



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

EVERTON SOUZA JUVINO DA SILVA

**ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE BESOUROS ESCARABEÍDEOS FITÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM DIFERENTES AMBIENTES**

Recife
2025

EVERTON SOUZA JUVINO DA SILVA

**ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE BESOUROS ESCARABEÍDEOS FITÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM DIFERENTES AMBIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador (a): Prof. Dra. Luciana Iannuzzi

Coorientador (a): Prof. Dr. Fábio Correia Costa

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Everton Souza Juvino da.

Atributos morfológicos de besouros escarabeídeos fitófagos (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) em diferentes ambientes / Everton Souza Juvino da Silva. - Recife, 2025.

63 p. : il., tab.

Orientador(a): Luciana Iannuzzi

Coorientador(a): Fábio Correia Costa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências Ambientais - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. Entomologia. 2. Ecologia. 3. Conservação da Biodiversidade. I. Iannuzzi, Luciana. (Orientação). II. Costa, Fábio Correia. (Coorientação). IV. Título.

590 CDD (22.ed.)

EVERTON SOUZA JUVINO DA SILVA

**ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE BESOUROS ESCARABÉIDEOS FITÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM DIFERENTES AMBIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: 21 / 03 / 25

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dra. Luciana Iannuzzi/ UFPE

Dr. João Carlos da Silveira Regueira / UFPE

Ma. Mirella Lima Costa / UFPE

Recife

2025

Dedico esse trabalho à minha mãe, Aldenice Maria de Souza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a mim mesmo, que mesmo sendo meu principal inimigo, não desisti dessa luta. Tudo isso aqui tem um propósito final e é por todos os que são por mim, eu quero e vou mudar nossa realidade através do conhecimento. Então, quero agradecer a todo meu núcleo familiar: Thaynã, Eduarda, Carmen, Luciano, Apollo, Edvaldo, Eduardo, Leila, e principalmente Aldenice, que é meu maior exemplo de força para continuar.

Não posso deixar de agradecer ao Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Insetos que foi um Norte para mim do meio pro final da graduação. Os dias no laboratório foram um alívio cômico em meio aos percalços que me ocorreram ao longo dessa jornada. Mas a entidade Laboratório não seria capaz de fazer isso sozinha né, as pessoas sim. Então obrigado a todos vocês: Antônio, Fábio, Lucas, Luciana, Jamille, João, Mirella e todos demais que me arrancaram risadas, vocês são incríveis. Além disso, agradeço ao mateiro (seu Biu) pelo auxílio em campo e histórias. Agradeço aos meus colegas de turma mais próximos pelos momentos vividos juntos: Caio, Cláudia, Júlia, Euzébio e Nathália (que nem devia estar na lista).

Meus agradecimentos especiais vão para os meus orientadores Fábio Correia Costa e Luciana Iannuzzi, que tive a sorte de tê-los comigo em todo o processo, aprendi muito com vocês. E ao meu amor, Carmen, que nunca soltou minha mão em tudo isso, amo dividir a vida com você. Por fim, agradeço à Universidade Federal de Pernambuco por ter sido abrigo de tantas vivências e aprendizados.

RESUMO

O domínio fitogeográfico da Floresta Atlântica é berço de grande parte da biodiversidade do Brasil, no entanto, é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. Um dos principais *drivers* do desmatamento é o aumento da fronteira agrícola, que teve início no domínio desde o período colonial no país. A alteração dos habitats, a partir da conversão do uso do solo, influencia a biodiversidade, gerando perturbações crônicas e alterações, tanto na funcionalidade da paisagem, quanto nas características funcionais dos organismos que ali vivem. Dessa forma, o objetivo do estudo foi verificar se o tipo de ambiente influencia a composição e atributos morfológicos funcionais de besouros escarabeídeos fitófagos (Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae), bem como verificar a razão sexual e padrão corporal desses besouros entre os ambientes. Para isso, foi realizado um evento amostral em um remanescente de Floresta Atlântica e em uma área de cultivo de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. Os besouros foram capturados por meio de armadilhas *Pennsylvania*, em duas áreas de floresta atlântica e duas de cana-de-açúcar, sexados e classificados por tamanho (Pequenos, Médios ou Grandes). Então, foram mensuradas 16 características morfológicas dos besouros e realizada uma análise de variância entre os ambientes com o *score* do componente principal que mais representou a variação dos atributos. Coletou-se 251 besouros, e a subfamília com maior riqueza observada foi Rutelinae, além de ter sido a única com diferença significativa dos atributos entre os ambientes – o que indica plasticidade fenotípica. No entanto, Dynastinae e Melolonthinae foram mais abundantes. O padrão de tamanho corporal predominante foi o médio nas três subfamílias. Além disso, as fêmeas foram mais representadas em Dynastinae, enquanto os machos em Melolonthinae e Rutelinae. Assim, foi possível verificar que a mudança no tipo vegetação pode ocasionar alteração nas características morfológicas funcionais nos besouros, bem como a composição das comunidades, porém devem ser consideradas outras variáveis que podem influenciar os resultados.

Palavras-chave: Dynastinae, Melolonthinae, Pleurosticti, Rutelinae, Scarabaeoidea.

ABSTRACT

The phytogeographic domain of the Atlantic Forest is home to a large portion of Brazil's biodiversity; however, it is one of the most threatened environments in the world. One of the main drivers of deforestation is the expansion of the agricultural frontier, which began in this domain during the colonial period in the country. Habitat alteration through land-use conversion affects biodiversity, causing chronic disturbances and changes in both the landscape's functionality and the functional traits of the organisms living there. Therefore, the aim of this study was to investigate whether the type of environment influences the composition and functional morphological traits of phytophagous scarab beetles (Dynastinae, Melolonthinae, and Rutelinae), as well as to examine the sex ratio and body size pattern of these beetles across environments. To this end, a sampling event was conducted in a remnant of the Atlantic Forest and in a sugarcane cultivation area in northeastern Brazil. Beetles were collected using Pennsylvania traps in two Atlantic Forest areas and two sugarcane areas, sexed, and classified by size (Small, Medium, or Large). Sixteen morphological traits were measured, and an analysis of variance between environments was performed using the score of the principal component that best represented trait variation. A total of 251 beetles were collected, and the subfamily with the highest observed richness was Rutelinae, which was also the only one to show significant differences in traits between environments—indicating phenotypic plasticity. However, Dynastinae and Melolonthinae were more abundant. The predominant body size pattern was medium across all three subfamilies. Additionally, females were more represented in Dynastinae, while males predominated in Melolonthinae and Rutelinae. Thus, it was possible to observe that vegetation type changes can lead to alterations in the functional morphological traits of beetles as well as in community composition, although other variables that may influence the results should also be considered.

Keywords: Dynastinae, Melolonthinae, Pleurosticti, Rutelinae, Scarabaeoidea.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	FLORESTA ATLÂNTICA	9
2.1.1	Perturbações e efeitos na Floresta Atlântica	11
2.2	COLEOPTERA	13
2.2.1	Scarabaeoidea	14
2.2.2	Scarabaeidae	15
2.2.3	Besouros escarabeídeos fitófagos	15
2.2.3.1	Melolonthinae	15
2.2.3.2	Rutelinae	16
2.2.3.3	Dynastinae	16
2.3	ATRIBUTOS FUNCIONAIS	17
3	OBJETIVOS	19
4	HIPÓTESE	19
	REFERÊNCIAS	20
5	RESULTADOS	32
	ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE BESOUROS ESCARABEÍDEOS FITÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM DIFERENTES AMBIENTES	
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

1 - INTRODUÇÃO

O presente estudo versa sobre como alterações no ambiente podem interferir nos atributos morfológicos de besouros escarabeídeos fitófagos. Esses besouros possuem importância econômica e ecológica, uma vez que podem atuar como pragas agrícolas e participam de processos fundamentais para o funcionamento do ecossistema, como ciclos biogeoquímicos e bioturbação. Assim, o objetivo principal do trabalho foi comparar os atributos morfológicos funcionais desses besouros entre o ambiente de Floresta Atlântica e monocultivo de cana-de-açúcar. A coleta do material foi feita por meio de uma expedição em duas áreas de floresta e duas de monocultivo de cana. Estudos que associam alterações nos atributos morfológicos funcionais à mudanças antrópicas utilizando besouros escarabeídeos fitófagos como objeto são escassos. Todavia, o grupo também tem potencial para esse tipo de investigação, uma vez que reúne aspectos que facilitam o processo. Os resultados do presente trabalho serão apresentados e discutidos no formato de manuscrito formatado para a submissão no periódico científico *Ecology and Evolution* <<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/20457758>>.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - FLORESTA ATLÂNTICA

O domínio fitogeográfico de Floresta Atlântica é um dos principais contribuintes para a biodiversidade do planeta. No Brasil, se estende do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, ultrapassando 1 milhão de km² (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2021). Seus limites abrigam mais da metade da população brasileira, isso se dá, principalmente, pelo fato da irradiação populacional no país ter ocorrido na costa no período colonial (Pereira, 2009). Devido a sua variação latitudinal, a Floresta Atlântica apresenta diferentes combinações de solo, clima e tipos florestais, favorecendo o elevado número de espécies endêmicas (Guedes *et al.*, 2005). No entanto, mais de 80% de sua cobertura original foi perdida, devido a diferentes perturbações antrópicas. Restando cerca de 12% de remanescentes contendo mais de três hectares, com a maior parte composta por mata secundária (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2021). Silva *et al.* (2007), sugerem que parte

dos remanescentes de floresta nativa se encontram em áreas de difícil acesso para os humanos. Nesse sentido, o domínio é considerado um dos *hotspots* mundiais para conservação, por possuir elevada biodiversidade associada a endemismos e estar sucumbindo à degradação (Tabarelli *et al.*, 2005).

A formação geográfica da Floresta Atlântica é a mais antiga do Brasil com relação a outros biomas (Dean, 1996). Todo esse longo processo de desenvolvimento se fez fundamental para formação do solo, que por sua vez contribuiu para a vegetação singular da área. Seus solos variam entre latossolos amarelos e podzólicos vermelho-amarelados (Pereira, 2009). Apesar da baixa fertilidade relativa em termos edáficos, a serrapilheira funciona como fator chave para a interação da matéria orgânica e consequente biodiversidade existente na Floresta Atlântica (Poggiani, 2012). De acordo com Brasil (2006), o domínio é formado pelos seguintes tipos de vegetação:

Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste.

O clima ao longo do domínio, de acordo com a classificação de Köppen, pode ser *Aw* (tropical), *Cwa* (tropical de altitude) ou *Cf* (subtropical). Ainda, AB'Saber (2003) considera que a Floresta Atlântica está inserida no domínio morfoclimático dos Mares de Morros, que é caracterizado por possuir relevos planálticos e morros arredondados sob influência do clima tropical quente e úmido. Seus índices pluviométricos variam de acordo com fatores como altitude, proximidade com o oceano e distância da costa, tendo de modo geral 1000 mm³ de pluviosidade por ano (Pereira, 2009).

A biodiversidade presente na Floresta Atlântica é reflexo da complexidade de variáveis ambientais existentes ao longo de todo o domínio – que permitem a riqueza elevada mesmo considerando uma pequena área (Guedes *et al.*, 2005). Com relação à flora do bioma, há aproximadamente mais de 20 mil espécies, e as principais famílias encontradas são: Bignoniaceae, Bromeliaceae, Asteraceae,

Lauraceae, Leguminosae, Melastomataceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Rubiaceae, Sapotaceae e Solanaceae (Brasil, 1991). Sobre a fauna, ao menos na região da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco, foram documentadas espécies de anfíbios (Vieira *et al.*, 2023), aracnídeos (Carvalho *et al.*, 2023; De Souza; Da Silva, 2023), aves (Araujo *et al.*, 2023), insetos (Freitas *et al.*, 2023; Iannuzzi *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023; Vasconcellos *et al.*, 2023), mamíferos (Feijó *et al.*, 2023), répteis (Filho *et al.*, 2023) e peixes (Marinho *et al.*, 2023).

As espécies endêmicas, ou seja, que ocorrem em regiões com características específicas, não são distribuídas uniformemente pela Floresta Atlântica (Tabarelli *et al.*, 2010). Silva e Casteleti (2003) reconhecem cinco centros de endemismo – Brejos Nordestinos, Pernambuco, Bahia, Diamantina e Serra do Mar – que depositam sua importância em menos de 30% de cobertura do bioma. Um centro de endemismo é definido a partir da área onde, ao longo da história, ocorreu restrição espacial de parte de uma biota por eventos como mudanças climáticas, barreiras geográficas ou alteração na fitofisionomia (Da Silva; Pinto-da-Rocha; De Souza, 2011). O declínio de espécies endêmicas significa a exclusão de todas as relações ecológicas por elas exercidas, que foram estabelecidas após tantos anos de evolução nessas regiões. Além disso, a Floresta Atlântica abriga importantes bacias hidrográficas (Marinho *et al.*, 2023), atua na regulação térmica (Lawrence; Vandekar, 2015) e funciona como sumidouro de carbono, assim como outros ecossistemas (Macedo *et al.*, 2021). Ainda, por ser morada da maior parte da população do Brasil, também é responsável por cerca de 70% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (Silva, 2017).

2.1.1 - Perturbações e efeitos

Através da história do Brasil, é possível compreender como se deu o processo de degradação da Floresta Atlântica até os dias atuais. Tudo começou há cinco séculos, quando os portugueses chegaram e estabeleceram-se pela costa. Nesse momento, os esforços dos portugueses eram voltados à exploração agrícola, em que destacavam-se os ciclos econômicos atrelados aos monocultivos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* Linnaeus, 1753) e café – meados do século XVI e XIX (Furtado, 1967). A implementação desses monocultivos foi realizada às custas da supressão de grandes áreas de Floresta Atlântica nativa (Pereira, 2009).

Junto a isso, havia interesse na extração de madeiras “de lei”, que eram exportadas e utilizadas como insumo para o desenvolvimento da coroa portuguesa, a exemplo do pau-brasil (Tabarelli; Melo; Lira, 2006a), que iniciou um extenso e contínuo processo de fragmentação das áreas.

A descontinuidade da Floresta Atlântica é uma das principais ameaças para sua biodiversidade (Tabarelli *et al.*, 2006b). Ao processo de isolamento de remanescentes florestais – que passam a ser circundados por matrizes antrópicas – dá-se o nome de fragmentação (Cerqueira *et al.*, 2003). Laurance e Vasconcelos (2009), definiram matriz antrópica como toda mudança no uso do solo pelo homem na área que isola o fragmento florestal (monocultivos, florestas em regeneração, pastagens, áreas urbanas). A intensidade do impacto sobre a integridade do remanescente florestal, irá depender do tipo de matriz adjacente (Gascon *et al.*, 1999). Na porção da Floresta Atlântica presente no estado de Pernambuco, por exemplo, o monocultivo de cana-de-açúcar está entre os principais tipos de matriz que a circunda (Tabarelli *et al.*, 2006b). As plantas do gênero *Saccharum* Linnaeus, 1753 que são popularmente conhecidas como cana-de-açúcar, são cultivadas em diversas regiões do mundo, principalmente pela importância na produção de açúcar, biocombustível e energia elétrica (Souza *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2015). Os canaviais têm melhor desenvolvimento na zona tropical do globo, sendo cultivados entre as latitudes 35°N e 35°S (Rodrigues; Ross, 2020). O Brasil lidera o cenário mundial em produção, com estimativa de 45.678 toneladas na safra de 2023/2024, seguido pela Índia (Vidal, 2022; Companhia Nacional de Abastecimento, 2024).

Paisagens constituídas por monocultivos não possuem as mesmas relações complexas e funcionais que uma área com vegetação nativa (Fiszon *et al.*, 2003; Duflot *et al.*, 2014). A homogeneidade de uma área de plantação é refletida na biodiversidade do ambiente, em que passam a ocorrer poucas espécies (Semie; Silalertruska; Gheewala, 2019), geralmente as conhecidas como “estrategistas R”, ou seja, que possuem foco na reprodução e são generalistas (Duflot *et al.*, 2014). Além disso, as comunidades nos fragmentos irão sofrer: efeitos de área, onde áreas menores tendem a ter menor riqueza; efeitos da distância entre os fragmentos, que irão afetar negativamente a distribuição de algumas espécies; e efeitos de borda, em que o trecho mais adjacente à matriz antrópica apresenta condições diferentes com relação ao núcleo do fragmento (Laurance; Vasconcelos, 2009). Desse modo, as

mudanças na disponibilidade de recursos, que podem ser geradas pela expansão de monocultivos, têm potencial de alterar a funcionalidade do ecossistema (Vandewalle *et al.*, 2010; Griffiths *et al.*, 2016).

