cardoso PC, Araújo PM, Fernandes TAP, Menezes Jr AO (2017) First record of *Euphoria lurida* Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) injurious to safflower (*Carthamus tinctorius* L.) (Asterales: Asteraceae) in Brazil. Neotrop Entomol 46:130–132. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0434-6>
- Arce-Pérez R, Morón MA (1999) El ciclo de vida de *Paragymnetis flavomarginata sallei* Schaum, 1849 (Coleoptera: Melolonthidae: Cetoniinae), con observaciones sobre su biología. Folia Entomol Mex 105:37–54
- Aydin G (2011) Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis* (Tropinota) *hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults - key to effective population monitoring and suppression. Florida Entomol 94(4):832-838. <https://doi.org/10.1653/024.094.0415>
- Becerra JAB, Shimabukuro YE, Alvalá RCS (2009) Relação do padrão sazonal da vegetação com precipitação na região de Cerrado da Amazônia legal, usando índices espectrais de vegetação. Rev Bras Meteorol 24(2):125-134. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000200002>
- Bertels A, Baucke O (1966) Segunda relação das pragas das plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. Pesq Agropec Bras 1:17–46
- Boos J, Ratcliffe BC (1985) A new subspecies of *Inca clathrata* (Olivier) from Trinidad, West Indies, and range extensions for *Inca clathrata sommeri* Westwood (Coleoptera: Scarabaeidae: Trichiinae). Coleopt Bull 39:381–389
- Brussaard L, Caron P, Campbell B, Lipper L, Mainka S, Rabbinge R, Babin D, Pulleman M (2010) Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. Curr Opin Sust 2:34–42. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.03.007>
- Caceres M, Jansen F, de Caceres MM (2016) Package 'indicspecies'. Relationship between species and groups of sites. R package version, 1(6)

- Chao A, Jost L (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93:2533-2547
- Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol Monogr* 84:45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Cherman MA, Morón, MA (2014) Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zool Mex* 30(1):201-220
- Chown SL, Sorensen JG, Terblanche JS (2011) Water loss in insects: An environmental change perspective. *J Insect Physiol* 57:1070–1084. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.05.004>
- Costa C, Vanin AS, Casari-Chen SA (1988) Larvas de Coleoptera do Brasil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo
- Correa CMA, Puker A, Lara MA, Rosa CS, Korasaki V (2018) Importance of urban parks in conserving biodiversity of flower chafer beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniinae) in Brazilian Cerrado. *Environ Entomol* 48(1):97-104. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy176>
- Correa CMA, da Silva PG, Puker A, Ad'vincula HL (2021a) Pastureland is better than eucalyptus monoculture:  $\beta$ -diversity responses of flower chafer beetles to Brazilian Atlantic Forest conversion. *Int J Trop Insect Sci* 41:137–144. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00186-9>
- Correa CMA, Silva PG, Lara MA, Puker A (2021b) Spatiotemporal patterns of  $\beta$ -diversity of flower chafer beetles in urban park and natural reserve sites in Brazilian Cerrado. *Int J Trop Insect Sci* 41(1):681-691. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00257-x>
- Cunha US, Grützmacher AD, Martins JFS, Stefanello GJ, Jardim EO (2007) Ocorrência de *Euphoria lurida* (Fabricius) (Coleoptera: Scarabaeidae) em milho cultivado em Várzea no Rio Grande do Sul. *Neotrop Entomol* 36(6):976-979. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600023>
- Di Iorio O (2013) A review of the Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) from Argentina and adjacent countries: systematics and geographic distributions. *Zootaxa* 3668:1–87. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3668.1.1>
- Di Iorio O (2014) A review of the natural history of adult Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) from Argentina and adjacent countries. *Zootaxa* 3790:281-318. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3790.2.3>
- Dufrêne M, Legendre P (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol Monogr* 67:345-366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAI]2.0.CO;2)

- Dutra CC, Meotti C, Fernandes MG, Raizer J (2012) Riqueza e composição de espécies de insetos visitantes florais de algodoeiro Bt e não-Bt. *Arq Inst Biol* 79:353–361
- Evangelista Neto J, Oliveira CM, Vaz-De-Mello FZ, Frizzas MR (2017) Diversity of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) in the Cerrado of Central Brazil. *Entomol Sci* 20:1-9. <https://doi.org/10.1111/ens.12284>
- Evangelista J, Rocha MVC, Monné ML, Monné MA, Frizzas MR (2021) Diversity of Cerambycidae (Insecta: Coleoptera) in the Cerrado of Central Brazil using a new type of bait. *Biota Neotrop* 21(1):e20201103. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1103>
- Farisenkov SE, Lapina NA, Petrov PN, Polilov AA (2020) Extraordinary flight performance of the smallest beetles. *PNAS* 117:24643–24645. <https://doi.org/10.1073/pnas.2012404117>
- Felfili JM, Silva Júnior MC (2005) Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu strictu*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gérias e Bahia. In: Scariot A, Sousa-Silva JC, Felfili JM (ed) *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília
- Frizzas MR, Batista JLFL, Rocha MVC, Oliveira CM (2020) Diversity of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in an urban fragment of Cerrado in Central Brazil. *Eur J Entomol* 117:273–281. [10.14411/eje.2020.031](https://doi.org/10.14411/eje.2020.031)
- Fuentes JD, Chamecki M, Roulston T, Chen B, Pratt KR (2016) Air pollutants degrade floral scents and increase insect foraging times. *Atmos Environ* 141:361-374. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.07.002>
- Garcia FRM, Corseuil E (1999) Flutuação populacional de cerambicídeos e escarabeídeos (Coleoptera) em pomares de pessegueiro no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista da FZVA* 5/6(1):69-81
- Garcia FP, Rodrigues SR, Bagnara CAC, Oliveira DS (2013) Survey of saproxylophagous Melolonthidae (Coleoptera) and some biological aspects in Aquidauana, MS. *Biota Neotrop* 13(3). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000300004>
- Gonçalves TT, Louzada JNC (2005) Estratificação vertical de coleópteros carpófilos (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais do sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Ecol Austral* 15:101-110
- Goodell K (2003) Food availability affects *Osmia pumila* (Hymenoptera: Megachilidae) foraging, reproduction, and brood parasitism. *Oecologia* 134(4):518-527. [10.1007/s00442-002-1159-2](https://doi.org/10.1007/s00442-002-1159-2)
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P, Heiberger RM, Schuetzenmeister A, Scheibe S, Hothorn MT (2016) Package ‘multcomp’. Simultaneous inference in general parametric models. Project for Statistical Computing, Vienna.

- Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2016) iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7:1451-1456
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). Plano de manejo do Parque Nacional de Brasília. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades\\_coservacao/PARNA%20Brasilia.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades_coservacao/PARNA%20Brasilia.pdf)  
Acesso em: 26 de junho de 2018.
- Jákl S (2009) Results of entomological expeditions to Yamdena, Larat, Tandula, Selaru and Molu islands (Indonesia, Moluccas, Tanimbar islands) with the description of new genus, three new species and four new subspecies (Coleoptera: Cetoniinae). *Stud Rep Distr Mus Prague-east Taxonomical Ser* 5(1-2):139-158
- Johansson LC, Engel S, Baird E, Dacke M, Muijres FT, Hedenström A (2012) Elytra boost lift, but reduce aerodynamic efficiency in flying beetles. *J R Soc Interface* 9:2745–2748.  
<https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0053>
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1(1):147-155
- Kindt R (2018) Package “BiodiversityR”. Package for community ecology and suitability analysis. Version 1.10-1. The comprehensive R archive network. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/index.html>
- Kojima W, Kato T (2017) Correlated evolution between flight habit and diel activity in Coleoptera. *Biol J Linn Soc* 121:530–539. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blx008>
- Krikken J (1984a) A new key to the suprageneric taxa in the beetle family Cetoniidae, with annotated lists of the known genera. *Zool Verh* 210:1-175
- Krikken J (1984b) A generic reclassification of the afrotropical Bolboceratini (Coleoptera: Geotrupidae). *Zool Meded* 58(3):23-45
- Koschnitzke C (2015) Polinizadores e visitantes florais de três táxons de Asclepiadoideae (Apocynaceae) na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. *Natureza online* 13 (4):165-176
- Krämer B, Kämpf I, Enderle J, Poniatowski D, Fartmann T (2012) Microhabitat selection in a grassland butterfly: a trade-off between microclimate and food availability. *J Insect Conserv* 16:857–865.  
<https://doi.org/10.1007/s10841-012-9473-4>
- Le TQ, Byun D, Saputra Ko JH, Park HC, Kim M (2010) Numerical investigation of the aerodynamic characteristics of a hovering Coleopteran insect. *J Theor Biol* 266:485–495

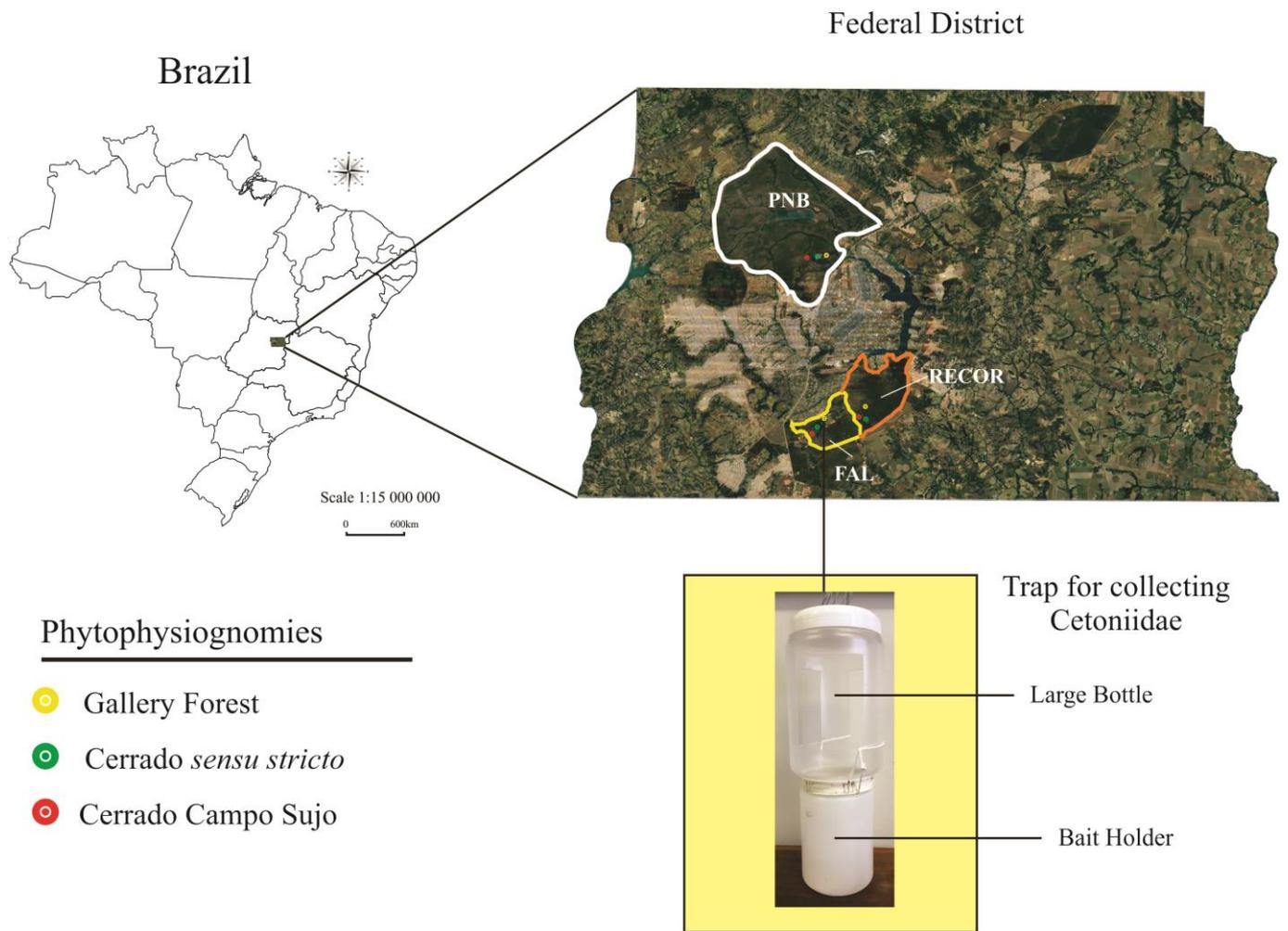
- Le Gall P (2010) Affinités biogéographiques des Insectes du "Dahomey gap" présence d'une population de *Goliathus goliatus* Linné, 1771, au Bénin (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae). B Soc Entomol Fr 115(1):17-21. [10.3406/bsef.2010.2821](https://doi.org/10.3406/bsef.2010.2821)
- Le Roy C, Debat V, Llaurens V (2019) Adaptive evolution of butterfly wing shape: from morphology to behaviour. Biological Reviews 94:1261–1281. <https://doi.org/10.1111/brv.12500>
- Luederwaldt G (1911) Quatro lamellicorneos termitophilos. Revista del Museo Paulista 8:405-413
- Mendonça RD, Felfili JM, Walter BMT, Silva Júnior MD, Rezende AV, Filgueiras TDS, Nogueira PE, Fagg CW (2008) Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds) Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados. Planaltina –DF, pp. 422-442
- Mendoza C (1994) A theorem for Rayleigh's method of dimensional analysis and its proof. Mech Res Commun 21:103–107
- Micó E, Smith A, Morón MA (2000) New larval descriptions for two species of *Euphoria* Burmeister (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Cetoniini: Euphoriina) with a key to the known larvae and a review of the larval biology. Ann Entomol Soc Am 93:795–801. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0795:NLDFTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0795:NLDFTS]2.0.CO;2)
- Molina JM (2001) Incidencia de *Tropinota squalida* (Scopoli, 1783) (Coleoptera: Scarabaeidae) en el cultivo del arándano en Huelva (España): problemática asociada a su control. Zapateri: Revista Aragonesa de Entomología 9:93-98
- Morais HC, Diniz IR (1999) Caterpillar seasonality in a central Brazilian Cerrado. Rev Biol Trop 47:1025-1033
- Moral RA, Hinde J, Demétrio CGB (2017) Half-normal plots and overdispersed models in R: The hnp Package. — J. Stat. Softw.
- Morón MA (1983) Los estados inmaduros de *Inca clathrata sommeri* Westwood (Coleoptera, Melolonthidae, Trichiinae); con observaciones sobre el crecimiento alométrico del imago. Folia Entomol Mex 56:31–51
- Morón MA, Arce R (2002) Descriptions of the immature stages of five mexican species of Gymnetini (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). P Entomol Soc Wash 104:1036–1054
- Oliveira CM, Frizzas MR (2008) Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Cerrados. 26p

- Oliveira CP, Oliveira CM, Specht A, Frizzas MR (2021) Seasonality and distribution of Coleoptera families (Arthropoda, Insecta) in the Cerrado of Central Brazil. *Rev Bras Entomol* 65(3):<https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2021-0025>
- Orozco J (2012) Monographic revision of the American genus *Euphoria* Burmeister, 1842 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Coleop Bull* 11:1-182. <https://doi.org/10.1649/0010-066X-66.mo4.1>
- Orozco J, Pardo-Locarno LC (2004) Description of immature stages of three species of American Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Zootaxa* 769:1-14. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.769.1.1>
- Pacheco FC, Deloya C, Cortes GP (2006) Phytophagous scarab beetles from the Central Region of Guerrero, Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae). *Rev Colomb Entomol* 32(2):191-199
- Peter CI, Johnson SD (2009) Pollination by flower chafer beetles in *Eulophia ensata* and *Eulophia welwitschii* (Orchidaceae). *S Afr J Bot* 75:762–770. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.07.008>
- Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Austral Ecol* 27(2):132-136
- PROGRAMA ECOLÓGICO DE LONGA DURAÇÃO (PELD). Áreas de estudo. Disponível em: [http://www.peld.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8&Itemid=10](http://www.peld.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=10) Acesso em: 26 de junho de 2018.
- Puker A, Ad'vincula HL, Korasaki V, Ferreira FNF, Orozco J (2014) Biodiversity of Cetoniinae beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in introduced and native habitats in the Brazilian Atlantic Forest. *Entomol Sci* 17:309–315. <https://doi.org/10.1111/ens.12069>
- Puker A, Correia CMA, Silva AS, Silva JVO, Korasaki V, Grossi PC (2020a) Effects of fruit-baited trap height on flower and leaf chafer scarab beetles sampling in Amazon rainforest. *Entomol Sci* 23(3):245-255. <https://doi.org/10.1111/ens.12418>
- Puker A, Ferreira KR, Correa CMA (2020b) Sampling flower chafer beetles (Coleoptera: Cetoniidae) in the Amazon Rainforest: the role of bait types and trap installation heights. *Environ Entomol* 49(5):1096–1104. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa097>
- Puker A, Lopes-Andrade C, Rosa CS, Grossi PC (2012) New records of termite hosts for two species of *Hoplopyga*, with notes on the life cycle of *Hoplopyga brasiliensis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Ann Entomol Soc Am* 105:872–878. <https://doi.org/10.1603/AN12068>

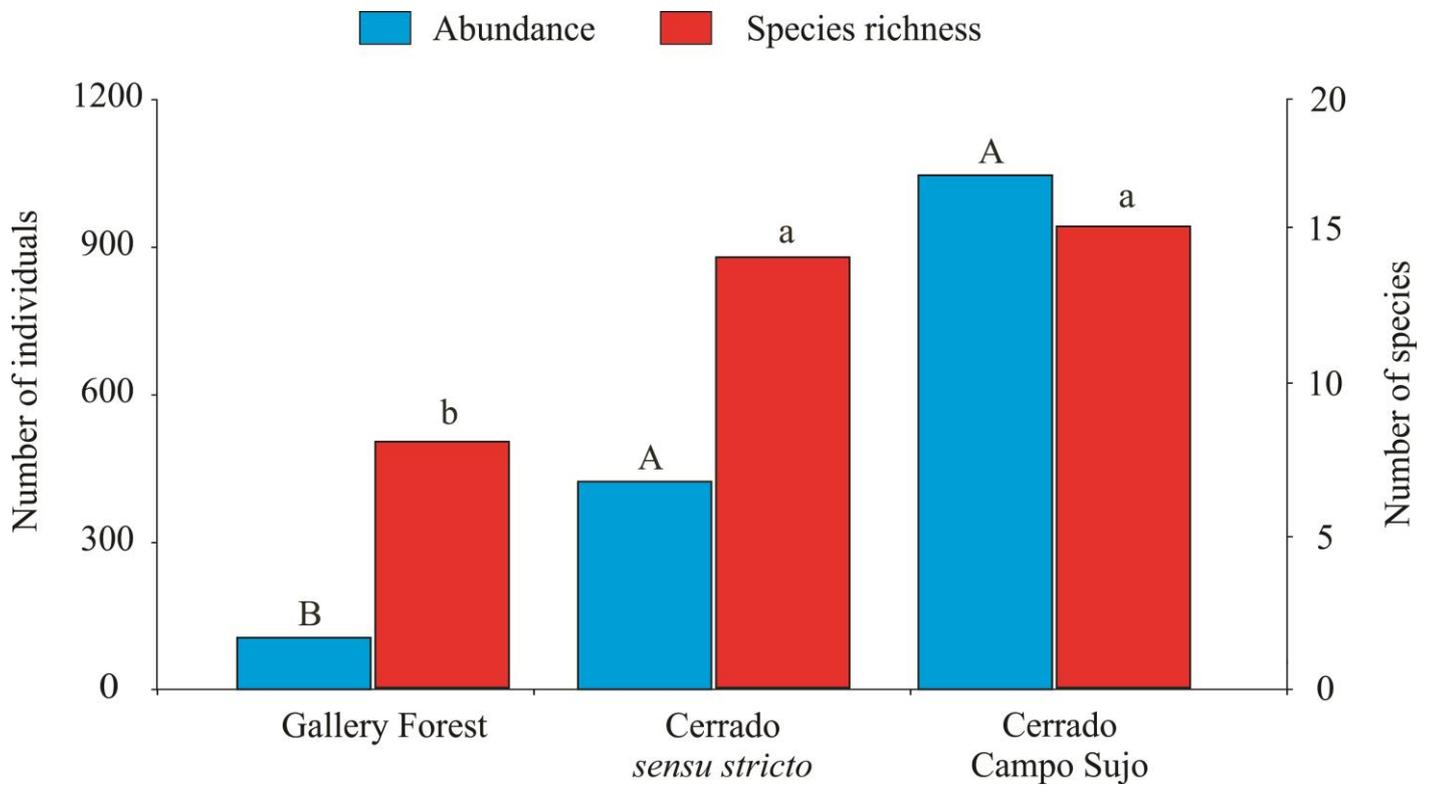
- Puker A, Rosa CS, Orozco J, Solar RR, Feitosa RM (2015) Insights on the association of American Cetoniinae beetles with ants: Myrmecophily in beetles. *Entomol Sci* 18:21–30. <https://doi.org/10.1111/ens.12085>
- Ramos FA, Diniz IR (1993) Seasonal cycles, survivorship and growth of colonies of *Polistes versicolor* (Hymenoptera: Vespidae) in the urban area of Brasília, Brazil. *Entomologist* 112:191-200
- R CORE TEAM. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Redford KH (1984) The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. *Biotropica* 16(2):112–119
- RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE (RECOR). Conheça a RECOR. Disponível em: <http://www.recor.org.br/cid360/conheca-a-recor.html> Acesso em: 25 de outubro de 2016
- Ribeiro JF, Walter BMT (2008) As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP (eds) Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados. Planaltina –DF, pp 89-166
- Ritcher PO (1958) Biology of Scarabaeidae. *Annu Rev Entomol* 3:311-334
- Rodrigues SR, Oliveira JLN, Bagnara CAC, Puker A (2013) Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to fruit-baited traps near Aquidauana, Mato Grosso Do Sul, Brazil. *Coleopt Bull* 67(2):119-122. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-67.2.119>
- Sano EE, Rosa R, Brito JLS, Ferreira LG (2010) Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environ Monit Assess* 166:113–124
- Shaughney JM, Ratcliffe BC (2015) A monographic revision of the genus *Hoplopyga* Thomson, 1880 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae: Gymnetini). *Coleopt Bull* 69:579–638. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-69.4.579>
- Silva FAM, Assad ED, Evangelista BA (2008) Caracterização climática do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds). Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, Brasília pp. 69-88.
- Silva NAP, Frizzas MR, Oliveira CM (2011) Seasonality in insect abundance in the Cerrado of Goiás State, Brazil. *Rev Bras Entomol* 55(1):79–87. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011000100013>
- Singer RB, Cocucci AA (1997) Pollination of *Pteroglossaspis ruwenzoriensis* (Rendle) rolfe (Orchidaceae) by beetles in Argentina. *Bot Acta* 110:338–342

- Šípek P, Fabrizi S, Eberle J, Ahrens D (2016) A molecular phylogeny of rose chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) reveals a complex and concerted morphological evolution related to their flight mode. *Mol Phylogenet Evol* 101:163–175. [10.1016/j.ympev.2016.05.012](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.05.012)
- Sousa R, Fuhrmann J, Kouklík O, Šípek P (2018) Immature stages of three species of *Inca* LePeletier & Serville, 1828 (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and morphology of phytophagous scarab beetle pupa. *Zootaxa* 4434(1):65–88. [10.11646/zootaxa.4434.1.4](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4434.1.4)
- Subchev MA, Toshova TB, Andreev RA, Petrova VD, Maneva VD, Spasova TS, Marinova NT, Minkov PM, Velchev DI (2011) Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* 63(3):269-276
- Tejada G, Morón MA (2015) Exceptional observations on species of *Gymnetis* (Coleoptera: Cetoniidae) in honey bee hives (Hymenoptera: Apidae) in Peru. *Acta Zool Mex* 31(1):143-145. [10.21829/azm.2015.311533](https://doi.org/10.21829/azm.2015.311533)
- Thomas JA, Bourn NAD, Clarke RT, Stewart KE, Simcox DJ, Pearman GS, Curtis R, Goodger B (2001) The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. *Proc Biol Sci* 268:1791–1796. [10.1098/rspb.2001.1693](https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1693)
- Thomas JA, Simcox DJ, Wardlaw JC, Elmes GW, Hochberg ME, Clarke RT (1998) Effects of latitude, altitude and climate on the habitat and conservation of the endangered butterfly *Maculinea arion* and its *Myrmica* ant hosts. *J Insect Conserv* 2:39–46. <https://doi.org/10.1023/A:1009640706218>
- Tisott ST, Schmidt V (2021) Expansion and intensification of agricultural crops in the Cerrado biome in the Center-West Region of Brazil. *Braz J of Bus* 3(3):2280-2294. [10.34140/bjbv3n3-020](https://doi.org/10.34140/bjbv3n3-020)
- Torretta JP, Navarro F, Medan D (2009) Visitantes florales nocturnos del girasol (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) en la Argentina. *Rev Soc Entomol Argent* 68:339–350
- Turner AM (1997) Contrasting short-term and long-term effects of predation risk on consumer habitat use and resources. *Behav Ecol* 8(2):120–125. <https://doi.org/10.1093/beheco/8.2.120>
- Valois M, Silva F (2015) A new species of *Golinca* Thomson (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae): first record of the genus for Brazil. *Zootaxa* 3919(1):192–196. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3919.1.9>
- Vaz-de-Mello FZ, Puker A (2021) Cetoniidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/115404>>. Acesso em: 28 Abr. 2021
- Vuts J, Zoltán I, Tóth M (2008) Development of an attractant-baited trap for *Oxythyrea funesta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Z Naturforsch* 63(9-10):761-768. [10.1515/znc-2008-9-1023](https://doi.org/10.1515/znc-2008-9-1023)