2.2 - COLEOPTERA

Embora as estimativas excedam de 1 milhão de táxons, a ordem Coleoptera é representada por mais de 370.000 espécies e aproximadamente 185 famílias descritas, com distribuição cosmopolita, porém predominante nos trópicos (Stork, 2018; Casari; Biffi; Ide, 2024). O grupo é dividido em duas principais subordens: Adephaga, com aproximadamente 35.000 espécies, e Polyphaga, com cerca de 315.000 espécies que estão dentro das famílias mais diversas do grupo – Chrysomelidae, Curculionidae, Scarabaeidae e Coccinellidae (McKenna; Farrel, 2009). Uma das principais características responsáveis pelo sucesso dos besouros é a modificação da asa anterior em élitro – estrutura esclerotizada – que possui várias funções, entre elas a proteção das asas posteriores (membranosas) e região abdominal (Goczał; Beutel, 2023). Além disso, existem outros aspectos que contribuíram para seu sucesso como, manutenção de água dentro do corpo e proteção contra danos mecânicos (pela elevada esclerotização da superfície corporal); variedade de aparelhos bucais e adaptações morfológicas relacionadas à locomoção (que permitem a exploração de nichos variados); e metamorfose completa (holometábolos) (Crowson, 1981).

Em sua maioria, os besouros têm hábito alimentar fitófago, mas podem ser coprófagos, fungívoros, necrófagos, saprófagos, predadores ou xilófagos (Aidar *et al.*, 2000; McKenna; Farrel, 2009; Nisha; Subash; Bose, 2021). McKenna *et al.* (2019) sugerem que existiu uma coevolução entre angiospermas e besouros, o que também foi fundamental para a radiação evolutiva em Coleoptera. Como consequência da elevada diversidade, os coleópteros desempenham várias funções ecológicas, muitas relacionadas aos hábitos alimentares. Alguns grupos participam do processo de polinização e podem dispersar sementes de forma secundária, sendo essenciais para a reprodução de determinados grupos de plantas (Sayers; Steinbauer; Miller, 2019; Nichols *et al.*, 2008). Em contrapartida, outros se beneficiam de monocultivos e podem gerar danos significativos às plantações agrícolas (Cividanes, 1988; Groth; Bellé, 2018). Além disso, os besouros coprófagos podem ser considerados importantes ferramentas no combate às mudanças

climáticas, uma vez que utilizam fezes de gado como recurso, as quais emitiriam metano para a atmosfera (Wang *et al.*, 2021). Também atuam nos ciclos biogeoquímicos no ambiente de ocorrência, assim como os besouros coprófagos (Garcia *et al.*, 2023). Ainda, os besouros participam de processos como bioturbação e controle biológico (Nichols *et al.*, 2008).

2.2.1 - Scarabaeoidea

Scarabaeoidea – ou Lamellicornia – está entre as superfamílias mais diversas em Coleoptera, contendo cerca de 40.000 espécies (Scholtz; Grebennikov, 2005). Quando em estágio larval são curvados, semelhantes ao “C”, enquanto os adultos possuem como principais características: clava da antena em forma de lamela, protórax modificado, coxas desenvolvidas, tíbias anteriores geralmente denticuladas, venação das asas posteriores reduzidas para auxiliar na dobragem e quatro túbulos de Malpighi (Jameson; Ratcliffe, 2001). De acordo com Lawrence (2016), a superfamília contém 13 famílias: Belohinidae, Ceratocanthidae, Dyphyllostomatidae, Geotrupidae, Glaphyridae, Glaresidae, Hybosoridae, Lucanidae, Ochodaeidae, Passalidae, Pleocomidae, Scarabaeidae e Trogidae, sendo Scarabaeidae a mais diversa.

2.2.2 - Scarabaeidae

Scarabaeidae é um grupo monofilético que reúne besouros como rola-bosta, besouro-rinoceronte e coró (Dietz *et al.*, 2023). É a maior família dentro de Scarabaeoidea e são caracterizados principalmente por terem variação do comprimento corporal entre 1,4 mm e 180 mm; diferentes padrões de coloração que podem ter caráter metálico; presença de cerdas ou não no tegumento; antena em geral com 10 antenômeros (ocasionalmente nove) e clava desenvolvida; possibilidade da existência de chifres no clípeo e pronoto (Casari; Biffi; Ide, 2024); associação com formiga (mirmecófilos) (Puker *et al.*, 2015) ou cupins (termitófilos) (Kakizoe *et al.*, 2020); podem ser diurnos, mas a maioria são noturnos com fototaxia positiva (Smolka, *et al.*, 2016); alguns grupos têm interações espécie-específicas com vertebrados (Teixeira, 2016). Os escarabeídeos podem ser subdivididos em dois grupos de acordo com a guilda alimentar: (1) coprófagos (Aphodiinae e Scarabaeinae) e (2) fitófagos (Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae).

2.2.3 - Besouros escarabeídeos fitófagos

Os escarabeídeos fitófagos, também conhecidos como Pleurosticti, são cosmopolitas e representados por aproximadamente 17.000 espécies, sendo Melolonthinae a subfamília mais diversa, seguida por Rutelinae e Dynastinae respectivamente (Endrödi 1966; Ratcliffe; Jameson; Smith, 2002; Cherman; Morón, 2014). Além disso, o grupo tem importância econômica e ecológica. Seus representantes participam de funções ecossistêmicas importantes, como bioturbação (Romero-López *et al.*, 2010), decomposição da matéria orgânica (Morón *et al.*, 1997), polinização (Maia; Schlindwein, 2006; Moore; Jameson, 2013) e aumento da produtividade primária (García-Atencia, Bonilla-Gómez; Moreno, 2024). A maior parte das espécies nas três subfamílias possuem hábito crepuscular/noturno e são atraídas por fontes luminosas (Ratcliffe; Jameson; Smith, 2002; Riehs, 2006). Podem apresentar variação sazonal no ciclo de vida, a depender das condições ambientais (Rodrigues; Falco, 2011; Gomes; Ávila; Cherman, 2021). As larvas dos escarabeídeos têm hábito alimentar diretamente relacionado à ciclagem de nutrientes e decomposição de matéria orgânica, podendo ser saprófagas, rizófagas ou xilófagas (Amat-Garcia; Gasca, 2005). Quando adultos, podem consumir frutos, madeira apodrecida, húmus, serapilheira, pólen ou seiva de vegetais (Endrödi, 1966; Morón, 1997). Portanto, besouros fitófagos são ótimos bioindicadores, pois podem refletir a integridade do habitat, uma vez que seus hábitos têm relação direta com o ambiente (García-López *et al.*, 2010).

2.2.3.1 - Melolonthinae

Melolonthinae Leach, 1819 representa o grupo mais diverso dentre os escarabeídeos fitófagos, com cerca de 11.000 espécies, sendo 621 espécies e 32 gêneros ocorrentes no Brasil (Evans, 2002; Cherman; Vaz-de-Melo, 2025). De acordo com Evans (2003), algumas características encontradas no grupo são: cores variando entre marrom-avermelhada e negra, ocasionalmente azul ou verde; inserções antenais ocultas, quando vistas de cima; garras dos tarsos comumente simples, podendo ser bífidas ou denteadas, serradas ou pectinadas; pigídio exposto e margens elitrais retas. Alguns gêneros de Melolonthinae não se alimentam na fase adulta – sobrevivendo dos recursos que foram acumulados na fase larval (Weir *et al.*, 2019). Os adultos que se alimentam, estão associados a recursos florais,

secreções ou tecido vegetal (Ratcliffe; Jameson; Smith, 2002; Morón, 2004; Holguin, 2021). As larvas usam principalmente raízes em sua alimentação, tendo importância na aeração do solo (Casari; Biffi; Ide, 2024), mas também podem ser saprófagas ou xilófagas (Morón, 2004). Ainda, gêneros como *Liogenys* Guérin-Méneville, *Phyllophaga* Harris e *Plectris* Lepeletier & Serville são considerados danosos para plantações de milho, cana-de-açúcar, soja e abacate em qualquer estágio do ciclo de vida (Ritcher, 1966; Gomes; Ávila; Cherman, 2021).

2.2.3.2 - Rutelinae

Rutelinae MacLeay, 1819 é o segundo maior grupo de escarabeídeos fitófagos com mais de 4.200 espécies descritas no mundo (Jameson, 2002; Krajčák, 2007). No Brasil, o gênero conta com 478 espécies válidas distribuídas em 59 gêneros (Ferreira; Grossi, 2025). Apresentam corpo oval alongado; cores geralmente marrom ou amarela opaca, ocasionalmente com padrões metálicos; procoxa transversa; mesotíbia com 2 esporões na região do ápice; e par de garras tarsais com tamanhos distintos (com redução de uma delas), geralmente com divisão sutil no ápice (Jameson, 2005). Alimentam-se de raízes ou matéria orgânica em decomposição quando em estágio larval (Jameson, 2005). Quando adultos, podem se alimentar de recursos florais, mas geralmente utilizam folhas como recurso alimentar, caráter que faz o grupo ser conhecido como besouro-das-folhas (Martínez *et al.*, 2000). Além disso, podem ter associação com fungos (Paucar-Cabrera, 2003). Representantes de *Leucothyreus* MacLeay, 1819 podem ser nocivos à plantações de milho e soja quando larva (Rodrigues; Falco, 2011), enquanto indivíduos adultos do mesmo gênero já foram descritos pragas da palmeira do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) (Martínez *et al.*, 2013). Além disso, a subfamília conta com espécies polinizadoras e que se alimentam de exsudatos florais (Goldblatt Bernhardt; Manning, 1998; Bernhardt; Goldblatt, 2000; Paucar-Cabrera, 2003).

2.2.3.3 - Dynastinae

Dynastinae MacLeay, 1819, popularmente conhecidos como besouros-rinoceronte – por algumas espécies terem projeções na cabeça e/ou pronoto semelhantes a chifres – possui cerca de 2.300 espécies que estão presentes principalmente na região Neotropical (Endrödi, 1966; Ritcher, 1966;

Ratcliffe; Jameson; Smith, 2002). O Brasil abriga 402 espécies de dinastíneos, distribuídas em 58 gêneros (Duarte; Grossi, 2025). Coloração normalmente marrom-amarelada; labro escondido pelo clipeo; procoxa transversa; mesotíbia com 2 esporões na região do ápice; dimorfismo sexual facilmente detectado; e garras tarsais geralmente com tamanho similar entre si (Endrödi, 1985; Ratcliffe; Cave; Mondaca, 2021). A maioria das larvas alimentam-se de raízes (a exemplo de *Cyclocephala* Dejean) e húmus (Monteith; Allsopp, 2023; Casari; Biffi; Ide, 2024) e desempenham papel fundamental no processo de formação e desenvolvimento do solo ao longo do tempo – por meio da abertura de galerias e atuação na ciclagem de nutrientes (Basset *et al.*, 2023). Além disso, adultos representantes do gênero *Cyclocephala* Dejean, 1821 podem polinizar flores de algumas espécies de Araceae e Annonaceae, ao passo que tanto indivíduos adultos quanto larvas, podem ser consideradas pragas agrícolas em monocultivos de milho ou cana-de-açúcar (Andreazze; Fonseca, 1998; Puker *et al.*, 2009; Moore; Jameson, 2013).

2.3 - ATRIBUTOS FUNCIONAIS

Investigações envolvendo atributos ou características funcionais têm sido fundamentais para a ecologia, embora não haja consenso quanto à definição do conceito (Dawson *et al.*, 2021). No presente trabalho, consideramos a definição proposta por Violle *et al.*, 2007, que se refere ao termo como qualquer característica (fenológica, fisiológica ou morfológica), geralmente mensurada de forma individual, que influencia na capacidade do organismo realizar suas funções vitais, ou seja, na sua aptidão. Por exemplo, mudanças nesses atributos podem gerar alterações em aspectos como: defesa contra predadores, resistência a fatores abióticos, reprodução, crescimento ou sobrevivência (Webb *et al.*, 2010). De acordo com Raine *et al.*, 2018, as características funcionais podem variar tanto de forma interespecífica, quanto intraespecífica. Portanto, a expressão dos atributos tem estreita relação com as variações ambientais em que o organismo está inserido.

Os atributos funcionais podem ser classificados como: (a) de resposta, quando a modificação na característica é consequência de alterações nas variáveis ambientais e (b) de efeito, quando a mudança no atributo influenciará propriedades ecossistêmicas (Lavorel; Garnier, 2002). Ou, ainda, a característica pode estar inserida em ambas categorias, a exemplo do tamanho corporal em besouros (Micó

et al., 2020). A aplicação do conceito de características funcionais no meio científico teve início e é comum em plantas (Shipley *et al.*, 2016; Hanisch *et al.*, 2020; Xi *et al.*, 2021), que apresentam dinâmica funcional completamente diferente de organismos que pertencem a outros níveis tróficos, como os invertebrados (Griffiths *et al.*, 2016).

Características morfológicas são geralmente utilizadas em estudos ecológicos que associam mudanças no ambiente à alterações na forma do organismo (Kelemen; Rehan, 2021; Marín-Armijosm; Chamba-Carrillo; Pedersen, 2023; Budečević *et al.*, 2024). Essas características têm ligação com o desempenho de funções ecossistêmicas (Bertossa, 2011), podendo ser assumidas como características funcionais. Além disso, a morfologia pode ser utilizada para prever características funcionais em besouros, como: tamanho abdominal, que é associado à capacidade reprodutiva (Raine *et al.*, 2018); e o tamanho corporal, que pode ser um fator determinante na seleção sexual algumas espécies, além de ter relação com a dispersão (Scholtz, 2000; Emlen; Hunt; Simmons, 2005). A partir de características funcionais, é possível obter informações sobre a diversidade funcional de determinada comunidade. A diversidade funcional pode ser definida como a flutuação na expressão de atributos funcionais entre comunidades, populações e ecossistemas (Garnier; Navas; Grigulis, 2016). Ambientes com maior heterogeneidade na vegetação têm maior diversidade funcional para alguns organismos, uma vez que podem atender suas necessidades vitais por meio da complementaridade (Fahrig *et al.*, 2011).

A avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica por meio de organismos indicadores é uma das estratégias básicas para conservação das espécies (Pullin *et al.*, 2004; Raine *et al.*, 2018), sendo os atributos funcionais uma ferramenta fundamental para isso. Dentre os organismos que são utilizados nesses estudos, destacam-se os invertebrados, principalmente os insetos (Constantino, 2024). Um dos fatores que os tornam efetivos bioindicadores é a facilidade de coleta, além de se tratar do grupo animal mais diversificado (Gullan; Cranston, 2017). Dentre os insetos, Coleoptera é o grupo mais derivado e, portanto, o mais utilizado como modelo em investigações ecológicas (Da Silva; Garces, 2011; Bugoni; Hernández; Lingnau, 2017). Estudos que relacionam alterações antrópicas à mudanças nos atributos funcionais de besouros são focados principalmente em escarabeíneos (Hosler *et al.*, 2021; Giménez Gómez *et al.*, 2022; Arellano *et al.*,

2023; Decastro-Arrazola *et al.*, 2023), que já possuem essas características bem estabelecidas – relacionadas com características mensuráveis. No entanto, os besouros escarabeídeos fitófagos também apresentam importância econômica e ecológica relevantes, mas são negligenciados a respeito desse tipo de investigação. Um dos fatores que limitam o uso desse grupo como objeto de estudo é a lacuna de conhecimento a respeito de seus atributos e sua relação com funções ecossistêmicas, já que se trata de um táxon muito diverso. Apesar disso, García-Atencia, Bonilla-Gómez e Moreno (2024) ressaltam a importância de besouros escarabeídeos fitófagos no ecossistema e quais atributos funcionais podem ser utilizados para responder perguntas ecológicas.

3 - OBJETIVOS

3.1 - Geral:

Identificar se o tipo de ambiente (Floresta Atlântica ou Monocultivo de cana-de-açúcar) influencia os atributos morfológicos funcionais de besouros escarabeídeos fitófagos.