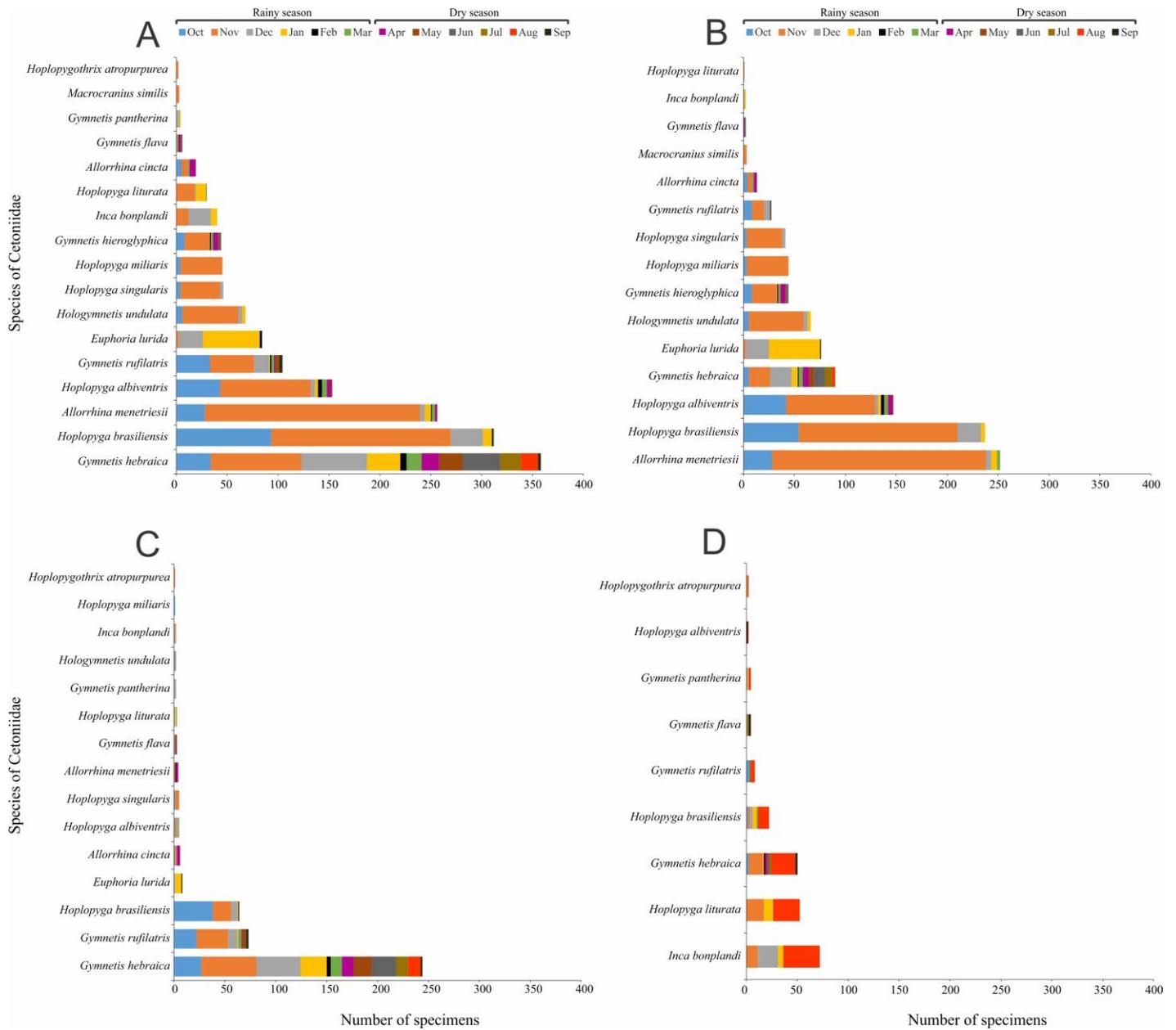
- Vuts J, Szarukán I, Subchev M, Toshova T, Tóth M (2009) Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). J Pest Sci 83:15–20. [10.1007/s10340-009-0263-z](https://doi.org/10.1007/s10340-009-0263-z)
- Wolda H (1978) Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. J Anim Ecol 47(2):369-381



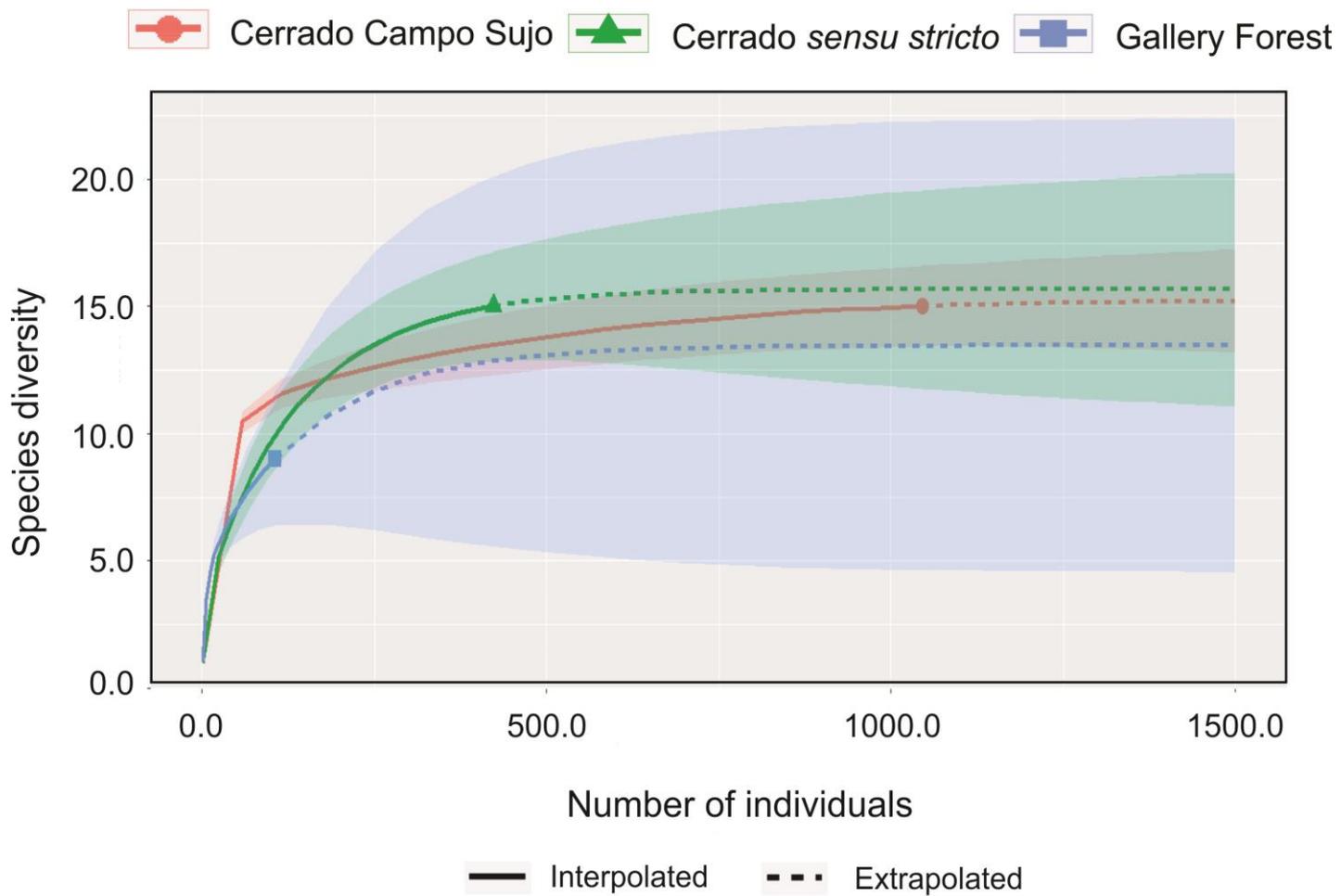
**Fig. 1** Conservation units selected for the collection of Cetoniidae in Brasília, Distrito Federal, Brazil (October/2016 to September/2018). PNB - Parque Nacional de Brasília, FAL - Fazenda Água Limpa (FAL), and RECOR - Reserva Ecológica do IBGE, location of the phytophysionomies in each conservation unit and trap used for the collection of Cetoniidae. Green dots: gallery forest; blue dots: cerrado *sensu stricto* and yellow dots: campo sujo (Source: Google Earth Pro, 2021)



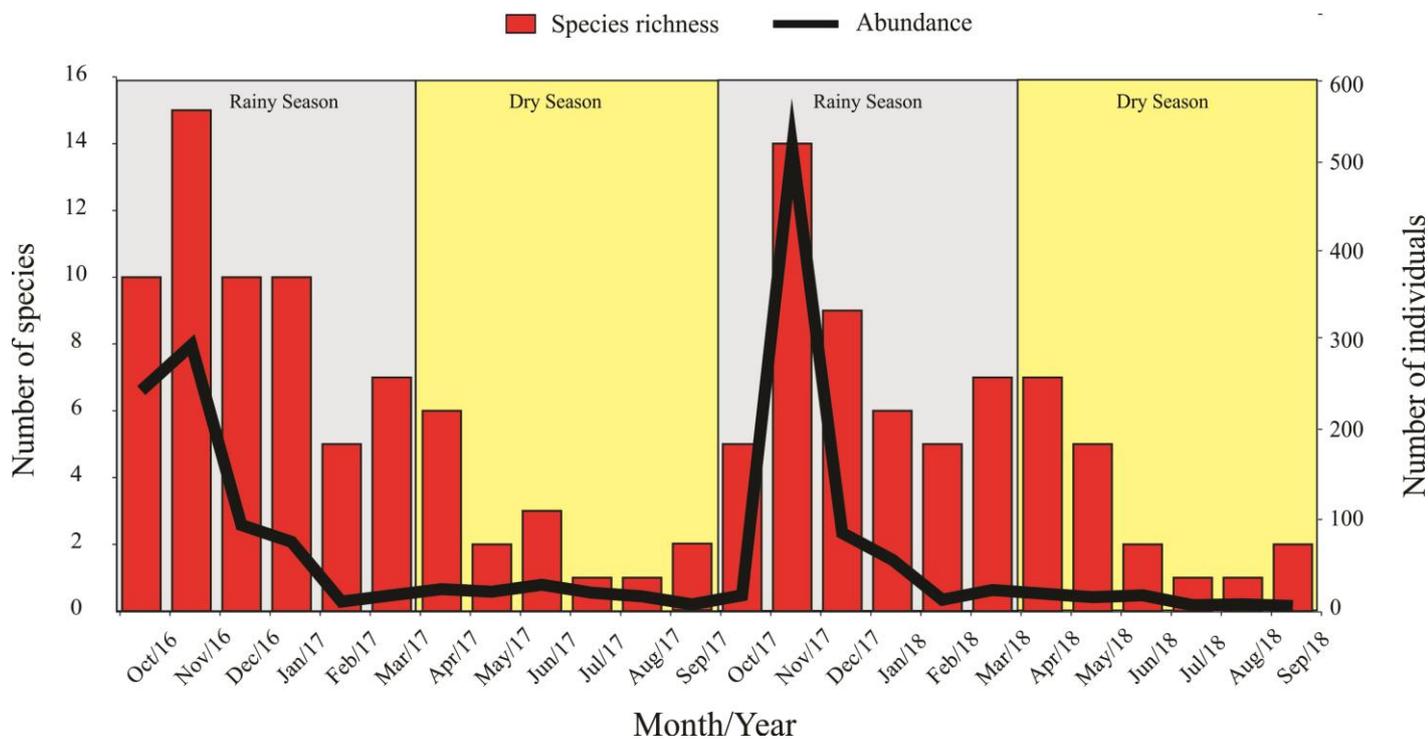
**Fig. 2** Abundance and richness of Cetoniidae species collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest, in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and Reserva Ecológica do IBGE) in Brasília/DF, Brazil (October 2016 to September 2018). Values followed by the same letter in the columns do not differ significantly ( $p < 0.01$ ) by Tukey's HSD test