3.2 - Específicos:

- Inventariar a fauna de besouros fitófagos nos dois ambientes;
- Verificar a razão sexual das comunidades desses besouros;
- Analisar a variação dos atributos morfológicos funcionais entre os ambientes;
- Identificar o padrão corporal dos indivíduos nos dois ambientes.

4 - HIPÓTESE

O tipo de ambiente influencia a riqueza, abundância, atributos morfológicos funcionais e padrão corporal dos besouros escarabeídeos fitófagos.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 2. ed. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.
- AIDAR, T. *et al.* Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em aquidauana, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 817-820, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400023>
- ALVES, M. *et al.* Surplus electricity production in sugarcane mills using residual bagasse and straw as fuel. **Energy**, [s. l.], v. 91, p. 751-757, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.101>. Acesso em: 08 de outubro de 2024.
- AMAT-GARCIA, E.; GASCA, H. Guía para la cría de Escarabajos. **Fundación Natura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia**, 2005.
- ANDREAZZE, R.; FONSECA, C. R. V. Dinastíneos (Coleoptera, Scarabaeoidea, Melolonthidae) em uma área de terra firme na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 59-66, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998281066>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.
- ARAUJO, H. F. P. *et al.* Bird Diversity and Conservation of the Northern Atlantic Forest. In: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 185-200. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_12.
- ARELLANO, L. *et al.* Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing lands of the Neotropics: a review of patterns and research trends of taxonomic and functional diversity, and functions. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 11, p. 1084009, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1084009>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2025.
- BASSET, Y. *et al.* Towards a functional classification of poorly known tropical insects: The case of rhinoceros beetles (Coleoptera, Dynastinae) in Panama. **Insect Conservation and Diversity**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 147-163, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/icad.12613>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.
- BERNHARDT, P.; GOLDBLATT, P. The diversity of pollination mechanisms in the Iridaceae of southern Africa. In: WILSON, K. L.; MORRISON, D. A. (eds.). **Monocots: systematics and evolution**. Melbourne: CSIRO, 2000. p. 301-308.
- BERTOSSA, R. C. Morphology and behaviour: functional links in development and evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 366, n. 1574, p. 2056-2068, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0035>. Acesso em: 09 de novembro de 2024.
- BRASIL. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 1991. Disponível em: https://jbb.ibict.br/bitstream/1/397/1/1991_classificacaovegetal_Velloso1991.pdf. Acesso em: 04 de outubro de 2024.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 11.428 de 22 de Dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em: 04 de outubro de 2024.

BUDEČEVIĆ, S. *et al.* Transgenerational Sub-Lethal Pyrethroid Exposure Affects Shape Variation and Fluctuating Asymmetry in Seed Beetles. **Symmetry**, [s. l.], v. 16, n. 8, p. 995, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sym16080995>. Acesso em 09 de novembro de 2024.

BUGONI, A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; LINGNAU, R. Diagnóstico de qualidade ambiental do Parque Estadual Vítório Piassa por meio do uso de besouros bioindicadores. **Biotemas**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 49-59, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2017v30n3p49>. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

CARVALHO, L. S. *et al.* The Spider Fauna of the Northern Brazilian Atlantic Forest: Effect of Sampling Bias on Diversity Patterns and Conservation. *In*: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 103-120. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_7.

CASARI, S. A.; BIFFI, G.; IDE, S. Coleoptera Linnaeus, 1758. *In*: RAFAEL, J. A. *et al.* (eds.), **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed., Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2024. p. 575-698. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464>.

CERQUEIRA, R. *et al.* Fragmentação: alguns conceitos. *In*: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.). **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de Políticas Públicas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. p. 23-40. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/979>. Acesso em: 08 de outubro de 2024.

CHERMAN, M. A.; MORÓN, M. A. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: scarabaeoidea). **Acta zoológica mexicana**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 201-220, 2014. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372014000100015&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 22 de fevereiro de 2025.

CHERMAN, M. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Melolonthinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. 2025. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/125226>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

CIVIDANES, F. J. Ocorrência de Plectris sp. (Scarabaeidae: Melolonthinae) na cultura de cana-de-açúcar. *In*: **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 223-224. 1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Cana-de-açúcar - Análise Mensal - Maio 2024**. 2024. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-s-do-mercado/historico-mensal-de-cana-de-acucar/item/23866-cana-de-acucar-anali

se-mensal-maio-2024. Acesso em: 09 de outubro de 2024.

CONSTANTINO, R. Capítulo 5: A importância dos insetos. *In*: RAFAEL, J. A. *et al.* (eds.), **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed., Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2024. p 575-698. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c05>.

CROWSON, R. A. **The biology of the Coleoptera**. 2. ed. Londres: Academic press, 2013.

DA SILVA, M. B.; PINTO-DA-ROCHA, R.; SOUZA, A. M. História biogeográfica da Mata Atlântica: opiliões (Arachnida) como modelo para sua inferência. *In*: Carvalho, C. J. B.; Almeida, E. A. B. (org.). **Biogeografia da América do Sul: Padrões e Processos**. São Paulo: Roca, 2011. cap. 16, p. 221-238.

DA SILVA, P.; GARCES, F. S. Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. **Revista Congrega URCAMP**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1-16, 2011.

DAWSON, S. K. *et al.* The traits of “trait ecologists”: An analysis of the use of trait and functional trait terminology. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 11, n. 23, p. 16434-16445, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.8321>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

DE SOUZA, A. M.; DA SILVA, B. The Most Endemic Taxon of an Area of Endemism: Harvestmen (Opiliones) Fauna of NAF and Its Contribution to Biogeography and Conservation. *In*: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 85-101. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_6.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a destruição da Mata Atlântica brasileira**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DECASTRO-ARRAZOLA, I. *et al.* A trait-based framework for dung beetle functional ecology. **Journal of Animal Ecology**, [s. l.], v. 92, n. 1, p. 44-65, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13829>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

DIETZ, L. *et al.* A transcriptome-based phylogeny of Scarabaeoidea confirms the sister group relationship of dung beetles and phytophagous pleurostict scarabs (Coleoptera). **Systematic Entomology**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 672-686, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/syen.12602>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2025.

DUARTE P. R. M.; GROSSI P. C. Dynastinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. 2025. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/145312>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

DUFLOT, R. *et al.* Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits. **Acta Oecologica**, [s. l.], v. 56, p. 19-26, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.01.004>. Acesso em: 11 de outubro de 2024.

EMLLEN, D. J.; HUNT, J.; SIMMONS, L. W. Evolution of sexual dimorphism and male dimorphism in the expression of beetle horns: phylogenetic evidence for modularity,

evolutionary lability, and constraint. **the american naturalist**, v. 166, n. S4, p. S42-S68, 2005.

ENDRÖDI, S.. The Dynastinae of the world, p. 800, 1985.

ENDRÖDI, S. Monographie der Dynastinae: (Coleoptera, Lamellicornia)". **Entomologische Abhandlungen**, [s. l.], v. 33, p. 460, 1966.

EVANS, A. V. A checklist of the new world chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). **Zootaxa**, v. 211, n. 1, 2003. p. 1 - 458

EVANS, A.V. Melolonthinae, *In*: ARNETT, R.H. *et al* (eds.). **American Beetles Volume 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea**, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2002, p. 51–60.

FAHRIG, L. *et al*. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology letters**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 101-112, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2025.

FEIJÓ, A. *et al*. Mammals of the Pernambuco Endemism Center: Diversity, Biogeography, Research Gaps, and Conservation Concerns. *In*: FILHO, G. A. P. *et al*. (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 201-228. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_13.

FERREIRA, A. S.; GROSSI, P. C. Rutelinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. 2025. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/126897>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2025.

FILHO, G. A. P. *et al*. Composition, Species Richness, and Conservation of the Reptiles of the Highly Threatened Northern Brazilian Atlantic Forest". *In*: FILHO, G. A. P. *et al*. (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 169-183. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_11.

FISZON, J. T. M. *et al*. Causas antrópicas. *In*: RAMBALDI, D. M.; DE OLIVEIRA, D. A. S. (eds). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de Políticas Públicas**. Brasília, Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2003. p. 65-99. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/502637>.

FREITAS, A. V. L. *et al*. The Butterfly Fauna of the Northern Atlantic Forest. *In*: FILHO, G. A. P. *et al*. (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 33-46. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_4.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. Editora Nacional, 1967.

GARCÍA, C. C. V. *et al.* The role of dung beetle species in nitrous oxide emission, ammonia volatilization, and nutrient cycling. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 3572, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30523-0>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

GARCÍA-LÓPEZ, A. *et al.* Spatiotemporal variation of scarab beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae) in the premontane rain forest in Costa Rica: A question of scale. **Annals of the Entomological Society of America**, [s. l.], v. 103, n. 6, p. 956-964, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/AN10078>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

GARCÍA-ATENCIA, S.; BONILLA-GÓMEZ, M. A.; MORENO, C. E. Ecosystem functions and functional traits for the study of phytophagous scarab beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 49, n. 4, p. 463-475, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.13322>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

GARNIER, E.; NAVAS, M. L.; GRIGULIS, K. **Plant functional diversity**: organism traits, community structure, and ecosystem properties. Oxford: Oxford University Press, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198757368.001.0001>.

GASCON, C. *et al.* Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological conservation**, [s. l.], v. 91, n. 2-3, p. 223-229, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00080-4). Acesso em: 08 de outubro de 2024.

GIMÉNEZ-GÓMEZ, V. C. *et al.* Functional responses to anthropogenic disturbance and the importance of selected traits: A study case using dung beetles. **Ecological Entomology**, [s. l.], v. 47, n. 4, p. 503-514, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.13135>. Acesso em: 06 de janeiro de 2025.

GOCZAŁ, J.; BEUTEL, R. G. Beetle elytra: evolution, modifications and biological functions. **Biology Letters**, [s. l.], v. 19, n. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0559>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2025.

GOLDBLATT, P.; BERNHARDT, P.; MANNING, J. C. Pollination of petaloid geophytes by monkey beetles (Scarabaeidae: Rutelinae: Hopliini) in southern Africa. *In*: **Annals of the Missouri Botanical Garden**, [s. l.], v. 85, n. 2, p. 215-230, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2992006>. Acesso em: 24 de agosto de 2025.

GOMES, E. S.; ÁVILA, C. J.; CHERMAN, M. A. Biological and morphological aspects of *Plectris aliena* (Coleoptera: Melolonthidae) in sugarcane in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, [s. l.], v. 61, p. e20216113, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.13>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

GRIFFITHS, H. M. *et al.* Assessing the importance of intraspecific variability in dung beetle functional traits. **PloS one**, [s. l.], v. 11, n. 3, e0145598, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145598>. Acesso em: 12 de outubro de 2024.

GROTH, M. Z.; BELLÉ, C.. Diversidade de insetos associada à cultura da canola na região sul do Paraguai. *Scientia Agraria Paranaensis*, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 96–103, 2018. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/17404>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2025.

GUEDES, M. L. S. *et al.* Breve incursão sobre a biodiversidade da Mata Atlântica. *In*: Franke, C. R. *et al.* (orgs). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador: EDUFBA, 2005. p. 39-92.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. *Insetos: fundamentos da entomologia*. 2017.

HANISCH, M. *et al.* Plant functional traits shape multiple ecosystem services, their trade-offs and synergies in grasslands. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], v. 57, n. 8, p.1535-1550, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13644>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

HOLGUIN, C. M.; MIRA, R. H. Report of *Astaena pygidialis* Kirsch (Coleoptera: Scarabaeidae), the main chafer beetle causing damage to avocado fruit and young leaves in Antioquia Department, Colombia. **Florida Entomologist**, [s. l.], v. 104, n. 1, p. 36-41, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.104.0106>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

HOSLER, S. C. *et al.* Management actions shape dung beetle community structure and functional traits in restored tallgrass prairie. **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 175-186, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.12950>. Acesso em 05 de janeiro de 2025.

IANNUZZI, L. *et al.* Dung Beetles from the Atlantic Forest North of the São Francisco River: An Overview of a Fragile Fauna. *In*: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.), **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 47-84. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_5.

JAMESON, M. L.; RATCLIFFE, B. C. Scarabaeoidea: Scarabaeoidbeetles (= Lamellicornia). **Generic guide to new world Scarab beetles**, 2001.

JAMESON, M.L. Rutelinae MacLeay 1819. *In*: ARNETT, R. H. *et al.* (eds.). **American Beetles, Volume II: Polyphaga: Sarabaeoidea trough Curculionoidea**. Nova Iorque: CRC Press, 2002. p. 60-64.

JAMESON, M.L. Rutelinae MacLeay, 1819. Shining leaf chafers. 2005 Disponível em: <http://unsm-ento.uni.edu/Guide/Scarabaeoidea/Scarabaeidae/Rutelinae/Rutelinae-Overview/RutelinaeO.html>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2025.

KAKIZOE, S. *et al.* *Termitotrox icarus* sp. nov.(Coleoptera: Scarabaeidae): a new termitophilous beetle from Myanmar with observations of carrying behavior by host termites. **Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae**, [s. l.], v. 60, n. 2, p. 427-436, 2020. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/AEMNP/article/view/63634>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2025.

KELEMEN, E. P.; REHAN, S. M. Opposing pressures of climate and land-use change on a native bee. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 27, n. 5, p. 1017-1026, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.15468>. Acesso em: 06 de novembro de 2024.

KRAJČÍK, M. Checklist of Scarabaeoidea of the World. 2. **Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae)**. **Animma. x, Supplementum**, [s. l.], v. 4, p. 1-139, 2007.

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia brasiliensis**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2009.1303.03>. Acesso em: 08 de outubro de 2024.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional ecology**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 545-556, 2002.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature climate change**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 27-36, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2430>. Acesso em: 06 de outubro de 2024.

LAWRENCE, J. F. Classification (families & subfamilies). In: BEUTEL, R. G.; LESCHEN, R. A. B. (eds.). **Coleoptera, Beetles**, v. 1, p. 13-22, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/9783110373929-005>.

MACEDO, T. M. *et al.* Diversity of growth responses to recent droughts reveals the capacity of Atlantic Forest trees to cope well with current climatic variability. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 480, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118656>. Acesso em: 06 de outubro de 2024.

MAIA, A. C. D.; SCHLINDWEIN, C. *Caladium bicolor* (Araceae) and *Cyclocephala celata* (Coleoptera, Dynastinae): a well-established pollination system in the northern Atlantic rainforest of Pernambuco, Brazil. **Plant Biology**, [s. l.], v. 8, n. 04, p. 529-534, 2006. Disponível em: DOI: 10.1055/s-2006-924045. Acesso em: 22 de fevereiro de 2025.

MARINHO, M. M. F. *et al.* Fishes from the Northern Atlantic Forest and Their Conservation. In: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 133-146. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_9.

MARÍN-ARMIJOS, D.; CHAMBA-CARRILLO, A.; PEDERSEN, K. M. Morphometric changes on dung beetle *Dichotomius problematicus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) related to conversion of forest into grassland: A case of study in the Ecuadorian Amazonia. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. e9831, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.9831>. Acesso em: 06 de novembro de 2024.

MARTÍNEZ, L. C. *et al.* Biología de *Leucothyreus* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae), defoliador de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), en San Vicente de Chucurí (Santander). **Palmas**, [s. l.], v. 21, n. especial, p. 212-220, 2000. Disponível em: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/787>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

MARTÍNEZ, L. C. *et al.* *Leucothyreus femoratus* (Coleoptera: Scarabaeidae): Feeding and behavioral activities as an oil palm defoliator. **Florida Entomologist**, [s. l.], v. 96, n. 1, p. 55-63, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.096.0107>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2025.

MCKENNA, D. D. *et al.* The evolution and genomic basis of beetle diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Nova Iorque, v. 116, n. 49, p.

24729-24737, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1909655116>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

MCKENNA, D. D.; FARRELL, B. D. Beetles (Coleoptera). *in*: HEDGES, S.; KUMAR, S. (eds.). **The timetree of life**. Oxford v. 278, 2009. p. 289. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9rt1c1hl49MC&oi=fnd&pg=PR5&dq=The+timetree&ots=PX2CTclxvk&sig=QpZVsWos4C7Q_M1PxCeQNKQNbVI&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20timetree&f=false.