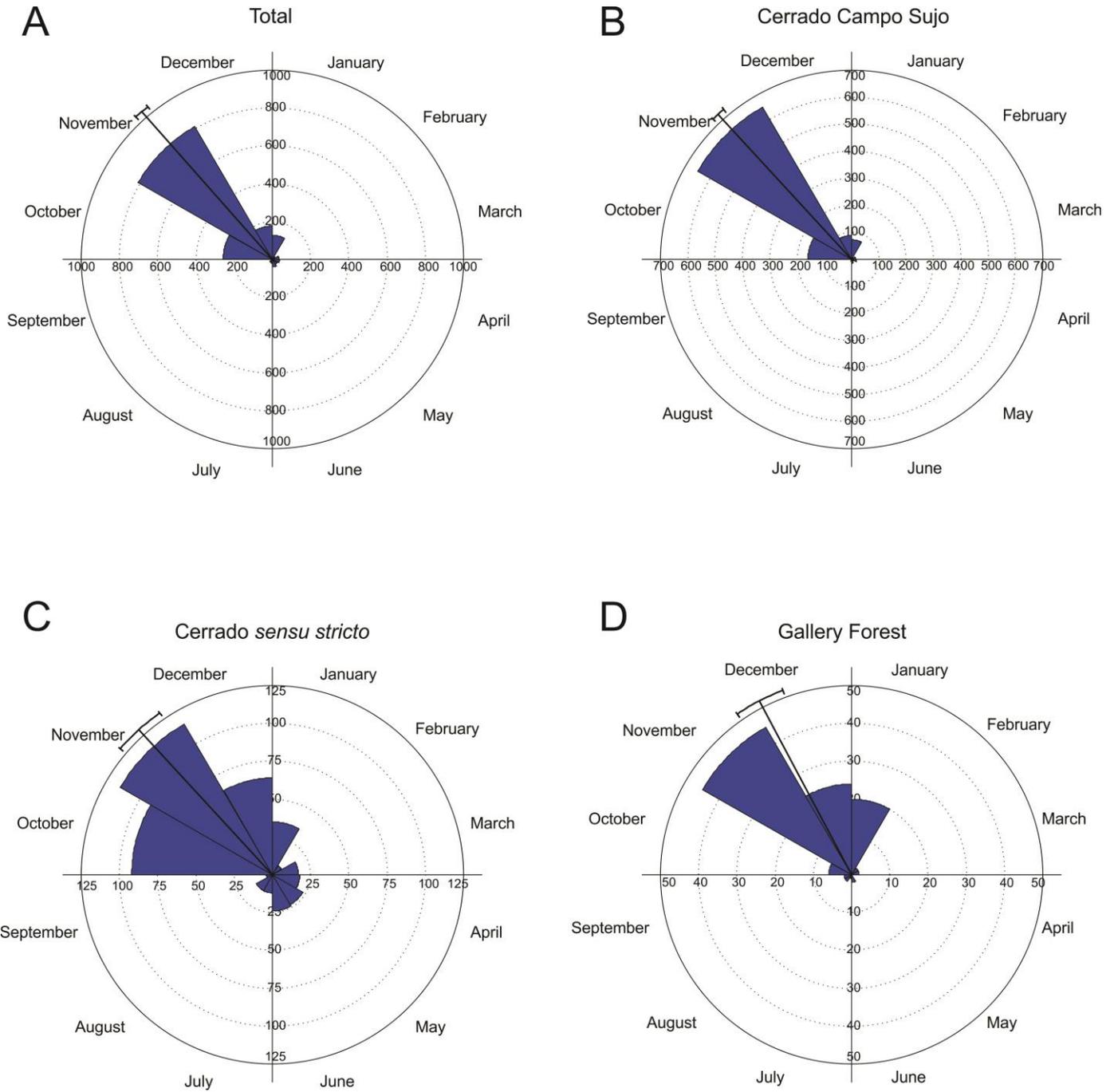
**Fig. 3** Cetoniidae species collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest, in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and IBGE Ecological Reserve) in Brasília/DF, Brazil (October 2016 to September 2018). (A) Total, (B) campo sujo, (C) cerrado *sensu stricto* and (D) gallery forest



**Fig. 4** Accumulation curve of Cetoniidae species collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and Reserva Ecológica do IBGE) in Brasília/DF, Brazil (October 2016 to September 2018)



**Fig. 5** Species richness and abundance of Cetoniidae collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and Reserva Ecológica do IBGE) in Brasília/DF, Brazil (October 2016 to September 2018) during dry and rainy seasons in the Cerrado



**Fig. 6** Circular analysis for total abundance of Cetoniidae (A) collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo (B), cerrado *sensu stricto* (C) and gallery forest (D) phytophysiognomies in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and Reserva Ecológica do IBGE) in Brasília/DF, Brazil, (October 2016 to September 2018)

**Table 1** Measurements of the concentration ( $r$ ), Rayleigh Test, mean group, distribution, and season of the year with the greatest total abundance of Cetoniidae species collected in three phytophysiognomy of Cerrado from October 2016 to September 2018

Phytophysiognomy	$r$	Rayleigh Test	$p$ -value	Mean group	Distribution	Season
Campo sujo	0,83	720,023	<0.0001	November	Clustered	Rainy
Cerrado <i>sensu stricto</i>	0,47	92,867	<0.0001	November	Random	-
Gallery forest	0,79	65,631	<0.0001	December	Clustered	Rainy
Total	0,73	835,195	<0.0001	November	Clustered	Rainy

## Supplementary Information

**Table S1** Species richness and abundance of Cetoniidae collected in traps baited with fermented fruit in campo sujo, cerrado *sensu stricto*, and gallery forest physiognomies, in three conservation units (Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília, and Reserva Ecológica do IBGE) in Brasília/DF, Brazil (October 2016 to September 2018)

	FAL				RECOR				PNB				Total Geral
	Campo Sujo	Cerrado SS	Gallery Forest	Total	Campo Sujo	Cerrado SS	Gallery Forest	Total	Campo Sujo	Cerrado SS	Gallery Forest	Total	
<b>Dry season</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>93</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>150</b>
<i>Allorrhina cincta</i> (Gory & Percheron, 1833)	0	0	0	0	3	3	0	6	0	0	0	0	6
<i>Allorrhina menetriesii</i> (Mannerheim, 1829)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2
<i>Gymnetis flava</i> (Weber, 1801)	0	0	0	0	1	2	0	3	1	0	0	1	4
<i>Gymnetis hebraica</i> (Drapiez, 1820)	3	7	0	10	19	56	6	81	10	16	0	26	117
<i>Gymnetis hieroglyphica</i> Vigors, 1825	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Gymnetis rufilatrís</i> (Illiger, 1800)	0	5	0	5	0	2	1	3	0	0	0	0	8
<i>Hoplopyga albiventris</i> (Gory & Percheron, 1833)	2	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	3	5
<b>Rainy season</b>	<b>536</b>	<b>45</b>	<b>56</b>	<b>637</b>	<b>305</b>	<b>201</b>	<b>29</b>	<b>535</b>	<b>154</b>	<b>84</b>	<b>14</b>	<b>252</b>	<b>1424</b>
<i>Allorrhina cincta</i> (Gory & Percheron, 1833)	3	0	0	3	5	3	0	8	2	0	0	2	13
<i>Allorrhina menetriesii</i> (Mannerheim, 1829)	250	0	0	250	2	1	0	3	0	1	0	1	254
<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius, 1775)	46	0	0	46	22	5	0	27	8	3	0	11	84
<i>Gymnetis flava</i> (Weber, 1801)	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2
<i>Gymnetis hebraica</i> (Drapiez, 1820)	13	16	4	33	29	109	12	150	16	40	2	58	241
<i>Gymnetis hieroglyphica</i> Vigors, 1825	35	0	0	35	1	0	0	1	0	0	0	0	36
<i>Gymnetis pantherina</i> Blanchard, 1837	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	2	4
<i>Gymnetis rufilatrís</i> (Illiger, 1800)	11	22	2	35	6	9	0	15	10	35	1	46	96
<i>Hologymnetis undulata</i> (Vigors, 1825)	2	0	0	2	63	2	0	65	1	0	0	1	68
<i>Hoplopyga albiventris</i> (Gory & Percheron, 1833)	18	0	0	18	11	3	1	15	113	2	0	115	148
<i>Hoplopyga brasiliensis</i> (Gory & Percheron, 1833)	100	3	7	110	136	60	4	200	1	1	0	2	312
<i>Hoplopyga liturata</i> (Olivier, 1789)	1	1	15	17	0	1	11	12	0	1	0	1	30
<i>Hoplopyga miliaris</i> (Gory & Percheron, 1833)	44	0	0	44	0	1	0	1	0	0	0	0	45
<i>Hoplopyga singularis</i> (Gory & Percheron, 1833)	11	0	0	11	30	5	0	35	0	0	0	0	46
<i>Hoplopygothrix atropurpurea</i> (Schaum, 1841)	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Inca bonplandi</i> (Gyllenhal, 1817)	1	1	25	27	0	1	1	2	1	0	10	11	40
<i>Macrocranius similis</i> Schürhoff, 1935	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	3
<b>Total Geral</b>	<b>549</b>	<b>58</b>	<b>56</b>	<b>663</b>	<b>328</b>	<b>264</b>	<b>36</b>	<b>628</b>	<b>168</b>	<b>101</b>	<b>14</b>	<b>283</b>	<b>1574</b>

## **CAPÍTULO 3**

**Variações morfológicas das asas membranosas de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de Cerrado**

Variações morfológicas das asas membranosas de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) em diferentes fitofisionomias de Cerrado

## Resumo

A análise morfométrica tem sido utilizada em diversas ordens de insetos para auxiliar na descrição de características morfológicas e história de vida. Os objetivos deste estudo foram avaliar a variação morfológica da forma das asas membranosas de espécies de Cetoniidae e verificar se existe relação dessa variação com as diferentes fitofisionomias do Cerrado, por meio da descrição da forma da asa membranosa de espécies de ampla distribuição no Cerrado. A ANOVA demonstrou que há diferença significativa na forma e tamanho (medido pelo tamanho do centroide) das asas membranosas das espécies de Cetoniidae e também em relação as fitofisionomias. Através da análise canônica observou-se o agrupamento entre as fitofisionomias em relação a forma da asa membranosa dos Cetoniidae e por meio da análise de regressão verificou-se que há influência das fitofisionomias não apenas na forma, mas também no tamanho das asas membranosas. Essa diferença fica ainda mais evidente com a retirada da espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) que mostrou uma configuração de asa bastante distinta das demais espécies da família. De acordo com nossos resultados verificamos que pode existir influência da fitofisionomia na variação fenotípica da asa membranosa de Cetoniidae.

**Palavras-chave:** Cetoniinae, morfometria geométrica, forma da asa, tamanho da asa, *Inca bonplandi*.

## Introdução

A morfometria estuda as variações na forma e no tamanho (Monteiro & Reis, 1999), e a morfometria geométrica apresenta a geometria das formas estudadas, identificando as áreas onde essas mudanças ocorrem (Monteiro & Reis, 1999; Moraes, 2003), permitindo verificar como essas variáveis se relacionam e qual a sua associação com as questões evolutivas, ecológicas e fisiológicas (Moraes, 2003). Tem sido usada com vários organismos e em

diversas ordens de insetos para compreender o processo de plasticidade morfológica e inferir as mudanças desse fenômeno.

A morfologia de várias partes do corpo dos insetos mostrou estar associada à sua função, assim, a quantificação da forma com base na morfometria geométrica tem sido uma abordagem eficaz para descrever a variação da forma. Nos últimos 15 anos já foram realizados mais de 470 estudos que utilizaram a morfometria geométrica para descrever a forma dos insetos, sendo Coleoptera a segunda ordem em número de estudos, mas a que possui as mais variadas partes do corpo estudadas, como asas, genitália, cabeça, tórax, élitro, mandíbula, dentre outras (Tatsuta et al., 2018). Os principais estudos com insetos avaliaram, por exemplo, o aparelho reprodutor de Phasmatodea (Myers et al., 2017); dimorfismo sexual e de asa em Hemiptera (Paris et al., 2016; Hernández et al., 2018); tamanho do corpo, morfologia da asa e dimorfismo sexual em Diptera (Fartyal et al., 2017); identificação de espécies crípticas através das asas em Hymenoptera (Quezada-Euán et al., 2015); e variações interespecíficas e morfometria dos folículos testiculares em Orthoptera (Ferreira et al., 2006; Shah Hussain et al., 2018).

Na ordem Coleoptera a morfometria já foi utilizada em Elateridae para caracterizar a relação entre a morfologia da cápsula cefálica larval e diferentes condições climáticas (temperatura e precipitação) e ecológicas (tipos de solo) (Benítez et al., 2014); para relacionar o hábito alimentar com a morfologia do aparelho bucal em larvas de Carabidae (Sasakawa, 2016); avaliar diferenças morfométricas e moleculares de uma espécie de Curculionidae com a população de seu hospedeiro (Jimenez et al., 2018) e em Scarabaeidae para verificar padrões de diferenciação genética e morfológica entre espécies irmãs (Pizzo et al., 2006); a evolução da mandíbula (Bai et al., 2015); e o tamanho e forma do corpo na compreensão das interações competitivas de uma comunidade de Scarabaeinae (Hernández et al., 2011). Procedimentos morfométricos geométricos podem ser usados para fornecer informações importantes sobre a adaptação biológica das espécies em diferentes condições bióticas e abióticas, permitindo determinar o impacto de fatores ambientais no tamanho e forma, como já foi demonstrado para cabeças e asas de *Triatoma infestans* (Klug) (Vilaseca et al., 2021).

Em Coleoptera, as asas membranosas já foram objeto de estudo para compreender a evolução na sua forma de dobra e também para diagnóstico de um novo táxon (Bai et al., 2011; 2012). Possuem função exclusiva para o voo, apresentam morfologia aerodinâmica, e por serem grandes, flexíveis e finas apresentam conexões e interseções que facilitam a dobra e o armazenamento abaixo dos élitros (Ren et al., 2017).

Os Cetoniidae possuem uma acentuada emarginação pós-umeral que possibilita um voo rápido e sonoro com os élitros fechados (Le Gall, 2010; Cherman & Morón, 2014), o que possibilita voarem por longas distâncias. O voo com o élitro fechado pode estar relacionado com a vida diurna e com os recursos alimentares esparsos, criando a necessidade de voos longos (Šípek et al., 2016). No Brasil são relatadas 84 espécies e 30 gêneros (Rodrigues et al., 2022) de Cetoniidae e, o Cerrado apresenta a mais elevada riqueza com 25% das espécies e 27% dos gêneros conhecidos no país (Garcia et al., 2013; Rodrigues et al., 2013; Evangelista Neto et al., 2017) comparado aos outros biomas brasileiros.

O Cerrado apresenta uma ampla heterogeneidade ambiental caracterizada por um mosaico vegetacional, forte variação sazonal e três tipos principais de formações vegetais: florestais, savânicas e campestres. A formação florestal representada pela fitofisionomia mata de galeria acompanha córregos e apresenta árvores altas (20 a 30 m de altura) gerando uma cobertura densa (podendo chegar a 95% de cobertura) que pode ou não ser contínua e que mesmo em épocas de seca (baixas precipitações) apresenta umidade elevada. Já a formação savânica, representada pelo cerrado *sensu stricto*, apresenta plantas baixas e tortuosas, com troncos de cascas espessas e folhas rígidas que podem ter de 1,5 a 5 m, sem a formação de dossel e, a formação campestre, fitofisionomia campo sujo, possui arbustos e subarbustos esparsos (Ribeiro & Walter, 2008). Desta forma, as formações vegetais do Cerrado apresentam alto grau de variação ambiental, seja ela extrínseca (variações estruturais e ambientais entre as diferentes categorias de formações vegetais) ou intrínseca (variações estruturais e ambientais dentro de uma mesma categoria de formação vegetal, causadas pela atuação dos fatores locais).

Fatores abióticos (como luminosidade, vento, precipitação, umidade) e bióticos (como cobertura vegetal) podem representar variáveis que afetam as

características morfológicas das asas membranosas, e desta forma, a morfologia das asas em fitofisionomias com diferentes microclimas e porcentagem de cobertura vegetal podem apresentar características próprias da formação vegetal em que se encontram.

Portanto, nossos principais questionamentos são: Existe diferenciação nas asas membranosas das espécies de Cetoniidae que ocorrem no Cerrado? Há variação fenotípica das asas membranosas nas espécies de Cetoniidae em diferentes fitofisionomias? Os objetivos deste estudo foram avaliar e descrever a variação morfológica da forma das asas membranosas de espécies de Cetoniidae e verificar se existe relação dessa variação morfológica com as diferentes fitofisionomias do Cerrado, por meio da descrição da forma da asa membranosa de espécies de ampla distribuição no bioma. Nossas hipóteses são de que como a família é caracterizada por voar com os élitros fechados, apresentar uma acentuada emarginação pós-umeral que pode gerar variações morfológicas na dobra da asa membranosa, e ser composta por um grupo diverso, com besouros de médio a grande porte (0,5 – 15,0 cm), acreditamos que existam variações morfológicas na forma das asas membranosas entre gêneros e espécies de Cetoniidae e que como estão amplamente distribuídos no Cerrado, com espécies predominando em determinadas fitofisionomias que variam quanto a área de voo, umidade e vento, acreditamos que haverá variação na forma da asa entre as fitofisionomias, o que pode influenciar o padrão de voo destes insetos.

## **Material e métodos**

### **Coleta de asas membranosas**

Foram utilizadas as asas membranosas dos espécimes de Cetoniidae coletados em três unidades de conservação, Parque Nacional de Brasília (PNB), Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR). Em cada unidade de conservação foram selecionadas três fitofisionomias: mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e campo sujo (Fig. 1), representando formações florestais, savânicas e campestres, respectivamente. A coleta dos Cetoniidae adultos foi realizada mensalmente por 24 meses (outubro de 2016 a setembro

de 2018), utilizando armadilhas iscadas com banana fermentada com caldo de cana por 48 horas, que permaneceram por uma semana no campo (a caracterização das áreas amostrais e a metodologia de coleta estão descritos no capítulo 2).

Os indivíduos selecionados foram fervidos em água, por cerca de 10 minutos, para ficarem maleáveis e permitir a remoção da asa membranosas do lado esquerdo com o auxílio de pinça e lupa Leica EZ4 HD. A asa foi fixada com cola branca em papel cartolina branco (Fig. 2) e fotografadas utilizando lupa Leica EZ4 HD.

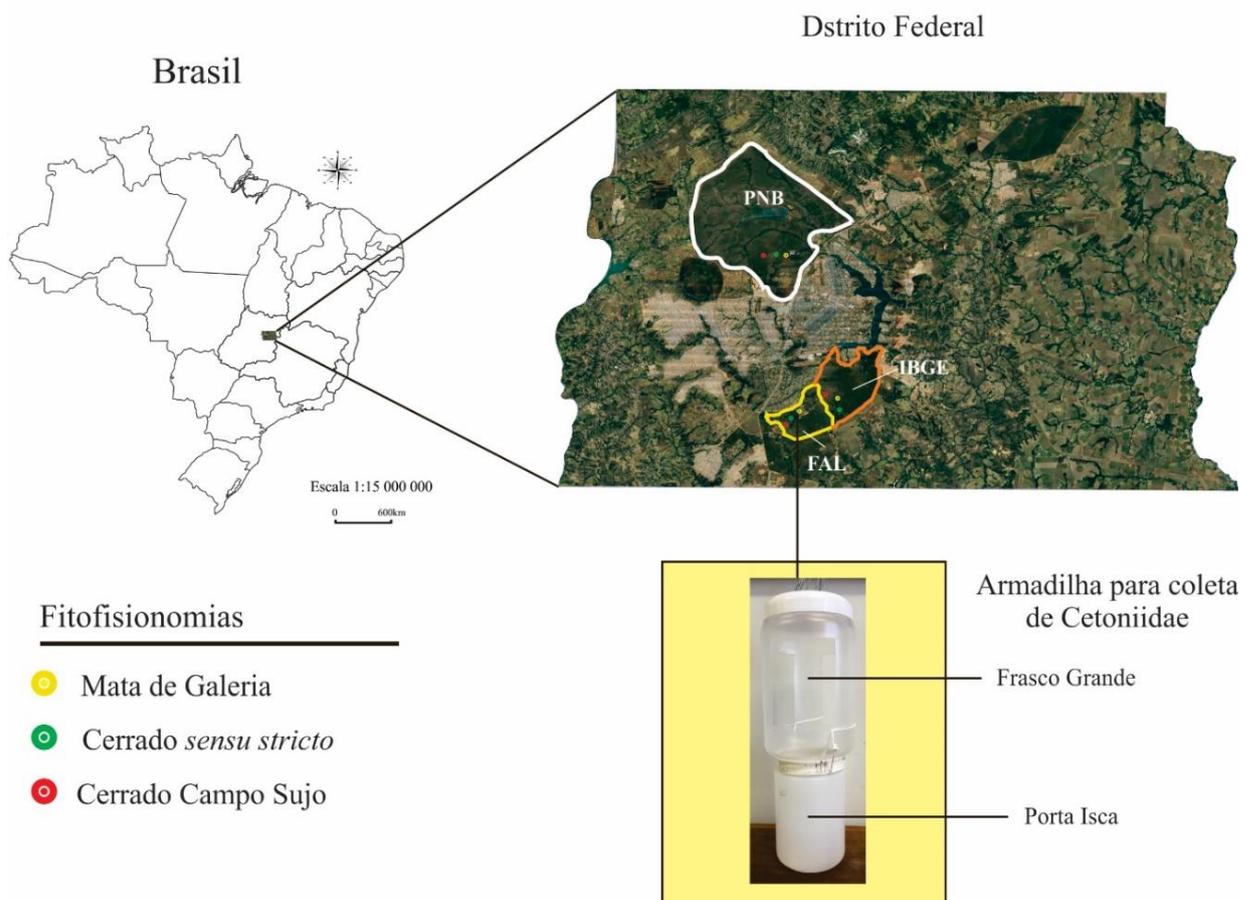


Fig. 1. Unidades de conservação selecionadas para a coleta de Cetoniidae. Parque Nacional de Brasília (PNB), Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR). As áreas de mata de galeria avaliadas em cada unidade de conservação estão demarcadas com ponto amarelo, de cerrado *sensu stricto* com ponto verde e de cerrado sujo com ponto vermelho (Fonte: Google Earth Pro, 2021).

## Escolha das espécies e número amostral

Foram analisadas um total de 417 asas membranosas de Cetoniidae representando 8 gêneros e 17 espécies (Tabela 1). Quinze machos e 15 fêmeas da espécie *Allorhina menetriesii* (Mannerheim) foram selecionados para verificar a ocorrência de dimorfismo sexual nas asas membranosas, e não foi constatado o dimorfismo.

As espécies foram classificadas em quatro categorias (referente as fitofisionomias em que foram coletadas em maior quantidade): espécies de mata de galeria, de cerrado *sensu stricto*, de campo sujo e espécies generalistas. As asas foram retiradas sempre da fitofisionomia em que a espécie ocorreu de forma exclusiva ou em maior quantidade e considerada como representante desta fitofisionomia, exceto para as espécies que foram coletadas em um número muito baixo ou em quantidades semelhantes em mais de uma fitofisionomia, neste caso foram retiradas as asas dos indivíduos de todas as fitofisionomias avaliadas considerando assim uma espécie generalista.

## Escolha e inserção dos marcos anatômicos

Baseado em trabalhos anteriores realizados com morfometria geométrica de asas de Coleoptera (Bai et al., 2011; Bai et al., 2012), foram selecionados 13 marcos anatômicos (Fig. 2) que são caracterizados por conexões e interseções que fornecem informações da forma das asas (Bookstein, 1990).