MICÓ, E. *et al.* Contrasting functional structure of saproxylic beetle assemblages associated to different microhabitats. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1520, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58408-6>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

MONTEITH, G. B.; ALLSOPP, P. G. Mothering an Australian dynasty: brood provisioning in *Haploscapanes barbarossa* (Fabricius, 1775)(Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Dynastini). *Memoirs of the Queensland Museum, Nature, Australia*, n. 65, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17082/j.2204-1478.65.2024.2024-01>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

MOORE, M. R.; JAMESON, M. L. Floral associations of cyclocephaline scarab beetles. **Journal of Insect Science**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 100, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1673/031.013.10001>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

MORÓN, M. A. Inventarios faunísticos de los Coleoptera Melolonthidae Neotropicales con potencial como bioindicadores. **Giornale Italiano di Entomologia**, [s. l.], v. 8, n. 46, p. 265-274, 1997.

MORÓN, M. A. Melolontídeos edafícolas. **Pragas de solo no Brasil**, p. 133-166, 2004.

NICHOLS, E. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological conservation**, [s. l.], v. 141, n. 6, p. 1461-1474, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

NISHA P. K.; SUBASH, A.; BOSE, C.. Insects Saprophy. **Research Today**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 279-281, 2021. Disponível em: <https://bioticapublications.com/journal-backend/articlePdf/8d8954d598.pdf>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

PAUCAR-CABRERA, A. Systematics and phylogeny of the genus *Epectinaspis* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) and description of a new genus of Anomalini from Mexico. **The Coleopterists Bulletin**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 3-60, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1649/0010-065X\(2003\)57\[3:SAPOTG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1649/0010-065X(2003)57[3:SAPOTG]2.0.CO;2). Acesso em: 24 de fevereiro de 2025.

PEREIRA, A. B. Mata Atlântica: uma abordagem geográfica. **Nucleus**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1-27, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.152>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em florestas do Brasil. *In*: : Martins, S.V. (ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 175-251.

PUKER, A. *et al.* Espécies de Scarabaeidae fitófagos (Insecta: Coleoptera) associadas ao sistema radicular de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Arecaceae). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, p. 105-109, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000300009>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

PUKER, A. *et al.* Insights on the association of American Cetoniinae beetles with ants. **Entomological Science**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 21-30, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ens.12085>. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

PULLIN, A. S. *et al.* Do conservation managers use scientific evidence to support their decision-making? **Biological conservation**, [s. l.], v. 119, n. 2, p. 245-252, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.007>. Acesso em: 16 de novembro de 2024.

RAINE, E. H. *et al.* Tropical dung beetle morphological traits predict functional traits and show intraspecific differences across land uses. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 8, n. 17, p. 8686-8696, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.4218>. Acesso em: 17 de abril de 2024.

RATCLIFFE, B. C.; CAVE, R. D.; MONDACA, J. The dynastine scarab beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) of Chile. *The Coleopterists Bulletin*, v. 75, n. 2, p. 279-309, 2021.

RATCLIFFE, B. C.; JAMESON, M. L.; SMITH, A. B. T. Scarabaeidae Latreille 1802. *In*: ARNETT, R. H. *et al.* (eds.). **American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea**. Nova Iorque: CRC Press, 2002. p. 39-81.

RIEHS, P. J. Fenologia de algumas espécies do gênero *Cyclocephala* (Coleoptera, Scarabaeidae) do leste e centro-oeste do Paraná, Brasil. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 201-223, 2006. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/181>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

RITCHER, P. O. Oregon Diplotaxis with descriptions of the larvae of four common species and notes on biology. (Coleoptera: Scarabaeidae). **The Pan-Pacific Entomologist**, [s. l.] v. 42, n. 4, p. 274-282, 1966.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/EDUFU/978-65-86084-00-9>.

RODRIGUES, S. R.; FALCO, J. S. Aspectos biológicos de *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850 (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). **Biota Neotropica**, v. 11, p. 157-160, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100015>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2025.

ROMERO-LÓPEZ, A. A. *et al.* La “gallina ciega”(Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un “ingeniero del suelo”. **Southwestern Entomologist**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 274-282, 1966.

l.], v. 35, n. 3, p. 331-343, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3958/059.035.0312>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2025.

SAYERS, T. D. J.; STEINBAUER, M. J.; MILLER, R. E. Visitor or vector? The extent of rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) pollination and floral interactions. **Arthropod-Plant Interactions**, [s. l.], v. 13, p. 685-701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11829-019-09698-9>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2025.

SCHOLTZ, C. H.; GREBENNIKOV, V. V. 13. Scarabaeoidea Latreille, 1802. **Handbuch der Zoologie/Handbook of Zoology, Band**, v. 4, p. 367-425, 2005.

SCHOLTZ, C. H. Evolution of flightlessness in Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera). **Deutsche Entomologische Zeitschrift**, v. 47, n. 1, p. 5-28, 2000.

SEMIE, T. K.; SILALERTRUKSA, T.; GHEEWALA, S. H. The impact of sugarcane production on biodiversity related to land use change in Ethiopia. **Global Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 18, e00650, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00650>. Acesso em: 11 de outubro de 2024.

SHIPLEY, B. *et al.* Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology. **Oecologia**, [s. l.], v. 180, n. 4, p. 923-931, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3549-x>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

SILVA, J. M. C.; CASTELETTI, C. H. M. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, G. (eds.). **The atlantic forest of South America**: biodiversity status, threads and outlook. Washington: Island Press, 2003. p. 43-59.

SILVA, R. R. *et al.* Ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Pernambuco Endemism Center of the Brazilian Atlantic Forest. In: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 23-31. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_3.

SILVA, S. M. Mata Atlântica: Uma apresentação. In: MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; CONTE, C. E. (ed.). **Revisões em Zoologia**: Mata Atlântica. 1. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2017. p. 9-23.

SILVA, W. G. *et al.* Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 67, n. 3, p. 403-411, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000300004>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.

SMOLKA, J. *et al.* Night sky orientation with diurnal and nocturnal eyes: dim-light adaptations are critical when the moon is out of sight. **Animal behaviour**, [s. l.], v. 111, p. 127-146, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.10.005>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2025.

SOUZA, R. A. *et al.* Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 155, p. 1-6, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.03.012>. Acesso em: 08 de outubro de 2024.

STORK, N. E. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?. **Annual review of entomology**, v. 63, n. 2018, p. 31-45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>.

TABARELLI, M. *et al.* Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 143, n. 10, p. 2328-2340, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>. Acesso em: 06 de outubro de 2024.

TABARELLI, M.; MELO, M. D. V. C.; LIRA, O. C. **A Mata Atlântica do nordeste**. Rio de Janeiro: MMA, 2006a.

TABARELLI, M. *et al.* Fragmentação e perda de habitat na floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco. *In*: FILHO, J. A. S.; Leme, E. M. C. (org.). **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias**. 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial Ltda, 2006b. p. 80-99.

TABARELLI, M. *et al.* Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260591848_Desafios_e_oportunidades_para_a_a_conservacao_da_biodiversidade_na_Mata_Atlantica_brasileira. Acesso em: 03 de outubro de 2024.

TEIXEIRA, M. S. L. S. Especificidade alimentar em Scarabaeinae (Scarabaeidae, Coleoptera) necrófagos em fragmentos florestais. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, n. 20, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.13102/semic.v0i20.3093>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2025.

VANDEWALLE, M. *et al.* Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 19, p. 2921-2947, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9798-9>. Acesso em: 12 de outubro de 2024.

VASCONCELLOS, A. *et al.* Termites from the Northern Atlantic Forest, Brazil: Ecology and Conservation. *In*: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 121-132. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_8.

VIDAL, M. D. F. Açúcar: Cenário mundial e situação da produção brasileira e nordestina. **Caderno Setorial Etene**, [s. l.], v. 6, n. 215, 2022. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1148>. Acesso em: 09 de outubro de 2024.

VIEIRA, W. L. S. *et al.* Species Richness, Distribution Pattern, and Conservation of Amphibians in the Northern Portion of the Brazilian Atlantic Forest. *In*: FILHO, G. A. P. *et al.* (eds.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham, Suíça: Springer, 2023. p. 147-167. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_10.

VIOLLE, C. *et al.* Let the concept of trait be functional! **Oikos**, Lund, Suécia, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007. Disponível em:

<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

WANG, Y. D. *et al.* Effects of different functional groups of dung beetles on greenhouse gas emissions from cattle dung pats on steppe grassland. **Journal of Ecology and Rural Environment**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 65-72, 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.19741/j.issn.1673-4831.2020.0290>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2025.

WEBB, C. T. *et al.* A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. **Ecology letters**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 267-283, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01444.x>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

WEIR, T. A. *et al.* 31. Scarabaeidae: Melolonthinae Leach, 1819. **Australian Beetles. Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga (part)**, [s. l.], v. 2, p. 467-507, 2019.

XI, N. *et al.* Relationships between plant–soil feedbacks and functional traits. **Journal of Ecology**, [s. l.], v. 109, n. 9, p. 3411-3423, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13731>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

5 - RESULTADOS

ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE BESOUROS ESCARABÉIDEOS FITÓFAGOS
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM DIFERENTES AMBIENTES

*Everton Souza Juvino da Silva*¹, *Luciana Iannuzzi*², *Fábio Correia Costa*³

¹ Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901

² Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901

³ Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901

Correspondência: everton.juvino@ufpe.br

Resumo

O domínio fitogeográfico da Floresta Atlântica é berço de grande parte da biodiversidade do Brasil, no entanto, é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. Um dos principais *drivers* do desmatamento é o aumento da fronteira agrícola, que teve início no domínio desde o período colonial no país. A alteração dos habitats, a partir da conversão do uso do solo, influencia a biodiversidade, gerando perturbações crônicas e alterações, tanto na funcionalidade da paisagem, quanto nas características funcionais dos organismos que ali vivem. Dessa forma, o objetivo do estudo foi verificar se o tipo de ambiente influencia a composição e atributos morfológicos funcionais de besouros escarabeídeos fitófagos (Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae), bem como verificar a razão sexual e padrão corporal desses besouros entre os ambientes. Para isso, foi realizado um evento amostral em um remanescente de Floresta Atlântica e em uma área de cultivo de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. Os besouros foram capturados por meio de armadilhas *Pennsylvania*, em duas áreas de floresta atlântica e duas de cana-de-açúcar, sexados e classificados por tamanho (Pequenos, Médios ou Grandes). Então, foram mensuradas 16 características morfológicas dos besouros e realizada uma análise de variância entre os ambientes com o *score* do componente principal que mais representou a variação dos atributos. Coletou-se 251 besouros, e a subfamília com maior riqueza observada foi Rutelinae, além de ter sido a única com diferença significativa dos atributos entre os ambientes – o que indica plasticidade fenotípica. No entanto, Dynastinae e Melolonthinae foram mais abundantes. O padrão de tamanho corporal predominante foi o médio nas três subfamílias. Além disso, as fêmeas foram mais representadas em Dynastinae, enquanto os machos em Melolonthinae e Rutelinae. Assim, foi possível verificar que a mudança no tipo vegetação pode ocasionar alteração nas características morfológicas funcionais nos besouros, bem como a composição das comunidades, porém devem ser consideradas outras variáveis que podem influenciar os resultados.

Palavras-chave: Dynastinae, Melolonthinae, Pleurosticti, Rutelinae, Scarabaeoidea, traços funcionais.

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que geram declínio da biodiversidade e serviços ecossistêmicos é a conversão do uso do solo, em que áreas de floresta nativa são transformadas em monocultivos ou pastagens agrícolas (Rudel et al., 2009). Esse tipo de ação antrópica é comum em florestas tropicais úmidas, a exemplo da Floresta Atlântica (Chambers et al., 2013). No Brasil, a área original de Floresta Atlântica se estendia desde o litoral nordestino até o litoral sul do país, com mais de 1 milhão de km² (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2021), fato que lhe confere diferentes fitofisionomias. O domínio abriga uma complexa biodiversidade e ocorrência de espécies endêmicas (Tabarelli et al., 2010). A supressão da Floresta Atlântica começou no país em 1500 com a chegada dos portugueses no litoral do Nordeste, que vieram ao país com o viés de explorar os recursos nativos (Furtado, 1967). Desde então a floresta vem sendo fragmentada e envolta por matrizes antrópicas, de modo que restam menos de 20% de remanescentes com mais de três hectares (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2021). Consequentemente, o domínio é considerado um dos *hotspots* mundiais para conservação (Tabarelli et al., 2005).

Assim como as áreas urbanas, o monocultivo de cana-de-açúcar está entre as matrizes antrópicas mais relevantes que circundam os remanescentes de Floresta Atlântica no Brasil (Tabarelli et al., 2006). O cultivo é utilizado como insumo para movimentar o setor sucroalcooleiro no país e ganhou proporções substanciais após a crise do petróleo, a partir da necessidade de combustíveis alternativos (Souza et al., 2012; Alves et al., 2015). No entanto, paisagens constituídas por monocultivos são homogêneas, o que faz com que não tenha funcionalidade para manutenção da biodiversidade (Duflot et al., 2014; Semie, Silalertruska e Gheewala, 2019). Dentro das estratégias para compreender os impactos de alterações no ecossistema, estão estudos que envolvem organismos que habitam esses ambientes, seja por meio de levantamentos, distribuição de espécies ou características morfológicas e funcionais (Pullin et al., 2004; Raine et al., 2018).

As características morfológicas podem ser associadas às características funcionais e são comumente utilizadas em estudos ecológicos (Bertossa, 2011; Raine et al., 2018; Kelemen e Rehan, 2021; Marín-Armijosm, Chamba-Carrillo e Pedersen, 2023). Entende-se como atributo funcional toda característica mensurável a nível individual que influencia o *fitness* do organismo e está associada a funções ecossistêmicas, podendo ser fenológica, fisiológica ou morfológica (Violle et al., 2010). Esses atributos podem gerar índices de diversidade

funcional que permitem entender como essas características se expressam entre comunidades, populações e ecossistemas (Garnier, Navas e Grigulis, 2016). De acordo com Fahrig et al. (2011), ambientes com maior heterogeneidade na vegetação, abrigam maior diversidade funcional. Estudos que relacionam perturbações antrópicas a atributos funcionais são escassos considerando invertebrados (Moretti et al., 2017), e são mais comuns em plantas (Shipley et al., 2016; Hanisch et al., 2020; Xi et al., 2021).

Todavia, insetos têm sido utilizados como modelo em investigações ecológicas (Chowdhury et al., 2023), e podem ser ferramentas fundamentais no estudo de características funcionais. Os fatores que corroboram para a utilização desse grupo de organismo como bioindicadores incluem a elevada diversidade, fácil coleta e ciclo de vida curto (Constantino, 2024). Entre os insetos, Coleoptera é o grupo mais diverso e utilizado em estudos acerca da biodiversidade (Bugoni, Hernández e Lingnau, 2017). Os coleópteros são representados por mais de 370.000 espécies, com cerca de 185 famílias distribuídas em praticamente todo o globo (Stork, 2018; Casari, Biffi e Ide, 2024). São caracterizados principalmente pela presença de élitros, modificações das asas anteriores que protegem as asas posteriores e abdome contra impactos (Goczał e Beutel, 2023). Scarabaeidae é um grupo monofilético e se trata de uma das famílias mais diversas em Coleoptera, sendo principalmente caracterizada pelas antenas em forma de clava com lamelas (Dietz et al., 2023). Pode ser dividida em dois grandes grupos: coprófagos (Aphodiinae e Scarabaeinae) e fitófagos (Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae). Se tratando de atributos funcionais, o táxon mais explorado é o de besouros coprófagos (Hosler et al., 2021; Giménez Gómez et al., 2022; Arellano et al., 2023; Decastro-Arrazola et al., 2023) e um dos menos explorados é o dos besouros fitófagos (García-Atencia, Bonilla-Gómez e Moreno, 2024).