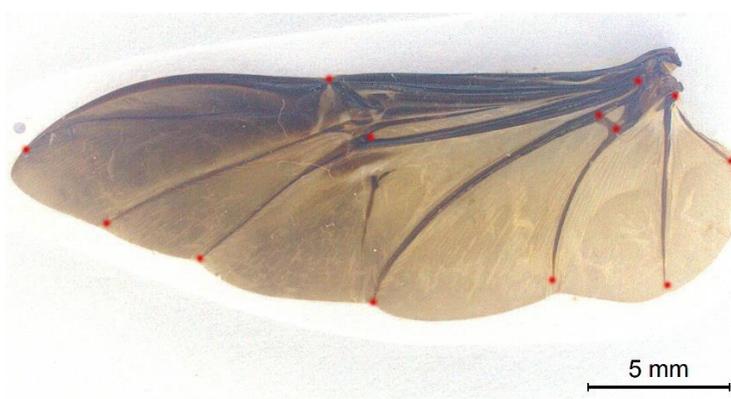


Fig. 2. Marcos anatômicos (n = 13) selecionados em asa membranosas de *Allorhina menetriesii* (Mannerheim) para a elaboração da morfometria geométrica em Cetoniidae coletados em três fitofisionomias de cerrado na Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília e Reserva Ecológica do IBGE em Brasília/DF, no período de outubro de 2016 a setembro de 2018 em armadilhas iscadas com banana fermentada com caldo de cana.

Tabela 1. Número amostral de asas membranosas retiradas dos Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) coletados em três fitofisionomias do Cerrado (mata de galeria - mg, cerrado *sensu stricto* - css e campo sujo – csj) para análise morfométrica.

Gênero	Espécie	Fitofisionomia			Número de asas membranosas
		mg	css	csj	
<i>Allorrhina</i>	<i>Allorrhina cincta</i> (Gory & Percheron, 1833)	-	6	14	20
	<i>Allorrhina menetriesii</i> (Mannerheim, 1829)	-	-	30	30
<i>Euphoria</i>	<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius, 1775)	-	-	30	30
<i>Gymnetis</i>	<i>Gymnetis flava</i> (Weber, 1801)	-	03	03	06
	<i>Gymnetis hebraica</i> (Drapiez, 1820)	-	30	-	30
	<i>Gymnetis hieroglyphica</i> Vigors, 1825	-	-	30	30
	<i>Gymnetis pantherina</i> Blanchard, 1837	02	02	-	04
	<i>Gymnetis rufilatrix</i> (Illiger, 1800)	-	30	-	30
<i>Hologymnetis</i>	<i>Hologymnetis undulata</i> (Vigors, 1825)	-	-	30	30
<i>Hoplopyga</i>	<i>Hoplopyga albiventris</i> (Gory & Percheron, 1833)	-	-	30	30
	<i>Hoplopyga brasiliensis</i> (Gory & Percheron, 1833)	-	-	30	30
	<i>Hoplopyga liturata</i> (Olivier, 1789)	22	-	-	22
	<i>Hoplopyga miliaris</i> (Gory & Percheron, 1833)	-	-	30	30
	<i>Hoplopyga singularis</i> (Gory & Percheron, 1833)	-	-	30	30
<i>Hoplopygothrix</i>	<i>Hoplopygothrix atropurpura</i> (Schaum, 1841)	01	03	-	04
<i>Inca</i>	<i>Inca bonplandi</i> (Gyllenhal, 1817)	30	30	-	60
<i>Macrocranius</i>	<i>Macrocranius similis</i> Schürhoff, 1935	-	-	01	01
Total		55	104	258	417

### Análise de dados

Os marcos anatômicos digitalizados foram analisados utilizando a metodologia de morfometria geométrica, que consiste na realização de uma Análise Generalizada de Procrustes, que alinha, sobrepõe e retira o efeito do tamanho dos marcos anatômicos, gerando assim as coordenadas procrustes. Posteriormente foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), que ordena os dados, verificando as variações da amostra, e permitindo a

visualização da variação da forma entre as espécies de Cetoniidae no espaço da forma gerado pelo gráfico de PC1 x PC2. Além disso, foi obtida a forma média para cada espécie analisada para utilização nas análises posteriores.

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para identificar se existe variação significativa na forma das asas membranosas entre as espécies de Cetoniidae. Para avaliar a relação entre a forma da asa membranosa de Cetoniidae e as fitofisionomias de cerrado foram realizadas uma análise canônica (CVA), uma análise de regressão e uma ANOVA entre as diferentes populações dispersas pelo Cerrado.

Os programas utilizados para obtenção e análise dos dados morfométricos são da série TPS (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>) e MorphoJ.

## Resultados

Foi encontrada variação na forma das asas membranosas de Cetoniidae quando as espécies foram analisadas separadamente. As variações na forma das asas são apresentadas pelos dois primeiros componentes principais da ACP (Fig. 3A) que correspondem a 73% de toda a variação. A espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) se destacou da família, formando um grupo muito isolado quando comparado as outras espécies, portanto, optamos por retirar *I. bonplandi* e fazer outra análise apenas com as demais espécies para verificar se emergia algum padrão.

A nova análise de ACP, sem a presença de *I. bonplandi*, revelou que existe um agrupamento entre os gêneros e existe diferença na configuração da asa membranosa, que é apresentada pelos dois primeiros componentes principais (Fig. 3B) que correspondem a 41% de toda a variação, demonstrando que apesar de todas as espécies estarem ao centro do gráfico, existe um agrupamento entre os gêneros. Os valores dos resultados apresentados pela ANOVA demonstram que há diferença significativa no que se refere a conformação das asas membranosas entre as espécies de Cetoniidae (Tabela 3).

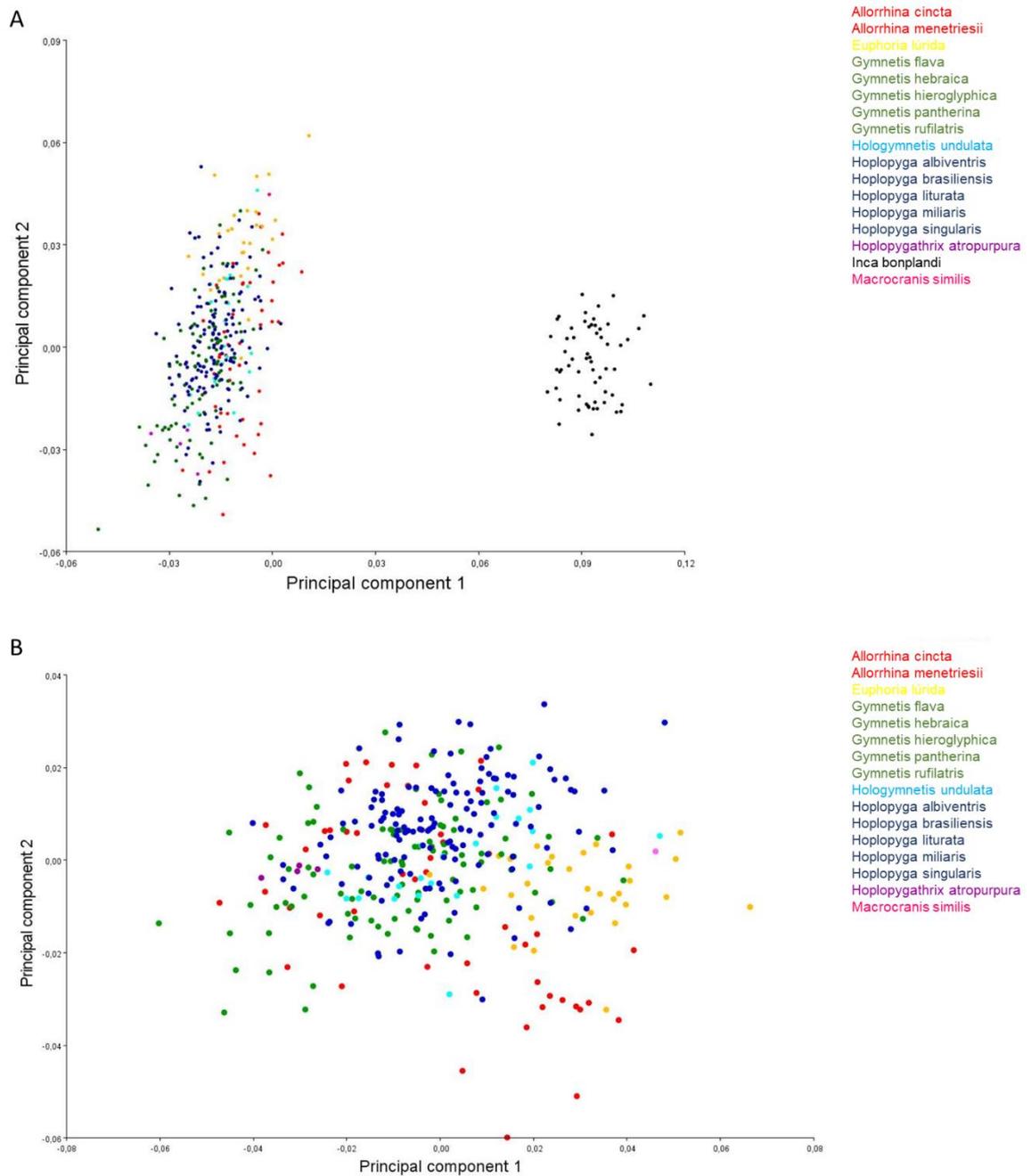


Fig. 3. Análise de Componentes Principais (ACP) para as asas membranas das espécies de Cetoniidae coletadas na Fazenda Água Limpa, Parque Nacional de Brasília e Reserva Ecológica do IBGE em Brasília/DF, no período de outubro de 2016 a setembro de 2018 em armadilhas iscadas com banana fermentada com caldo de cana. (A) com a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) e (B) sem a espécie *I. bonplandi*.

Tabela 3. Análise de tamanho do centroide e da forma pela ANOVA de Procrustes entre as asas membranosas das espécies de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) com a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) e sem a espécie *I. bonplandi*. Sums of squares (SS) e mean squares (MS).

Effect	Centroide					Forma					
	SS	MS	df	F	p	SS	MS	df	F	p	Pillai tr.
<b>Com a espécie <i>I. bonplandi</i></b>											
<b>Espécies</b>	116586273,097829	7286642,068614	16	1960,32	<.0001	0,81532142	0,0023162540	352	55,72	<.0001	5,63
<b>Residual</b>	1453370,106703	3717,059096	391			0,35760577	0,0000415724	8602			
<b>Sem a espécie <i>I. bonplandi</i></b>											
<b>Espécies</b>	52,283079	3,485539	15	84,57	<.0001	0,21067963	0,0006384231	330	14,83	<.0001	5,15
<b>Residual</b>	13,683063	0,041214	332			0,31438405	0,0000430427	7304			

A relação das fitofisionomias do Cerrado (mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e campo sujo) e a forma da asa membranosas foi analisada através da análise canônica (CVA) e observou-se um agrupamento entre as fitofisionomias em relação a forma da asa membranosas nas espécies de Cetoniidae tanto na presença de *I. bonplandi* (Fig. 4A) quanto na ausência (Fig. 4B) da espécie. A grade de deformação da asa membranosas das espécies que ocorrem no cerrado *sensu stricto* (formação savânica) na presença de *I. bonplandi* (Fig. 4A) apresenta uma asa ampla e arredondada e na ausência de *I. bonplandi* (Fig. 4B) existe um deslocamento do marco 13 deixando a asa mais alongada. A grade de deformação da asa membranosas das espécies que ocorrem na mata de galeria (formação florestal) na presença de *I. bonplandi* (Fig. 4A) apresenta uma asa ampla, longa e com o deslocamento do marco 3 e, na ausência de *I. bonplandi* (Fig. 4B) apresenta uma asa mais curta com o marco 13 retraído. Existe um alto padrão de associação entre a forma da asa membranosas e a fitofisionomia, sendo que o campo sujo (formação campestre) mostrou variação em relação as outras fitofisionomias avaliadas (Tabela 4).

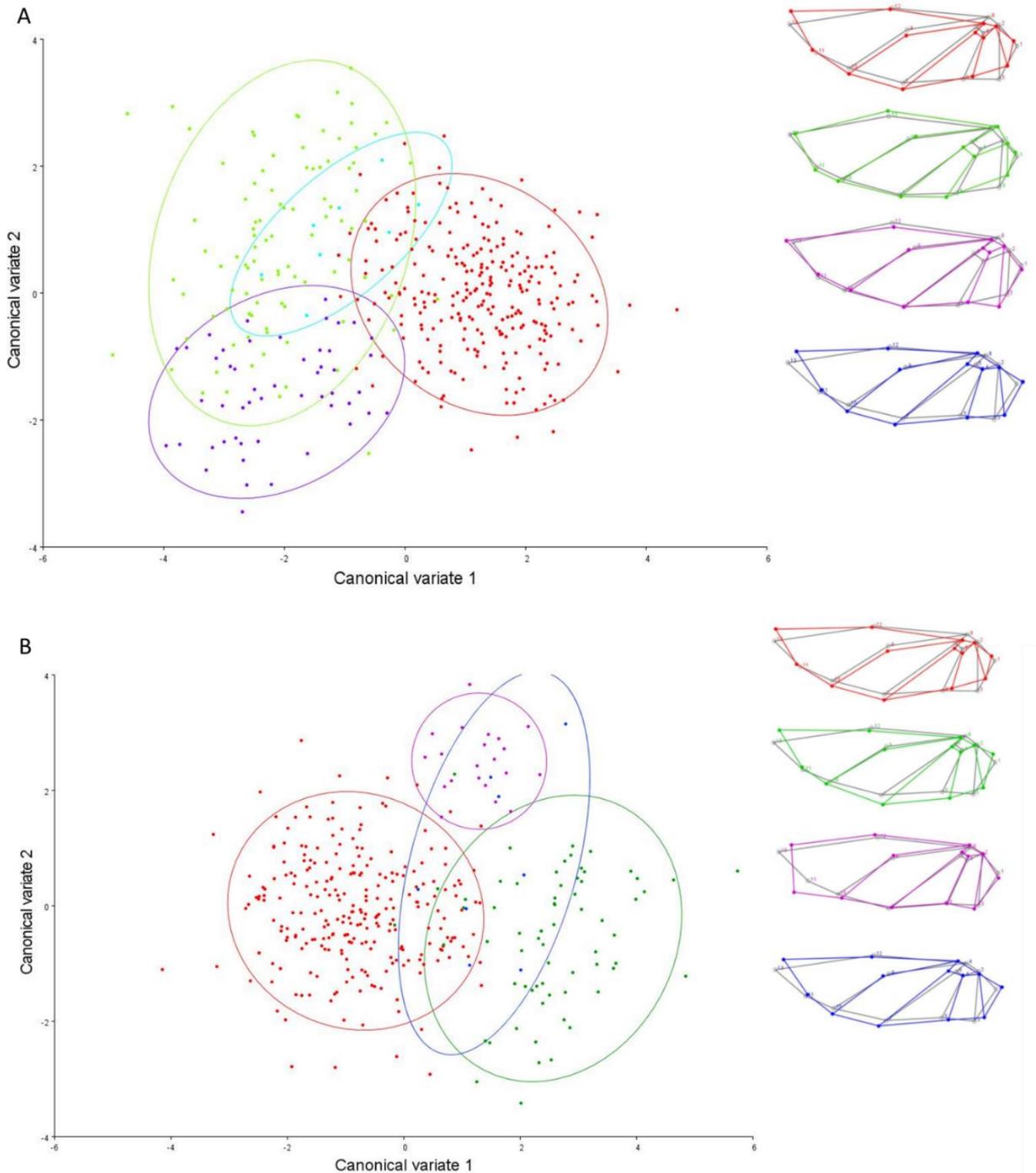


Fig. 4. Representação gráfica da análise de discriminantes canônicas (CVA) para as espécies de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) coletadas nas fitofisionomias campo sujo (vermelho), cerrado *sensu stricto* (verde), mata de galeria (roxo) e espécies generalistas (azul). As elipses indicam intervalo de 95% de confiança. Nota-se o agrupamento no espaço ortogonal, o que evidencia a diferenciação da forma da asa para cada fitofisionomia. (A) com a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal), (B) sem a espécie *I. bonplandi*.

Tabela 4. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) das asas membranosas de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) com a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) e sem a espécie *I. bonplandi* para as fitofisionomias do Cerrado, mata de galeria - mg, cerrado *sensu stricto* - css, campo sujo - csj e generalista - g.

Fitofisionomia	Mahalanobis distances			p-values			Procrustes distances		
	csj	css	g	csj	css	g	csj	css	g
<b>Com a espécie <i>I. bonplandi</i></b>									
Cerrado <i>ss</i>	3,3740	-	-	<0,0001	-	-	0,0350	-	-
Generalista	3,7599	3,1614	-	0,0005	0,0524	-	0,0285	0,0406	-
Mata de galeria	3,6984	2,3696	3,8445	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0616	0,0358	0,0721
<b>Sem a espécie <i>I. bonplandi</i></b>									
Cerrado <i>ss</i>	3,4267	-	-	<0,0001	-	-	0,0265	-	-
Generalista	3,6937	3,2819	-	0,0007	0,1427	-	0,0285	0,0172	-
Mata de galeria	3,3715	3,3327	3,5794	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0249	0,0221	0,0231

Devido a evidente diferença na configuração da asa membranosas das espécies de Cetoniidae nas fitofisionomias avaliadas, verificamos a influência da fitofisionomia na forma da asa utilizando uma análise de regressão. Os resultados revelaram uma nítida diferenciação de tamanho das asas com a presença de *I. bonplandi* (Fig. 5A) com 51% da forma sendo explicada pelo tamanho e na ausência de *I. bonplandi* (Fig. 5B) com 9,8% da forma sendo explicada pelo tamanho. As asas das espécies de campo sujo se apresentaram amplamente distribuídas, demonstrando uma grande variação de tamanho de asas, as espécies de cerrado *sensu stricto* apontam uma tendência de asas membranosas maiores do que as espécies de mata de galeria e generalistas. A ANOVA demonstrou que há diferenças significativas na forma e tamanho (medido pelo tamanho do centroide) das asas membranosas das espécies em relação as fitofisionomias (Tabela 5).

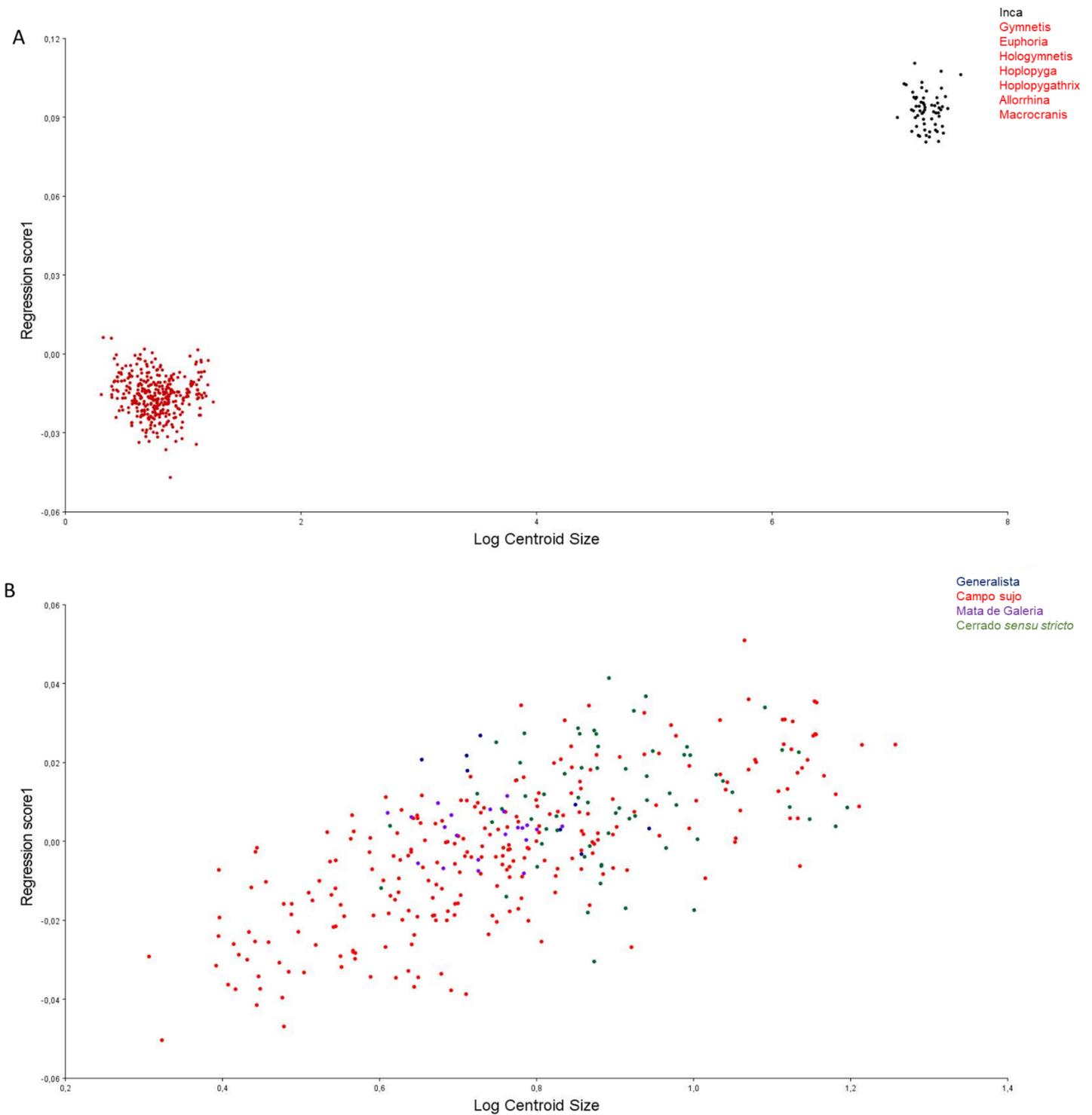


Fig. 5. Representação gráfica da análise de regressão para as espécies de Cetoniidae (Insecta: Coleoptera). (A) com a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal) e as demais espécies analisadas. (B) sem *I. bonplandi* nas fitofisionomias campo sujo, cerrado *sensu stricto*, mata de galeria e generalistas.

Tabela 5. Análise para as fitofisionomias do Cerrado (mata de galeria, cerrado *sensu stricto* e campo sujo) pela ANOVA de Procrustes das asas membranosas de Cetoniidae, sem a espécie *Inca bonplandi* (Gyllenhal). Sums of squares (SS) e mean squares (MS).

Effect	Centroide					Forma					
	SS	MS	df	F	p	SS	MS	df	F	p	Pillai tr.
Fitofisionomia	5,594974	1,864991	3	10,63	<.0001	0,0505579 1	0,000766028 9	66	12,2 2	<.0001	1,13
Residual	60,37116 8	0,175498	344			0,3143840 5	0,000043042 7	7568			

## Discussão

De acordo com nossos resultados verificamos que existe diferença na forma das asas membranosas entre as espécies de Cetoniidae que ocorrem no Cerrado, gerando um agrupamento entre os gêneros. Essa diferença fica ainda mais evidente com a retirada da espécie *I. bonplandi* que mostrou uma configuração de asa bastante distinta das demais espécies da família. Quando avaliamos a configuração das asas membranosas levando em consideração as fitofisionomias verificamos que tanto a forma quanto o tamanho da asa são influenciadas por esta variável (fitofisionomia). Além disso observamos que as asas membranosas das espécies que ocorrem em cerrado *sensu stricto* são mais afiladas e maiores, na mata de galeria são mais curtas e no campo sujo são parecidas com as do cerrado *sensu stricto* sem a presença da espécie *I. bonplandi*, longas e amplas.

A família Cetoniidae é dividida em quatro subfamílias: Cetoniinae, Trichiinae, Valginae e Osmodermatinae (Cherman & Morón, 2014). O gênero *Inca* encontra-se na subfamília Trichiinae (Morón & Vaz-de-Mello, 2007) que por sua vez é uma subfamília conhecida por não voar com o élitro fechado (Šípek et al., 2016). É uma espécie de porte grande que se encontra associada a biomas mais úmidos, como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, onde são vistos alimentando-se de seiva das árvores (Sousa & Seidel, 2021). No Cerrado, a espécie é normalmente coletada nas fitofisionomias de mata de galeria e cerrado *sensu stricto* (Evangelista Neto et al., 2017). Acredita-se que por não voarem com o élitro fechado, diferentemente das demais espécies de Cetoniidae, e por possuírem um porte grande, cerca 3-5 cm de comprimento (o que dificultaria a movimentação em áreas fechadas, além da perda de umidade) existe a

possibilidade de ser uma espécie que fique mais tempo parada no substrato ao invés de desempenhar grandes deslocamentos, sendo estas, também, as prováveis razões para a espécie ter formado um grupo muito isolado quando comparado as outras espécies (Fig. 3A).