Os besouros fitófagos são representados por cerca de 17.000 espécies, com Melolonthinae sendo a subfamília mais diversa, seguida por Rutelinae e Dynastinae (Ratcliffe, Jameson e Smith, 2002; Cherman e Morón, 2014). Podem ser rizófagos, saprófagos e xilófagos (Amat-Garcia e Gasca, 2005). Possuem hábito noturno ou crepuscular e podem ser atraídos por fontes luminosas (Ratcliffe, Jameson e Smith, 2002; Riehs, 2006). Os representantes desse grupo desempenham um papel importante na natureza, uma vez que atuam em processos como ciclagem de nutrientes, decomposição de matéria orgânica, polinização e bioturbação (Romero-López et al., 2010; Amat-Garcia e Gasca, 2005; Maia e Schlindwein, 2006; Moore e Jameson, 2013). Além disso, ainda que os escarabeídeos

fitófagos possam aumentar a produtividade primária com seus hábitos alimentares (Agrawal, 2000; Granados-Sánchez, Ruiz-Puga e Barrera-Escorcia, 2008; García-Atencia, Bonilla-Gómez e Moreno, 2024), também podem exercer papel de pragas agrícolas (Martínez et al., 2013; Moore e Jameson, 2013; Gomes, Ávila e Cherman, 2021). A falta de estudos que relacionem características mensuráveis à funções ecossistêmicas em escarabeídeos fitófagos, pode ser explicada pelo fato de ser um grupo muito diverso – em taxonomia e funções ecossistêmicas – e, portanto, difícil de ter seus padrões funcionais quantificados e generalizados. Dessa forma, o presente estudo faz parte do pioneirismo sobre o tema nesse grupo.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é identificar se os atributos funcionais da comunidade de besouros fitófagos da família Scarabaeidae variam de acordo com diferentes ambientes. De forma específica, inventariar a fauna de besouros escarabeídeos fitófagos e identificar sua razão sexual nas áreas de Floresta atlântica e de monocultivo de cana-de-açúcar; analisar a variação dos atributos funcionais dos besouros fitófagos escarabeídeos nos dois ambientes; e identificar o padrão de forma do corpo das comunidades de besouros. A hipótese é que o tipo de ambiente influencia a riqueza, abundância, o padrão corporal e os atributos morfológicos funcionais dos besouros escarabeídeos fitófagos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo:

O estudo foi desenvolvido no Refúgio de Vida Silvestre Mata de Água Azul (RVSMMA) (7°36'31.5"S 35°22'42.9"W) – que perpassa os municípios de Timbaúba, Vicência e de Macaparana, na Microrregião Mata Setentrional do Estado de Pernambuco com área total de 3800 ha – e na matriz próxima ao remanescente, onde é predominante o cultivo de cana-de-açúcar (Figura 1). A região possui um complexo de cristas e vales com variação de altitude entre 150 e 500 metros acima do nível médio do mar, a exemplo da Serra do Mascarenhas com variação entre 450 a 500m (CEPAN, 2011; Pernambuco, 2014). Segundo Köeppen, o clima é classificado como As' (quente e úmido), com variação na temperatura entre 26 e 27,5°C (Beltrão e Macedo, 1994). A cobertura vegetal engloba florestas caducifólia, estacional semidecidual e ombrófila densa (CEPAN, 2011).

Coleta de besouros escarabeídeos fitófagos:

Em Janeiro de 2023, foram amostradas quatro áreas, sendo duas de floresta atlântica e duas com cultivo de cana-de-açúcar (Figura 2). A distância entre os habitats foi de aproximadamente 25 km, e entre as áreas do mesmo habitat de pelo menos 1 km, considerando critérios de logística no campo e independência das amostras. O desenho amostral seguiu a metodologia de Puker et al. (2020) com modificações. Em cada área foi instalado um conjunto de quatro armadilhas – com distância de 100m da borda, quando possível – dispostas com 100m de distância entre si de forma linear paralelas à borda (Figura 2).

Para a captura dos besouros escarabeídeos fitófagos, foram utilizadas armadilhas luminosas do tipo *Pennsylvania*. Estas consistem em: uma fita de LED 12W de 30 cm presa em um tubo para atração do grupo de interesse, aletas de polipropileno para a interceptação destes e um recipiente contendo uma solução fixadora de álcool 70%. (Figura 3). A fonte luminosa foi mantida por energia elétrica oriunda de uma bateria ácida 12V através de um cabo (Stork e Nakashizuk, 2002). A instalação das armadilhas foi feita no período vespertino (17h00), e foram retiradas após 48 horas.

Identificação dos besouros fitófagos escarabeídeos

Para a identificação dos besouros escarabeídeos fitófagos foram utilizadas diferentes chaves taxonômicas e revisões bibliográficas (Endrödi, 1985; Casari, Biffi e Ide, 2024), assim como, comparação com material depositado na Coleção da UFPE (CE-UFPE). Os indivíduos foram identificados até o menor nível taxonômico possível. Além disso, a sexagem dos indivíduos foi conduzida utilizando-se informações contidas em Ratcliffe, Jameson e Smith (2002).

Atributos funcionais e padrão corporal:

Para análise dos atributos funcionais foram, quando possível, aferidas medidas morfológicas de 30 indivíduos de cada espécie identificada, visto que esse é o limite mínimo recomendado para garantir uma boa estimativa dos valores médios das características morfológicas funcionais dos besouros (Griffiths et al., 2015). A escolha dos exemplares foi realizada de modo aleatório. Para as espécies com menos de 30 indivíduos, todos os besouros foram mensurados. As medidas foram tomadas de diferentes partes do corpo, segundo os seguintes estudos: Eberle et al. (2014); Raine et al. (2018); Basset et al. (2023). Diante disso,

os atributos morfológicos funcionais mensurados no presente estudo foram: comprimento total do corpo (ct) (somatório do comprimento da cabeça, comprimento do pronoto e comprimento elital), que pode influenciar a seleção sexual, dispersão e utilização de recursos (Emlen, Hunt e Simmons, 2005; Scholtz, 2000); diâmetro do olho esquerdo (do), que pode ser relacionado com a capacidade do organismo detectar o recurso, bem como o predador (Moretti et al., 2017); maior comprimento e largura da cabeça (cc; lc), que tem relação com adaptações mandibulares, portanto dieta (Machado et al., 2006); maior comprimento do abdome (ca), que tem relação com a capacidade reprodutiva (Raine et al., 2018); maior comprimento e largura do pronoto (cp; lp), que pode ser associado à eficiência de voo e capacidade de escavação (Evans, 2014); maior comprimento e largura do élitro (ce; le), que podem ser associadas à capacidade de voo (Micó et al., 2020); altura do élitro (ae), que tem relação com o jeito de como o besouro acessa o recurso (Eberle et al., 2014); altura total do corpo (atc), que pode estar associada à forma como o besouro pousa (García-Atencia, Bonilla-Gómez e Moreno, 2024); maior comprimento e largura do fêmur (cfp e lfp) e da tíbia da perna posterior (ctp e ltp), que estão ligados à capacidade de dispersão e gasto energético (Arnold et al., 2017); e maior comprimento da metacoxa (cm), que reflete a capacidade de rotação das pernas posteriores (Eberle et al., 2014) (Figuras 4 e 5). As medições dos apêndices foram realizadas no lado esquerdo, a fim de considerar a assimetria entre os lados (Raine et al., 2018). Além disso, foram realizadas com auxílio da régua graduada acoplada em ocular micrométrica do estereomicroscópio Leica MZ6. Para categorizar o tamanho corporal dos escarabeídeos, os indivíduos foram classificados em três grupos relativos ao comprimento total (Noriega et al., 2021): pequenos (P) (< 10 mm), médios (M) (10 - 18 mm) e grandes (G) (> 18 mm).

Variação dos atributos funcionais entre os ambientes:

Para cada subfamília, foi gerada a média ponderada dos atributos com relação à presença e ausência das espécies nos ambientes, por meio de um CWM (*Community Weighted Means*), a fim de atribuir peso funcional às características. Em seguida, os dados gerados no CWM foram utilizados na PCA (*Principal Component Analysis*), e o componente principal/eixo que concentrou a maior parte da variância dos dados, foi inserido numa ANOVA (*Analysis of Variance*), em que foi utilizado como nível de significância 0,05. Dessa forma, utilizar apenas o eixo em questão, evita redundância entre os atributos, pois os combina de forma independente. Foram gerados gráficos biplot com base nos valores *loadings* após PCA, para observar a distribuição dos atributos no espaço funcional dos

componentes principais 1 e 2, a fim de compreender a relação dos atributos entre si (proximidade entre as setas), e sua associação com os eixos (direção e comprimento da seta). Todas as etapas anteriormente descritas, foram realizadas através do software R versão 4.3.2, com os pacotes “dplyr”, “ggplot2” e “factoextra”.

RESULTADOS

Besouros fitófagos escarabeídeos identificados:

Foram coletados 251 indivíduos de Scarabaeidae fitófagos, identificados em três subfamílias, 13 gêneros e 26 espécies (Tabela 1). Dentre as subfamílias, Rutelinae apresentou maior representatividade – reunindo 12 espécies –, seguida por Dynastinae e Melolonthinae, ambas com sete. Sobre a abundância: Dynastinae apresentou o maior número de indivíduos com relação às demais subfamílias (N = 91), perfazendo 36,25% do total de besouros fitófagos escarabeídeos, sendo 76 fêmeas e 15 machos; seguida por Melolonthinae, com (N = 90), representando 35,86% do total, com três fêmeas e 87 machos; e Rutelinae deteve um N = 70 totalizando 27,89% dos besouros fitófagos escarabeídeos amostrados nos dois ambientes, sendo 15 fêmeas e 55 machos.

A abundância e riqueza observada foram inversamente proporcionais entre as áreas. Ao passo que na floresta houve menor abundância e maior riqueza (N = 110 e S = 21 respectivamente), em cana-de-açúcar ocorreu o oposto (N = 141 e S = 10 espécies) (Tabela 1). Em floresta, Melolonthinae foi a mais representativa em abundância, com 73 indivíduos, concentrando 29,08% do total. Enquanto no ambiente de cana, ocorreu a predominância de indivíduos da subfamília Dynastinae, com 79 indivíduos, que representam 31,47% do total, seguida por Rutelinae, com 17,93% do total (Figura 6). Sobre a riqueza de espécies entre os ambientes, Rutelinae foi a mais representativa em floresta atlântica, sendo identificadas 11 espécies, enquanto em cana de açúcar foi Dynastinae, com quatro espécies.

Quanto aos gêneros, *Plectris* Latreille & Serville, 1828 (Melolonthinae) foi o mais representativo, reunindo 23,11% do total de indivíduos, junto com *Cyclocephala* Dejean, 1821 (16,33%) (Dynastinae) e *Leucothyreus* MacLeay, 1819 (13,94%) (Rutelinae). Ainda, *Leucothyreus* e *Cyclocephala* foram os gêneros com maior número de espécies identificadas (Tabela 1). *Cyclocephala paraguayensis* Arrow, 1903; *Ligyris cuniculus* Fabricius, 1801;

Leucothyreus femoratus Blanchard, 1851; e *Plectris* sp.1, foram as mais abundantes, totalizando 49,8% do total de indivíduos.

Variação dos atributos:

A Análise de Componentes Principais (PCA) revelou que, nas três subfamílias, os atributos apresentaram valores de *loadings* (carga de contribuição de cada atributo para os componentes principais) similares para o PC1 (Tabelas 2-4). Porém, Dynastinae e Melolonthinae possuem cargas positivas, enquanto Rutelinae, negativas, o que muda a direção dos vetores das variáveis (atributos) no espaço funcional. Com relação a PC2, em Dynastinae e Melolonthinae, o atributo com o maior *loading* foi a largura da tíbia posterior (ltp) (Tabela 2 e 3), indicando forte contribuição para o componente. Já em Rutelinae, o comprimento do abdome (ca) apresentou maior *loading* no PC2 (Tabela 4).

Em Dynastinae (Figura 7), os atributos mais correlacionados foram ct e cc, que se encontram sobrepostos, enquanto os atributos independentes foram ltp e cfp, formando um ângulo de aproximadamente 90°. A representação dos eixos, no geral, concentraram os atributos de maneira similar e mais forte em direção ao eixo 1 (PC1). Em direção ao eixo 2 (PC2), há uma maior variação nas coordenadas, mas evidencia-se que o atributo ltp, contribui mais para a variação deste.

Para Melolonthinae (Figura 8), entre os principais atributos positivamente correlacionados estão ce e cfp. Por outro lado, os com menor correlação foram ctp e cp. Os atributos em sua maioria, também se manifestaram com mais força em direção ao eixo 1 (PC1). No PC2 destacam-se, ctp e ltp, com valores de *loadings* fortes (0,458630173 e -0,679216932 respectivamente), indicando maior contribuição para o eixo. Em Rutelinae a distribuição dos atributos foi maior no espaço funcional dos componentes (Figura 9). As maiores correlações foram negativas e ocorreram entre et, lfp, ca e cc. Dentre os atributos, aqueles que mais contribuíram para o PC1 foram, lfp e ltp, enquanto para PC2 foram ca e cc.

Embora alguns atributos contribuam de maneira substancial para PC2 nas três subfamílias, o PC1 reflete mais de 90% da variação dos dados (Tabela 5), enquanto o PC2 explica uma parcela menor da variação (entre 5,97% e 9,26%). Assim, os valores do componente principal 1 foram utilizados na ANOVA. A Análise de Variância revelou que entre as três subfamílias, apenas os atributos funcionais representados pelo PC1 em Rutelinae, apresentaram diferença significativa entre os ambientes ($\text{Pr}(> F) = 0,00851$). Ao passo que, as

características funcionais em Dynastinae e Melolonthinae não diferem significativamente ($\text{Pr}(> F) = 0,496$) e ($\text{Pr}(> F) = 0,133$), respectivamente.

Padrão corporal:

Quanto ao padrão do tamanho corporal dos besouros escarabeídeos fitófagos (Tabela 6), em Dynastinae houve predominância de indivíduos do tamanho médio (10 - 18 mm) (91,21% do total), enquanto 8,79% do total foram classificados como pequenos (< 10 mm). Em Melolonthinae, 77,78% dos espécimes coletados são de tamanho médio, seguido por 18,89% grandes (> 18mm) e 3,33% pequenos. Já em Rutelinae, 82,86% do total são médios, enquanto 17,14% são pequenos.

Ao considerar os ambientes (Tabela 6), em monocultivo de cana-de-açúcar: Dynastinae concentrou uma quantidade maior de indivíduos classificados em tamanho médio, 72 besouros (79,12% do total de dinastíneos), e sete pequenos (7,69%); Melolonthinae teve 14 espécimes (15,56% do total de melolontíneos) médios e três (3,33%) pequenos; e Rutelinae tem 38 médios (54,29% do total de rutelíneos) e sete pequenos. Já na floresta: Dynastinae teve 11 indivíduos médios (12,09%) e apenas um pequeno; Melolonthinae foi representada por 56 indivíduos do tamanho médio (62,22%), e 17 grandes (18,89%); e Rutelinae teve 20 exemplares médios (28,57%) e cinco pequenos.

DISCUSSÃO

Identificação dos besouros:

O presente estudo teve como objetivo principal identificar se os atributos morfológicos funcionais da comunidade de besouros fitófagos Scarabaeidae variam em ambientes com diferentes fitofisionomias, com a hipótese que o tipo de ambiente influencia alguns aspectos dos besouros.

Observamos inicialmente que a subfamília Rutelinae apresentou maior representatividade absoluta. Este grupo de besouros é considerado um dos mais diversos entre os escarabeídeos fitófagos (Cherman e Vaz-de-Mello, 2024; Ferreira e Grossi, 2024; Duarte e Grossi, 2024). Além disso, a subfamília inclui espécies polinizadoras de famílias presentes na Floresta Atlântica, como Araceae Jussieu, 1789, Cyclanthaceae Poiteau, 1824 e Iridaceae Jussieu, 1789 (Goldblatt et al., 1998; Bernhardt e Goldblatt, 2000). Algumas espécies da

família Araceae (*Monstera adansonii* Schott, 1830) e Iridaceae (*Cipura paludosa* Aublet, 1775), ocorrem nos remanescentes de mata do RVSMMA (Pernambuco, 2014), o que pode explicar a maior riqueza desse grupo nesse tipo de ambiente.

Acreditamos ainda que fatores como a disponibilidade de recursos, que variam de acordo com o tipo de ambiente, podem ter influenciado a diversidade e abundância dos besouros (Tews et al., 2004; Tsiafouli et al., 2015). Além disso, os besouros na cana tiveram menor diversidade e maior abundância, certamente devido à homogeneização do habitat, que favorece alguns grupos específicos (Franco et al., 2016), enquanto na floresta houve maior diversidade em paralelo à maior variedade de recursos que possibilita a coexistência de espécies. Segundo García-López et al. (2010), a riqueza e abundância em Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae, também pode variar ao considerar a escala temporal, sendo um fator importante a se considerar em estudos acerca da biodiversidade.

Alguns gêneros destacaram-se em termos de abundância entre as subfamílias: Em cana-de-açúcar, *Cyclocephala* Dejean, 1821 (Dynastinae), *Ligyris* Burmeister, 1847 (Dynastinae) e *Leucothyreus* MacLeay, 1819 (Rutelinae) foram os mais expressivos, possivelmente por terem espécies que se beneficiam de monocultivos (Andreazze e Fonseca, 1998; Rodrigues e Falco, 2011; Pereira, Rodrigues e Morón, 2013). *Plectris* Le Peletier & Serville, 1828 (Melolonthinae) é considerado um gênero numeroso em cultivo de cana-de-açúcar e potencial praga (Cividanes, 1988). No entanto, foi mais abundante em ambiente de floresta no presente trabalho. Um estudo conduzido por Gomes, Ávila e Cherman (2021) de *Plectris aliena* Chapin, 1934 em cultivo de cana-de-açúcar indica que, assim como outros besouros, o ciclo de vida desses organismos é sincronizado com a pluviosidade e sugere que indivíduos adultos dessa espécie são geralmente encontrados entre julho e outubro. Assim, a escassez do gênero *Plectris* em cultivo de cana-de-açúcar, pode estar relacionada ao período da coleta.

A razão sexual em Dynastinae, com as fêmeas sendo predominantes, pode ser reflexo da maior atratividade delas à luz com relação aos machos (Andreazze e Fonseca, 1998). Em Melolonthinae e Rutelinae, indivíduos machos foram predominantes. Padrões semelhantes foram encontrados por Gomes, Ávila e Cherman (2021) para *P. aliena* (Melolonthinae) e por Rodrigues e Falco (2011) para *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850, indicando que pode estar relacionado ao fato dos machos terem uma circulação maior em busca de fêmeas para a reprodução. No entanto, são necessários mais estudos para a afirmação de que esses padrões

se estendem a toda subfamília. A proporção entre fêmea e macho é determinante para o futuro da população, uma vez que a disparidade entre os sexos pode ocasionar problemas evolutivos (Fisher, 1930). Porém, devemos considerar as circunstâncias de atratividade ao método de coleta.

Variação dos atributos:

Através dos resultados da PCA, foi possível observar como os atributos se agruparam, sem considerar os ambientes, e foi verificada forte correlação entre a maioria deles nas três subfamílias. A falta da dominância de um traço específico no eixo 1, sugere que a variação funcional entre as espécies é orientada por uma combinação homogênea de características.

Por meio da Análise de Variância, percebeu-se que a subfamília em que os atributos diferiram significativamente entre os dois ambientes foi Rutelinae. Isso sugere que há plasticidade fenotípica na subfamília como reflexo às diferentes condições dos dois ambientes, ou seja, na floresta podem ter maior especificidade – por apresentar uma maior gama de recursos – enquanto na cana podem estar adaptados à homogeneidade do habitat.

Resultados semelhantes ocorreram em outros estudos que relacionam a mudança na paisagem à alteração nas características funcionais de artrópodes (Barragán et al., 2011; Duflot et al., 2014; Feitosa et al., 2024). Em contrapartida, Dynastinae e Melolonthinae não apresentaram variação dos atributos entre os ambientes com base nas evidências, contrariando a premissa usual de que a mudança na disponibilidade de recursos acarreta num filtro de características funcionais (Öckinger et al., 2010). Possivelmente seus atributos não são tão sensíveis quanto os de *Rutelinae* ao compararmos os dois ambientes de coleta.

Padrão corporal:

O padrão corporal predominante nas comunidades foi o de tamanho médio – com mais de 70% de representatividade para as três subfamílias – em monocultivo de cana, onde não ocorreram indivíduos grandes. Resultados semelhantes foram obtidos para a floresta, com a diferença de que os melolontíneos tiveram uma parcela considerável – mas que não ultrapassou a de médios – de indivíduos grandes, representados por besouros do gênero *Phyllophaga*. Hanson et al. (2016), evidenciam que comunidades de besouros que vivem onde o solo é muito perturbado, tendem a ter uma diminuição no tamanho corporal com relação a solos menos modificados – presentes, por exemplo, em ambientes com vegetação. Apesar da afirmação, nossos resultados são divergentes, pois a diferença encontrada para *Phyllophaga*

pode ter mais relação com a biologia do grupo (Salgado-Farias et al., 2023) do que com o tipo de ambiente.

CONCLUSÃO

Dessa forma, pode-se observar que pode haver variação na composição e abundância das comunidades nos ambientes; a razão sexual presente nas comunidades seguiu padrões semelhantes a outros estudos, considerando o método de captura; o padrão geral de variação funcional diferiu de forma significativa entre os ambientes em Rutelinae; e houve predominância de indivíduos médios em todas subfamílias independente do ambiente. Assim, podemos inferir, ainda que de forma parcial, que o tipo de ambiente pode modificar as características morfológicas funcionais dos besouros escarabeídeos fitófagos – comprometendo o desempenho das funções ecossistêmicas desses organismos. Encorajamos a realização de estudos que avaliem a alteração nas características morfológicas funcionais de besouros escarabeídeos fitófagos a longo prazo, a fim de detectar outras variáveis que possam estar modificando esses atributos.

REFERÊNCIAS

- Agrawal, A.A., (2000). Overcompensation of plants in response to herbivory and the by-product benefits of mutualism. *Trends in plant science*, **5**(7), pp.309-313. [Consultado em 28 de fevereiro de 2025]. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01679-4](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01679-4)
- Alves, M., Ponce, G. H. S. F., Silva, M. A. e Ensinas, A. V., (2015). Surplus electricity production in sugarcane mills using residual bagasse and straw as fuel. *Energy*. **91**, 751–757. [Consultado em 8 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1016/j.energy.2015.08.101
- Amat, G., Gasca, H. e Amat, E., (2005). Guía para la cría de Escarabajos. *Fundación Natura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*.
- Andreazze, R. e FONSECA, C. R. V., (1998). Dinastíneos (coleoptera, scarabaeoidea, melolonthidae) em uma área de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*. **28**(1), 59-59. [Consultado em: 23 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998281066>
- Arellano, L., Noriega, J. A., Ortega-Martínez, I. J., Rivera, J. D., Correa, C. M., Gómez-Cifuentes, A., Ramírez-Hernández, A. e Barragán, F., (2023). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing lands of the Neotropics: a review of patterns and research trends of taxonomic and functional diversity, and functions. *Frontiers in Ecology and Evolution*. **11**, 1084009. [Consultado em 12 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1084009>

- Arnold, P.A., Cassey, P. and White, C.R., (2017). Functional traits in red flour beetles: the dispersal phenotype is associated with leg length but not body size nor metabolic rate. *Functional Ecology*, **31**(3), pp.653-661. [Consultado em 25 de março de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12772>
- Barragán, F., Moreno, C. E., Escobar, F., Halffter, G. e Navarrete, D., (2011). Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *PloS one*. **6**(3), e17976. [Consultado em 07 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017976>
- Basset, Y., Blažek, P., Souto-Vilarós, D., Vargas, G., Ramírez Silva, J. A., Barrios, H., Perez, F., Bobadilla, R., Lopez, Y., Ctvrticka, R., Šípek, P., Solís, A., T. Segar, S. e Lamarre, G. P., (2023). Towards a functional classification of poorly known tropical insects: The case of rhinoceros beetles (Coleoptera, Dynastinae) in Panama, *Insect Conservation and Diversity*. **16**(1), 147-163. [Consultado em 23 de outubro de 2024] Disponível em: <https://doi.org/10.1111/icad.12613>
- Bernhardt, P. e Goldblatt, P., (2000). The diversity of pollination mechanisms in the Iridaceae of southern Africa, in: Wilson, K. L. e Morrison, D. A. (eds.), *Monocots: systematics and evolution*, CSIRO, Melbourne, 301-308.
- Bertossa, R. C., (2011). Morphology and behaviour: functional links in development and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. **366**(1574), 2056–2068. [Consultado em 9 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1098/rstb.2011.0035
- Bugoni, A., Hernández, M. I. M., e Lingnau, R., (2017). Diagnóstico de qualidade ambiental do Parque Estadual Vitório Piassa por meio do uso de besouros bioindicadores. *Biotemas*. **30**(3), 49-59. [Consultado em 26 de novembro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2017v30n3p49>
- Casari, S. A.; Biffi, G. e Ide, S., (2024). Coleoptera Linnaeus, 1758, in: Rafael, J. A. M., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. e Constantino, S. A. (eds.), *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. 2ª ed. Editora INPA. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464>
- Cepan (Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste), (2011). **Engenho Água Azul, Timbaúba, Pernambuco, Brasil**: Levantamento físico-biótico, Levantamento socioeconômico, Situação fundiária.
- Chambers, J. Q., Negron-Juarez, R. I., Marra, D. M., Di Vittorio, A., Tews, J., Roberts, D., Ribeiro, G. H. P. M., Trumbore, S. E. e Higuchi, N., (2013). The steady-state mosaic of disturbance and succession across an old-growth Central Amazon forest landscape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **110**(10), 3949–3954. [Consultado em 28 de fevereiro de 2025]. Disponível em: doi: 10.1073/pnas.1202894110
- Cherman M. A. e Vaz-de-Mello F. Z. (2024). Melolonthinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. [Consultado em 28 de dezembro de 2024] Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/125226>
- Cherman, M. A. e Morón, M. Á., (2014). Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: scarabaeoidea). *Acta zoológica mexicana*. **30**(1), 201-220. [Consultado em 22 de fevereiro de 2025].

- Chowdhury, S., Dubey, V. K., Choudhury, S., Das, A., Jeengar, D., Sujatha, B., Kumar, A., Kumar, N., Semwal, A. e Kumar, V., (2023). Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, **11**, 1146052. [Consultado em 25 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052>
- Cividanes, F. J., (1988). Ocorrência de *Plectris* sp.(Scarabaeidae: Melolonthinae) na cultura de cana-de-açúcar. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. **17**(1), 223-224. [Consultado em 12 de dezembro de 2024].
- Constantino, R., (2024). (Cap. 5) A importância dos insetos, in: Rafael, J. A. M., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. e Constantino, S. A. (eds.), *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. 2ª ed. Editora INPA. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c05>
- DeCastro-Arrazola, I., Andrew, N. R., Berg, M. P., Curtsdotter, A., Lumaret, J. P., Menéndez, R., Moretti, M., Nervo, B., Nichols, E. S., Sánchez Piñero, F., Santos, A. M. C., Sheldon, K. S, Slade, E. M. e Hortal, J., (2023). A trait-based framework for dung beetle functional ecology. *Journal of Animal Ecology*. **92**(1), 44-65. [Consultado em 16 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13829>
- Dietz, L., Seidel, M., Eberle, J., Misof, B., Pacheco, T. L., Podsiadlowski, L., Ranasinghe, S., Gunter, N. L., Niehuis, Mayer, C. e Ahrens, D., (2023). A transcriptome-based phylogeny of Scarabaeoidea confirms the sister group relationship of dung beetles and phytophagous pleurostict scarabs (Coleoptera). *Systematic Entomology*. **48**(4), 672-686. [Consultado em 19 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/syen.12602>
- Duarte P. R. M. e Grossi P. C. (2024). Dynastinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. [Consultado em 28 de dezembro de 2024] Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/145312>
- Duflot, R., Georges, R., Ernoult, A., Aviron, S. e Burel, F., (2014). Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits. *Acta Oecologica*. **56**, 19–26. [Consultado em 11 de agosto de 2024]. Disponível em: doi: 10.1016/j.actao.2014.01.004
- Eberle, J., Myburgh, R. e Ahrens, D. (2014). The evolution of morphospace in phytophagous scarab chafers: No competition-no divergence?. *PloS One*. **9**(5), e98536. [Consultado em 12 de dezembro de 2024] . Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098536>.
- Emlen, D. J., Hunt, J., e Simmons, L. W. (2005). Evolution of sexual dimorphism and male dimorphism in the expression of beetle horns: phylogenetic evidence for modularity, evolutionary lability, and constraint. *the american naturalist*, **166**(S4), S42-S68. [Consultado em 25 de março de 2025] . Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/444599>.
- Endrödi, S., (1985). *The Dynastinae of the world* (p. 800pp).
- Evans, A. V. (2014). *Beetles of Eastern North America*. Princeton University Press. [Consultado em 12 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/9781400851829>.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M. e Martin, J.-L., (2010). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*. **14**(2), 101–112. [Consultado em 12 de fevereiro de 2025]. Disponível em: doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x

- Feitosa, M. L. B., Correa, C., Souza, F. S. e Lira, A. F. D. A., (2024). Functional traits as an indicator of urbanization impact on the scorpion assemblage in Neotropical forest. *Canadian Journal of Zoology*. **103**, 1-7. [Consultado 15 de novembro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjz-2024-0037>
- Ferreira A.S. e Grossi P. C., (2024). Rutelinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. [Consultado em 28 de dezembro de 2024]. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/12F6897>
- Fisher, R.A., (1930). The genetical theory of natural selection, *Clarendon Press*, Oxford.
- Franco, A. L., Bartz, M. L., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E., Feigl, B. J., Wall, D. H., Davies, C. A., e Cerri, C. C., (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*. **563**, 160-168. [Consultado em 13 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.116>
- Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, (2021). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico, São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica
- Furtado, C., (1967). *Formação econômica do brasil*. 7ª ed. São Paulo: Editora Nacional.
- García-López, A., Micó, E., Numa, C. e Galante, E., (2010). Spatiotemporal variation of scarab beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae) in the premontane rain forest in Costa Rica: A question of scale. *Annals of the Entomological Society of America*. **103**(6), 956-964. [Consultado em 12 de dezembro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/AN10078>
- García-Atencia, S., Bonilla-Gómez, M. A., e Moreno, C. E. (2024). Ecosystem functions and functional traits for the study of phytophagous scarab beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecological Entomology*. **49**(4), 463-475. [Consultado em 21 de fevereiro de 2025]. Disponível: <https://doi.org/10.1111/een.13322>
- Garnier, E., Navas, M. L. e Grigulis, K., eds., (2016). *Plant functional diversity: organism traits, community structure, and ecosystem properties*. Oxford University Press. [Consultado em: 04 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198757368.001.0001>
- Giménez Gómez, V. C., Verdú, J. R., Casanoves, F., e Zurita, G. A., (2022). Functional responses to anthropogenic disturbance and the importance of selected traits: A study case using dung beetles. *Ecological Entomology*. **47**(4), 503-514. [Consultado em: 06 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.13135>
- Goczał, J. e Beutel, R. G., (2023). Beetle elytra: evolution, modifications and biological functions. *Biology Letters*. **19**(3), 20220559. [Consultado em 21 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0559>
- Goldblatt, P., Bernhardt, P. e Manning, J. C., (1998). Pollination of petaloid geophytes by monkey beetles (Scarabaeidae: Rutelinae: Hopliini) in southern Africa, *Annals of the Missouri Botanical Garden*. **85** (2), 215-230. [Consultado em: 12 de dezembro de 2025] Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2992006>
- Gomes, E. S., Ávila, C. J. e Cherman, M. A., (2021). Biological and morphological aspects of *Plectris aliena* (Coleoptera: Melolonthidae) in sugarcane in Brazil. *Papéis Avulsos de*

Zoologia. **61**, e20216113. [Consultado em 23 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.13>

Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P. e Barrera-Escorcía, H., (2008). Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, **14**(1), pp.51-63. [Consultado em 28 de fevereiro de 2025].