A análise de regressão (Fig. 5) mostrou que as asas membranosas das espécies da fitofisionomia campo sujo apresentaram ampla variação no tamanho da asa e as espécies de cerrado *sensu stricto* revelaram uma tendência das asas membranosas serem maiores, sugerindo que em áreas mais abertas existe uma variação fenotípica em relação ao tamanho da asa membranosa e conseqüentemente no tamanho do indivíduo. Já as asas membranosas da mata de galeria e das espécies generalistas é uma asa de tamanho médio para pequeno, indicando que para melhor deslocamento em áreas florestais e, portanto, áreas mais fechadas o tamanho reduzido pode auxiliar no deslocamento. Este fato pode estar relacionado as características das formações florestais que apresentam árvores altas (20 a 30 m de altura) gerando uma cobertura densa (podendo chegar a 95% de cobertura) (Ribeiro & Walter, 2008) que pode dificultar o deslocamento das espécies comparado as áreas abertas, principalmente considerando que os Cetoniidae possuem um voo rápido e sonoro com os élitros fechados (Le Gall, 2010; Cherman & Morón, 2014), o que possibilita voarem por longas distâncias.

O sucesso de evolução da ordem Coleoptera está parcialmente associado a queratinização das asas anteriores, os élitros, que não são utilizados para o voo mas para proteção das asas membranosas e do abdome (Frantsevich, 2011). A asa membranosa é composta por um sistema de veias relativamente rígidas cobertas por uma membrana fina e frágil, a asa é mais longa que o élitro, e em repouso se mantém dobrada longitudinalmente e transversalmente sob o élitro no abdome (Haas et al., 2000; Frantsevich, 2011). O sistema de dobra da asa depende das venações e da distribuição da proteína resilina nas articulações, permitindo assim a ação repetida do sistema de dobra da asa (Wootton, 1992; Haas et al., 2000). Cada família de Coleoptera apresenta uma conformação do sistema de veias (Browne & Scholtz, 1998; Kukulová-Peck & Lawrence, 2004) que facilita e potencializa a dobra da asa.

Uma das características da família Cetoniidae é a acentuada emarginação pós-umeral que possibilita um voo rápido e longo com os élitros fechados, e em

áreas abertas como o campo sujo, podem tirar vantagens por localizar os recursos alimentares de maneira rápida e com o menor gasto de energia, reduzindo o tempo de forrageamento e possíveis predações (Goodell, 2003; Le Gall, 2010; Cherman & Morón, 2014; Šípek et al., 2016).

Estudos que verificaram os efeitos de fatores abióticos em relação a forma e tamanho da asa foram realizados principalmente com a ordem Diptera. Machida et al. (2021) avaliaram a plasticidade na forma da asa de *Drosophila mercatorum* Patterson & Wheeler e *Drosophila willistoni* Sturtevant em relação temperatura que são expostas, verificando sua adaptação para cada estação climática do Cerrado, seca e chuva. As asas apresentaram modificações, sendo que em temperaturas mais elevadas *D. mercatorum* apresentou asas ligeiramente delgadas e *D. willistoni* asas curtas e amplas e, em temperaturas mais baixas, asas compridas e finas.

As temperaturas na fitofisionomia campo sujo e cerrado *sensu stricto* costumam ser mais elevadas, já que a cobertura vegetal é menor e a exposição ao sol é intensa. Os Cetoniidae presentes nessas fitofisionomias apresentaram asas parecidas, ou seja, compridas e amplas. A temperatura na mata de galeria é mais amena por apresentar uma cobertura vegetal densa, retendo a umidade mesmo na estação seca, e os Cetoniidae presentes nessa fitofisionomia apresentaram asas mais curtas e abauladas (Fig. 4B).

A diversidade na forma e tamanho da asa de insetos pode estar associada a microclimas, temperatura e vegetação. O Cerrado apresenta uma alta heterogeneidade vegetal com forte variação sazonal, duas estações climáticas bem definidas: seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março), e grandes variações intra-regionais (Silva et al., 2008). Dados morfológicos que possam elucidar um potencial adaptativo são importantes para a preservação do bioma e da fauna regional.

## Referências bibliográficas

BAI, M.; MCCULLOUGH, E.; SONG, K-Q.; LIU, W-G.; YANG, X-K. 2011. Evolutionary constraints in hind wing shape in chinese dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). PLoS ONE 6(6): e21600.

BAI, M.; AHRENS, D.; YANG, X.K.; DONG R. 2012. New fossil evidence of the early diversification of scarabs: *Alloioscarabaeus cheni* (Coleoptera:

Scarabaeoidea) from the Middle Jurassic of Inner Mongolia, China. *Insect Science*. 19: 159-171.

BAI, M.; LI, S.; LU, Y.; YANG, H.; TONG, Y.; YANG, X. 2015. Mandible evolution in the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) and adaptations to coprophagous habits. *Frontiers in Zoology*. 12:30.

BENÍTEZ, H.A.; PÜSCHEL, T.; LEMIC, D.; CACIJA, M.; KOZINA, A.; BAZOK, R. 2014. Ecomorphological variation of the wireworm cephalic capsule: Studying the interaction of environment and geometric shape. *PLoS ONE* 9(7): e102059.

BOOKSTEIN, L.F. 1990. Introduction to methods for landmark data. In: Rohlf, F.J.; Bookstein, F.L. (eds) *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*, pp 69–88. Special Publication No. 2. Ann Arbor: University of Michigan Museum of Zoology.

BROWNE, J.; SCHOLTZ, C.H. 1998. Evolution of the scarab hindwing articulation and wing base: a contribution toward the phylogeny of the Scarabaeidae (Scarabaeoidea: Coleoptera). *Systematic Entomology*. 23: 307–326.

CHERMAN, M.A.; MORÓN, M.A. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana*. 30(1): 201-220.

EVANGELISTA NETO, J.; OLIVEIRA, C.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z., FRIZZAS, M.R. 2017. Diversity of Cetoniidae (Insecta: Coleoptera) in the Cerrado of Central Brazil. *Entomological Science* 20: 1-9.

FARTYAL, R.S.; SARSWAT, M.; DEWAN, S.; FARTYAL, P. 2017. Morphometric analysis of wild-caught flies of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) species: Altitudinal pattern of body size traits, wing morphology and sexual dimorphism. *Türk. Entomol. Derg.* 41 (4): 367-382.

FERREIRA, A.V.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; SANTOS, F.A.B.; VEIGA, A.F.S.L.; TEIXEIRA, A.A. C.2006. Histologia do aparelho reprodutor masculino e morfometria da população celular dos folículos testiculares de *Chromacris speciosa* (Thunberg, 1824) (Orthoptera: Romaleidae) submetido a três fotoperíodos. *Arquivos do Instituto de Biologia*. 73(3): 349-355.

FRANTSEVICH, L. 2011. Mechanisms modeling the double rotation of the elytra in beetles (Coleoptera), *Journal of Bionic Engineering*. 8: 395–405.

GARCIA, F.P.; RODRIGUES, S.R.; BAGNARA, C.A.C.; OLIVEIRA, D.S. 2013. Survey of saproxylophagous Melolonthidae (Coleoptera) and some biological aspects in Aquidauana, MS. *Biota Neotropica*. 13(3).

GOODELL, K. 2003. Food availability a *Ectosmia pumila* (Hymenoptera: Megachilidae) foraging, reproduction, and brood parasitism. *Oecologia*. 134(4): 518-527.

- HAAS, F.; GORB, S.; BLICKHAN, R. 2000. The function of resilin in beetle wings. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B.* 267: 1375–1381.
- HERNÁNDEZ, M.I.M.; MONTEIRO, L.R.; FAVILA, M.E. 2011. The role of body size and shape in understanding competitive interactions within a community of Neotropical dung beetles. *Journal of Insect Science.* 11: 13.
- HERNÁNDEZ, M.L.; AMELOTTI, I.; CATALÁ, S.; GORLA, D.E. 2018. Does nutrition influence sexual dimorphism in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) of natural habitats? *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina.* 77(1): 1-8.
- JIMENEZ, L.H.; RANZ, R.R.; LÓPEZ, R.C.; ELGUETA, M.; HONORATO, M.P. 2018. Morphometric and molecular differences among *Calvertius tuberosus* (Coleoptera: Curculionidae) populations associated with Andean and coastal populations of *Araucaria araucana* in the La Araucanía Region, Chile. *Revista Brasileira de Entomologia.* 62: 119–124.
- KUKALOVÁ-PECK, J.; LAWRENCE, J.F. 2004. Relationships among coleopteran suborders and major endoneopteran lineages: Evidence from hind wing characters. *Eur. J. Entomol.* 101: 95-144.
- LE GALL, P. 2010. Affinités biogéographiques des Insectes du "Dahomey gap" présence d'une population de *Goliathus goliatus* Linné, 1771, au Bénin (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae). *Bulletin de la Société entomologique de France.* 115(1): 17-21.
- MACHIDA, W. S.; TIDON, R.; KLACZKO, J. 2021. Wing plastic response to temperature variation in two distantly related Neotropical *Drosophila* species (Diptera, Drosophilidae). *Canadian Journal Zoology.* 100:82-89.
- MORÓN M.A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2007. A new species of *Archedinus* (Coleoptera: Scarabaeoidea: Trichiinae) from Oaxaca, Mexico. *Pan-Pacific Entomologist.* 83: 110–119.
- MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. 1999. *Princípios de morfometria geométrica.* Holos Editora, Ribeirão Preto. 189 p.
- MORAES, D.A. A Morfometria Geométrica e a “Revolução na Morfometria”: localizando mudanças na forma dos organismos. *Bioletim - Ano III, Nº 3.* 2003.
- MYERS, S.S.; HOLWELL, G.I.; BUCKLEY, T.R. 2017. Genetic and morphometric data demonstrate alternative consequences of secondary contact in *Clitarchus* stick insects. *Journal of Biogeography.*
- PARIS, T.M.; ALLAN, S.A.; HALL, D.G.; HENTZ, M.G.; STANSLY, P.A. 2016. Host plant affects morphometric variation of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) *PeerJ* 4: e2663.

PIZZO, A.; ROGGERO, A.; PALESTRINI, C.; CERVELLA, P.; DEL PERO, M.; ROLANDO, A. 2006. Genetic and morphological differentiation patterns between sister species: the case of *Onthophagus taurus* and *Onthophagus illyricus* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. 89: 197–211.

QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; SHEETS, H.D.; DE LUNA, E.; ELTZ, T. 2015. Identification of cryptic species and morphotypes in male *Euglossa*: morphometric analysis of forewings (Hymenoptera: Euglossini). *Apidologie*. 46: 787–795.

REN, J.; BAI, M.; YANG, X-K.; ZHANG, R-Z.; GE, S-Q. 2017. Geometric morphometrics analysis of the hind wing of leaf beetles: proximal and distal parts are separate modules. *ZooKeys* 685: 131–149.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (ed.). *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados. Planaltina –DF. p 89-166.

RODRIGUES, S.R.; OLIVEIRA, J.L.N.; BAGNARA, C.A.C.; PUKER, A. 2013. Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to fruit-baited traps near Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. *The Coleopterists Bulletin*. 67(2): 119-122.

RODRIGUES, D.F.; PUKER, A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2022. Cetoniidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/115404>>. Acesso em: 01 Fev. 2022

SASAKAWA, K. 2016. Utility of geometric morphometrics for inferring feeding habit from mouthpart morphology in insects: tests with larval Carabidae (Insecta: Coleoptera). *Biological Journal of the Linnean Society*, 118: 394–409.

SHAH HUSSAIN, A.M.; MURSALIN, A.; KAMRUL, A. 2018. Species diversity, seasonal abundance and morphometric analysis of grasshopper (Orthoptera: Caelifera) in Rajshahi city, Bangladesh. *Serangga*. 23(1): 24-34.

SILVA, F.A.M.; ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. In *Cerrado: Ecologia e Flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds). Embrapa Cerrados e Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. p. 69-88.

ŠÍPEK, P.; FABRIZI, S.; EBERLE, J.; AHRENS, D. 2016. A molecular phylogeny of rose chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) reveals a complex and concerted morphological evolution related to their flight mode. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 101: 163–175.

SOUSA, R.; SEIDEL, M. 2021. Review of the *Inca irroratus* species group with description of two new species of *Inca* LePeletier & Serville, 1828 (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae). *European Journal of Taxonomy* 748: 15-35.

TATSUTA, H.; TAKAHASHI, K.H.; SAKAMAKI, Y. 2018. Geometric morphometrics in entomology: Basics and applications. *Entomological Science*. 21(2): 164-184. <https://doi.org/10.1111/ens.12293>

VILASECA, C.; MÉNDEZ, M.A.; PINTO, C.F.; LEMIC, D.; BENÍTEZ, H.A. 2021. Unraveling the morphological variation of *Triatoma infestans* in the peridomestic habitats of Chuquisaca Bolivia: A geometric morphometric approach. *Insects*. 12: 185. <https://doi.org/10.3390/insects12020185>

WOOTTON, R.J. 1992. Functional morphology of insect wings, *Annual Review of Entomology*. 37: 113–140.