Griffiths, H. M., Louzada, J., Bardgett, R. D. e Barlow, J., (2016). Assessing the importance of intraspecific variability in dung beetle functional traits. *PloS one*. **11**(3), e0145598. [Consultado em 12 de outubro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145598>

Hanisch, M., Schweiger, O., Cord, A. F., Volk, M. e Knapp, S., (2020). Plant functional traits shape multiple ecosystem services, their trade-offs and synergies in grasslands. *Journal of Applied Ecology*. **57**(8), 1535–1550. [Consultado em 3 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/1365-2664.13644

Hanson, H. I., Palmu, E., Birkhofer, K., Smith, H. G. e Hedlund, K., (2016). Agricultural land use determines the trait composition of ground beetle communities. *PLoS One*. **11**(1), e0146329. [Consultado em 21 de dezembro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146329>

Hosler, S. C., Jones, H. P., Nelson, M., e Barber, N. A., (2021). Management actions shape dung beetle community structure and functional traits in restored tallgrass prairie. *Ecological Entomology*. **46**(2), 175-186. [Consultado em 5 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.12950>

Kelemen, E. P. e Rehan, S. M., (2020). Opposing pressures of climate and land-use change on a native bee. *Global Change Biology*. [Consultado em 6 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/gcb.15468

Machado, L. A., Habib, M., Leite, L. G., e Carregari, L. C. (2006). Aspectos biológicos e morfológicos de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863)(Coleoptera: Vesperidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, **73**(4), 447-454. [Consultado em 26 de março de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v73p4472006>

Maia, A. C. D. e Schlindwein, C., (2006). *Caladium bicolor* (Araceae) and *Cyclocephala celata* (Coleoptera, Dynastinae): a well-established pollination system in the northern Atlantic rainforest of Pernambuco, Brazil. *Plant Biology*. **8**(04), 529-534. [Consultado em 22 de fevereiro de 2025]. Disponível em: DOI: 10.1055/s-2006-924045

Marín-Armijos, D., Chamba-Carrillo, A. e Pedersen, K. M., (2023). Morphometric changes on dung beetle *Dichotomius problematicus* (Coleoptera: scarabaeidae: scarabaeinae) related to conversion of forest into grassland: A case of study in the Ecuadorian Amazonia. *Ecology and Evolution*. **13**(2). [Consultado em 6 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1002/ece3.9831

Martínez, L. C., Plata-Rueda, A., Zanuncio, J. C. e Serrao, J. E., (2013), *Leucothyreus femoratus* (Coleoptera: Scarabaeidae): Feeding and behavioral activities as an oil palm defoliator, *Florida Entomologist*. **96**(1), 55-63. [Consultado em 24 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.096.0107>

- Moore, M. R. e Jameson, M. L., (2013). Floral associations of cyclocephaline scarab beetles. *Journal of Insect Science*. **13**(1), 100. [Consultado em 23 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1673/031.013.10001>
- Moretti, M., Dias, A.T., De Bello, F., Altermatt, F., Chown, S.L., Azcárate, F.M., Bell, J.R., Fournier, B., Hedde, M., Hortal, J. and Ibanez, S., (2017). Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits. *Functional Ecology*, **31**(3), pp.558-567. [Consultado em 19 de outubro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/1365-2435.12776
- Micó, E., Ramilo, P., Thorn, S., Müller, J., Galante, E. and Carmona, C.P., (2020). Contrasting functional structure of saproxylic beetle assemblages associated to different microhabitats. *Scientific Reports*, **10**(1), p.1520. [Consultado em 25 de março de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58408-6>
- Noriega, J. A., Santos, A. M., Calatayud, J., Chozas, S. e Hortal, J., (2021). Short-and long-term temporal changes in the assemblage structure of Amazonian dung beetles. *Oecologia*. **195**(3), 719-736. [Consultado em 22 de setembro de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04831-5>
- Öckinger, E., Schweiger, O., Crist, T. O., Debinski, D. M., Krauss, J., Kuussaari, M., ... e Bommarco, R., (2010). Life-history traits predict species responses to habitat area and isolation: a cross-continental synthesis. *Ecology letters*. **13**(8), 969-979. [Consultado em 6 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01487.x>
- Pereira, A. F., Rodrigues, S. R. e Morón, M. A., (2013). Biological aspects of *Leucothyreus alvarengai* Frey and *Leucothyreus* aff. *semipruinosus* Ohaus (Coleoptera, Melolonthidae, Rutelinae) in crop succession at central Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **57**, 323-328. [Consultado em 19 de dezembro de 2024] Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000028>
- Pernambuco. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) (2014). **Proposta para criação de Unidade de Conservação na Mata de Água Azul**: Timbaúba, Vicência e Macaparana, Pernambuco.
- Puker, A., Correa, C. M. A., Silva, A. S, Silva, J. V. O., Korasaki, V. e 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. [Consultado em 07 de outubro de 2024] Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ens.12418>
- Pullin, A. S., Knight, T. M., Stone, D. A. e Charman, K., (2004). Do conservation managers use scientific evidence to support their decision-making? *Biological Conservation*. **119**(2), 245–252. [Consultado em 16 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1016/j.biocon.2003.11.007
- Raine, E. H., Gray, C. L., Mann, D. J. e Slade, E. M., (2018). Tropical dung beetle morphological traits predict functional traits and show intraspecific differences across land uses. *Ecology and Evolution*. **8**(17), 8686–8696. [Consultado em 17 de abril de 2024]. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.4218>
- Ratcliffe, B. C., Jameson, M. L. e Smith, A. B. T., (2002). Scarabaeidae Latreille 1802, in: Arnett, R. H., Thomas, M. C., Skelley, P. E. e Frank, J. H. (eds.), *American Beetles Volume ii:*

Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea, CRC Press, New York, United States of America pp. 39-81.

Riehs, P. J., (2006). Fenologia de algumas espécies do gênero *Cyclocephala* (Coleoptera, Scarabaeidae) do leste e centro-oeste do Paraná, Brasil. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*. **8**(2), 201-223. [Consultado em 23 de fevereiro de 2025].

Rodrigues, S. R. e Falco, J. D. S., (2011). Aspectos biológicos de *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850 (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). *Biota Neotropica*. **11**, 157-160. [Consultado em 22 de dezembro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100015>

Romero-López, A. A., Morón, M. A., Aragón, A. e Villalobos, F. J., (2010). La “gallina ciega”(Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un “ingeniero del suelo”. *Southwestern Entomologist*. **35**(3), 331-343. [Consultado em 22 de fevereiro de 2025]. Disponível: <https://doi.org/10.3958/059.035.0312>

Rudel, T. K., Defries, R., Asner, G. P. e Laurance, W. F., (2009). Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology*. **23**(6), 1396–1405. [Consultado em 28 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01332.x

Salgado-Farias, F., Rosete-Enríquez, M., Yanes-Gómez, G. e Romero-López, A. A., (2023). Review of adult Phyllophaga based on morphological and molecular taxonomy. *Southwestern Entomologist*. **48**(3), 593-604. [Consultado em 17 de janeiro de 2025].

Semie, T. K., Silalertruksa, T. e Gheewala, S. H., (2019). The impact of sugarcane production on biodiversity related to land use change in Ethiopia. *Global Ecology and Conservation*. **18**, número do artigo: e00650. [Consultado em 11 de outubro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00650

Shipley, B., De Bello, F., Cornelissen, J. H. C., Laliberté, E., Laughlin, D. C. e Reich, P. B., (2016). Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology. *Oecologia*. **180**(4), 923–931. [Consultado em 3 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1007/s00442-016-3549-x

Scholtz, C. H. (2000). Evolution of flightlessness in Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera). *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, **47**(1), 5-28. [Consultado em 27 de março de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/dez.200000003>

Souza, R. A., Telles, T. S., Machado, W., Hungria, M., Filho, J. T. e Guimarães, M. d. F., (2012). Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **155**, 1–6. [Consultado em 8 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1016/j.agee.2012.03.012

Stork, N. E., (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?. *Annual review of entomology*. **63**(2018), 31-45. [Consultado em 20 de fevereiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>

Stork, N.E. e Nakashizuka, T., (2002). Biodiversity research methods: IBOY in Western Pacific and Asia, *Trans Pacific Press*.

- Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P. e Peres, C. A., (2010). Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*. **143**(10), 2328–2340. [Consultado em 28 de fevereiro de 2025]. Disponível em: doi: 10.1016/j.biocon.2010.02.005
- Tabarelli, M., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., Hirota, M. M. e Bedê, L. C., (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, **1**(1), 132-138. [Consultado em 3 de outubro de 2024] Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260591848_Desafios_e_oportunidades_para_a_conservacao_da_biodiversidade_na_Mata_Atlantica_brasileira
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M. e Jeltsch, F., (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of biogeography*. **31**(1), 79-92. [Consultado em 06 de janeiro de 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van Der Putten, W. H., Birkhofer, K., ..., e Hedlund, K., (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global change biology*. **21**(2), 973-985. [Consultado em 10 de janeiro de 2025] <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. e Garnier, E., (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*. **116**(5), 882–892. [Consultado em 3 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x
- Xi, N., Adler, P. B., Chen, D., Wu, H., Catford, J. A., Bodegom, P. M., Bahn, M., Crawford, K. M. e Chu, C., (2021). Relationships between plant–soil feedbacks and functional traits. *Journal of Ecology*. **109**(9), 3411–3423. [Consultado em 3 de novembro de 2024]. Disponível em: doi: 10.1111/1365-2745.13731

APÊNDICES

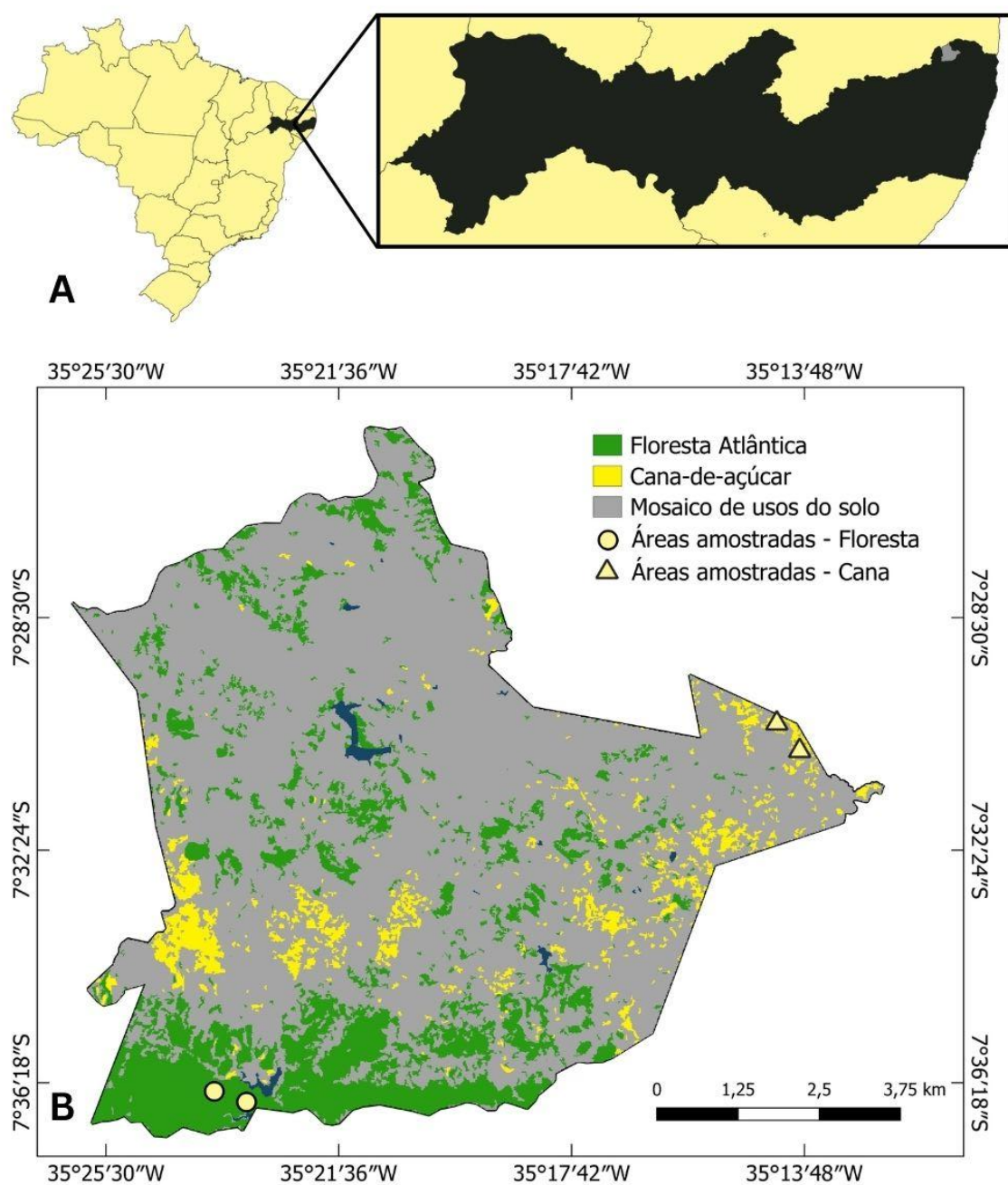


Figura 1. Localização das áreas amostradas. **A.** Mapa do Brasil com foco em Pernambuco. **B.** Município de Timbaúba, Pernambuco.

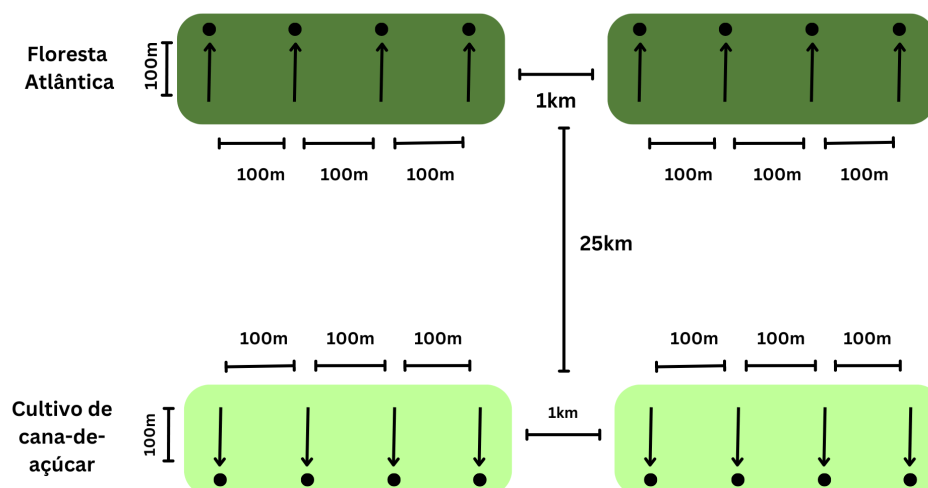


Figura 2. Desenho amostral. Vegetação (remanescente de Floresta Atlântica) em verde escuro. Cultivo de cana-de-açúcar) em verde claro. Pontos pretos - armadilhas.



Figura 3. Armadilhas *Pennsylvania* instaladas em área de cultivo de cana-de-açúcar (à esquerda) e de Floresta Atlântica (à direita) no município de Timbaúba, Pernambuco.

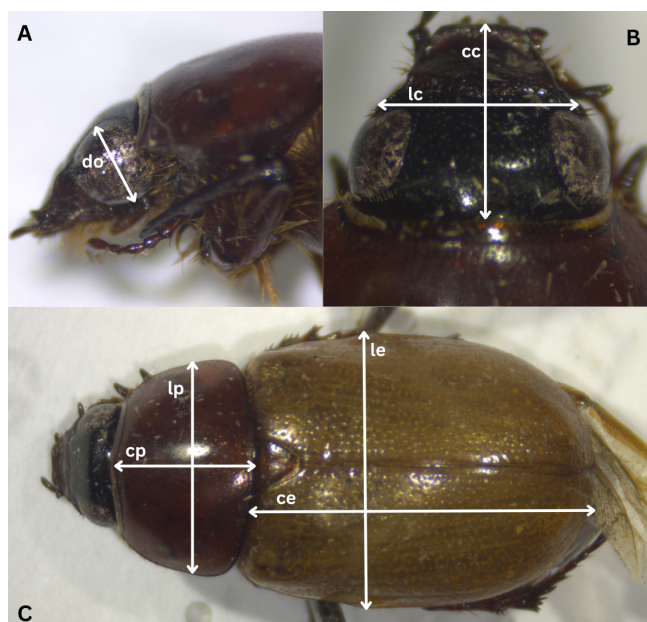


Figura 4. *Cyclocephala paraguayensis*. **A. Vista lateral.** Diâmetro do olho esquerdo (do); **B. Vista dorsal.** Comprimento da cabeça (cc) e largura da cabeça (lc); **C. Vista dorsal.** Comprimento do pronoto (cp) e largura do pronoto (lp), comprimento do élitro (ce) e largura do élitro (le).

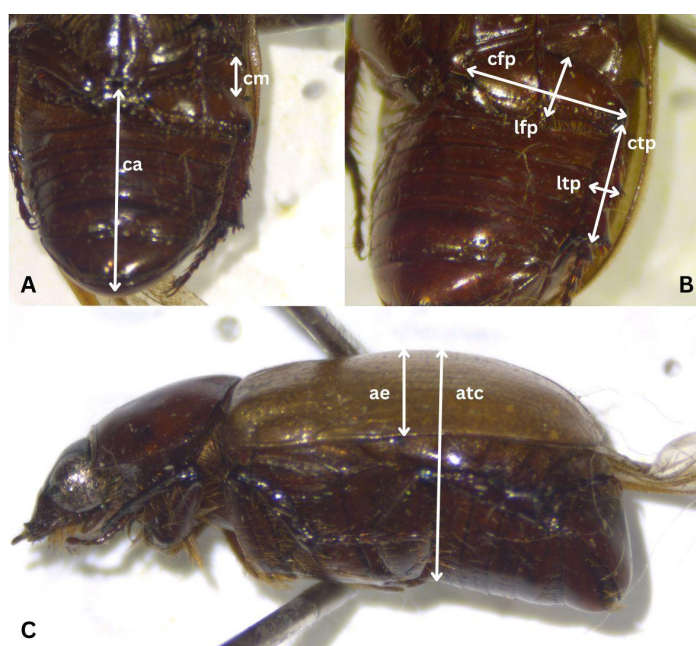


Figura 5. *Cyclocephala paraguayensis*. **A. Vista ventral:** Comprimento do abdome (ca); comprimento da metacoxa (cm); **B. Vista ventral:** Comprimento do fêmur posterior (cfp) e largura do fêmur posterior (lfp); comprimento da tíbia posterior (ctp) e largura da tíbia posterior (ltp); **C. Vista lateral** Altura do élitro e altura total do corpo (ae e atc).

Tabela 1. Abundância, riqueza observada e Frequência Relativa (FR) de besouros fitófagos escarabeídeos coletados em Floresta Atlântica e monocultivo de cana-de-açúcar, Timbaúba - PE.

Táxon	Ambientes			
Dynastinae	Floresta	Cana	Total	FR
<i>Cyclocephala ceareae</i>	1	0	1	0,40%
<i>Cyclocephala distincta</i>	0	1	1	0,40%
<i>Cyclocephala fulvipennis</i>	3	0	3	1,20%
<i>Cyclocephala meianderi</i>	4	0	4	1,59%
<i>Cyclocephala paraguayensis</i>	2	30	32	12,75%
<i>Euetheola</i> sp.	0	18	18	7,17%
<i>Ligyris cuniculus</i>	2	30	32	12,75%
Melolonthinae				
<i>Liogenys</i> sp.1	0	7	7	2,79%
<i>Liogenys</i> sp.2	0	7	7	2,79%
<i>Plectris</i> sp.1	30	0	30	11,95%
<i>Plectris</i> sp.2	23	3	26	10,36%
<i>Plectris</i> sp.3	2	0	2	0,80%
<i>Phyllophaga</i> sp.1	16	0	16	6,37%
<i>Phyllophaga</i> sp.2	2	0	2	0,80%
Rutelinae	Floresta	Cana		
<i>Anoplognathus</i> sp.	1	0	1	0,40%
<i>Calistethus</i> sp.	1	0	1	0,40%
<i>Geniates</i> aff. <i>borelli</i>	0	11	11	4,38%
<i>Leucothyreus femoratus</i>	1	30	31	12,35%
<i>Leucothyreus</i> sp.1	2	0	2	0,80%
<i>Leucothyreus</i> sp.2	1	0	1	0,40%
<i>Leucothyreus</i> sp.3	1	0	1	0,40%
<i>Lobogeniates</i> sp.1	1	4	5	1,99%
<i>Lobogeniates</i> sp.2	4	0	4	1,59%
<i>Paranomala</i> sp.	2	0	2	0,80%
<i>Pelidnota cuprea</i>	6	0	6	2,39%
<i>Pelidnota gracilis</i>	5	0	5	1,99%
Abundância	110	141	251	
Riqueza observada	21	10	31	

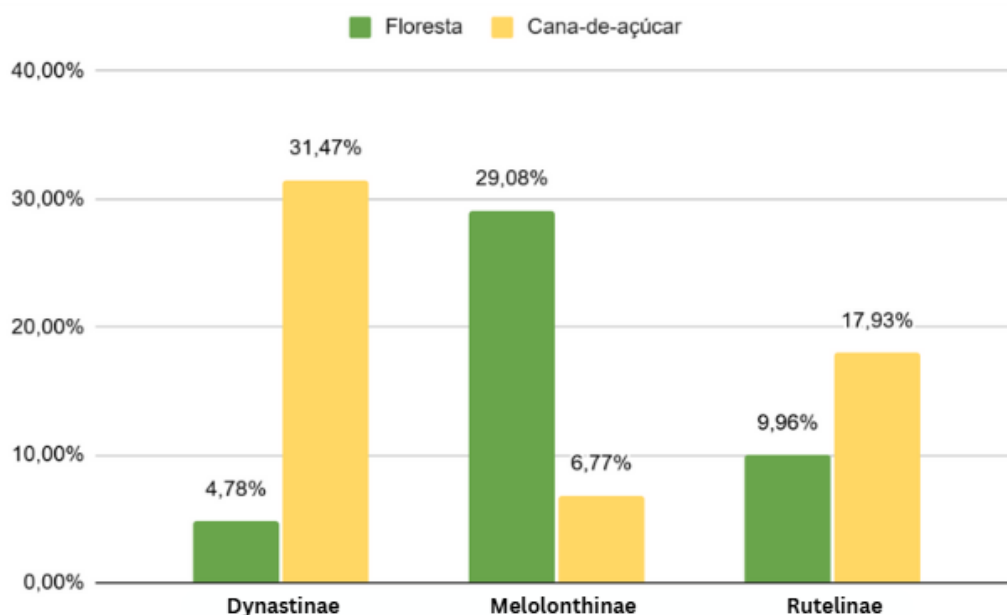


Figura 6. Distribuição das subfamílias de escarabeídeos fitófagos entre os ambientes de Floresta Atlântica (em verde) e monocultivo de cana-se-açúcar (em amarelo).

Tabela 2. Coeficientes das combinações lineares das variáveis que formam os componentes principais (*loadings*) em Dynastinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro. **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

	PC1	PC2	PC3	PC4
ct	0,2503129	-0,24995565	-0,01735011	0,369346982
et	0,2576343	0,06232375	-0,07264337	0,371450531
cc	0,250092	-0,25339019	0,02178433	-0,237667409
lc	0,2571878	-0,02937129	-0,41782685	-0,2016099
ca	0,2557956	-0,1009286	0,47208727	-0,544312111
cp	0,2578436	0,04887002	0,01437204	0,043535287
lp	0,25782	0,04149493	0,14868167	-0,195379624
ce	0,2464279	-0,30459434	-0,02069312	0,19551865
le	0,2562393	-0,1206296	-0,14258571	-0,178437555
ee	0,2545429	-0,16929394	0,086724	0,184866482
do	0,2536389	0,15436563	-0,56129893	-0,283127197
cfp	0,2571417	-0,06293051	0,32402191	0,006331943
lfp	0,2455045	0,31504604	0,13118227	0,264757432
ctp	0,2575109	0,05346223	-0,23866515	0,087830231
ltp	0,1722789	0,76146928	0,11240122	-0,047247833
cm	0,2568936	0,09244271	0,19763195	0,16626347

Tabela 3. Coeficientes das combinações lineares das variáveis que formam os componentes principais (*loadings*) em Melolonthinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro. **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

	PC1	PC2	PC3	PC4
ct	0,2582264	0,082257663	-0,22870436	0,15315756
et	0,2591842	-0,01263883	0,0255495	0,10102234
cc	0,2575961	-0,105357719	-0,07279757	-0,65017356
lc	0,2387413	-0,368583046	-0,22079277	-0,07085263
ca	0,2433869	0,325569336	0,28022547	0,23008799
cp	0,2575929	-0,105462281	-0,13375965	0,08696513
lp	0,2591952	-0,00914061	0,56226824	-0,42779576
ce	0,2558807	0,151136557	-0,28647497	-0,13732075
le	0,2589495	0,042202233	-0,19625037	-0,07058217
ee	0,2592066	-0,002287837	-0,30420084	0,29335282
do	0,259068	-0,031022716	-0,1514647	-0,03681353
cfp	0,2554451	0,160658693	0,12771189	-0,07755503
lfp	0,2591809	0,013513016	0,40872067	0,33596308
ctp	0,226737	0,458630173	0,03278845	0,05355825
ltp	0,180503	-0,679216932	0,24443309	0,24238208
cm	0,2583875	-0,075212807	-0,0134802	0,05766616

Tabela 4. Coeficientes das combinações lineares das variáveis que formam os componentes principais (*loadings*) em Rutelinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

	PC1	PC2	PC3	PC4
ct	-0,2621908	-0,0367690511	0,02107522	0,860509913
et	-0,2624322	0,0105707635	0,06125795	-0,169192041
cc	-0,195232	-0,5489067683	-0,12451208	-0,084467892
lc	-0,2611852	-0,0806605983	0,14381031	-0,011866044
ca	0,1856068	0,5806864353	0,0270929	0,101441313
cp	-0,254646	0,1988449395	-0,1333754	-0,141435551
lp	-0,260404	-0,1024617977	0,0458522	-0,180957853
ce	-0,2619842	0,0491155017	0,07028044	-0,166309237
le	-0,261931	0,0518214996	-0,19283802	0,200002732
ee	-0,2568307	-0,1691048087	0,08638255	0,153878967
do	-0,2614862	0,0704670406	0,16359506	0,002001304
cfp	-0,2596451	0,1198381779	0,21074833	0,002204744
lfp	0,2624539	0,0004417834	-0,32395232	0,189577026
ctp	-0,2244296	0,4257971192	0,07628533	0,018391699
ltp	0,2519117	-0,230442004	-0,07528857	0,155490947
cm	-0,2593087	0,12677215	-0,83758123	-0,093693217

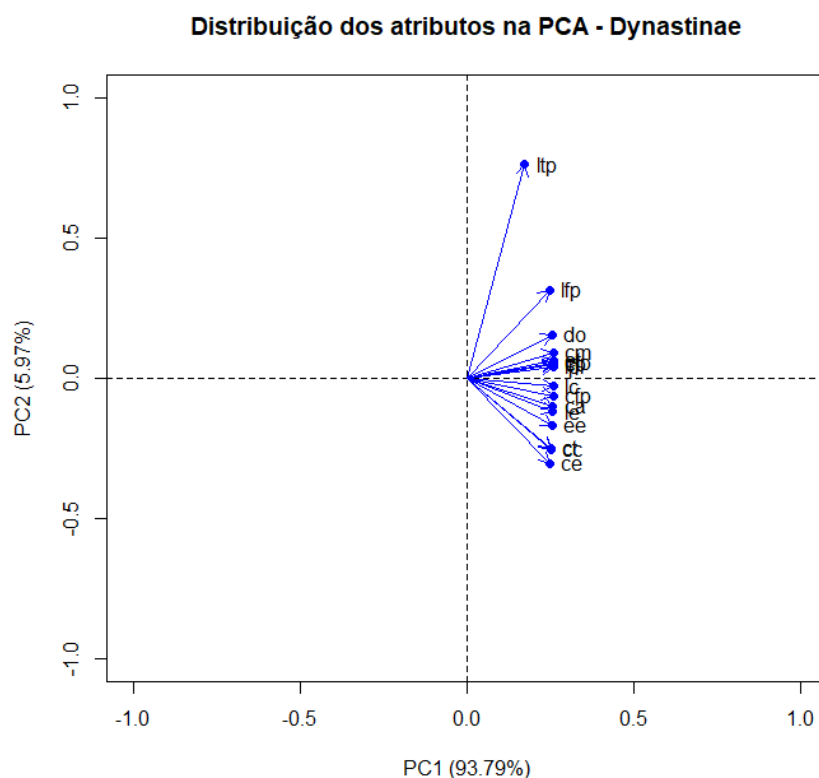


Figura 7. Representação da relação entre os atributos funcionais e os componentes principais PC1 e PC2 em Dynastinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro. **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

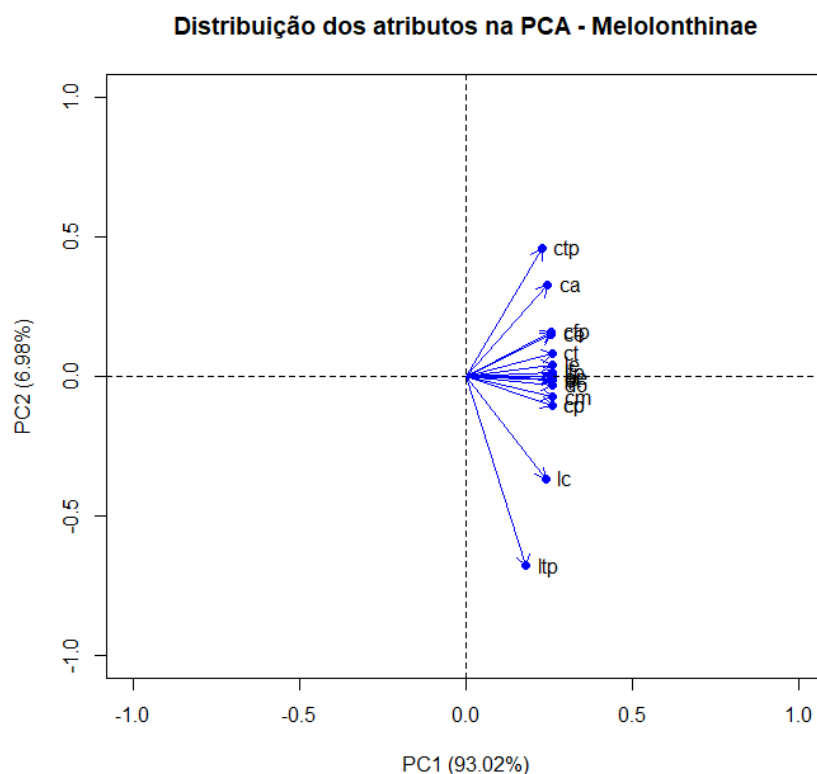


Figura 8. Representação da relação entre os atributos funcionais e os componentes principais PC1 e PC2 em Melolonthinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

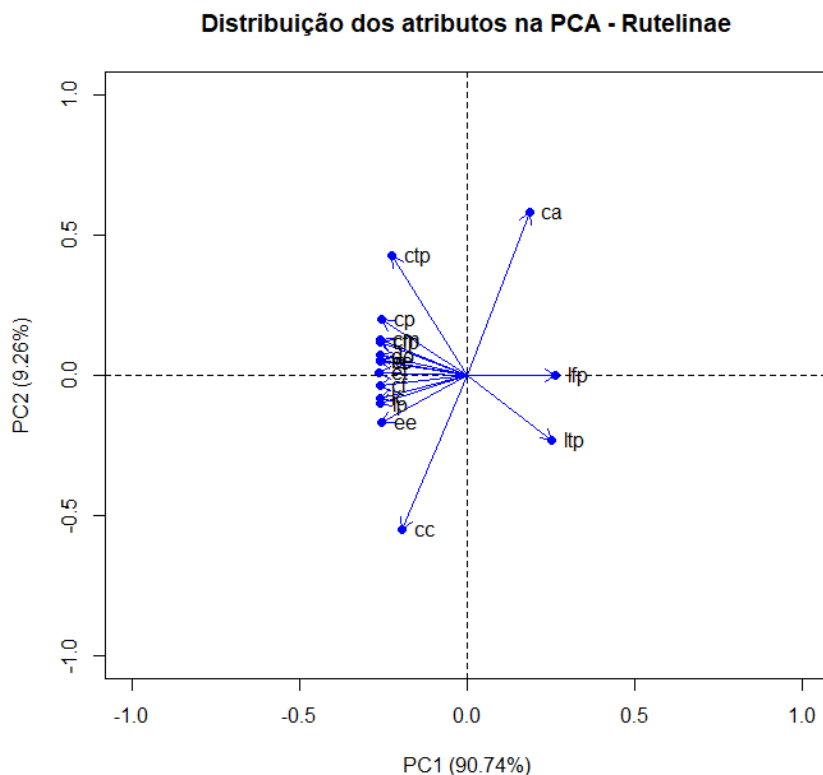


Figura 9. Representação da relação entre os atributos funcionais e os componentes principais PC1 e PC2 em Rutelinae: **ct.** comprimento total. **et.** espessura total. **cc.** comprimento da cabeça. **lc.** largura da cabeça. **ca.** comprimento do abdome. **cp.** comprimento do pronoto. **lp.** largura do pronoto. **ce.** comprimento do élitro. **le.** largura do élitro. **ee.** espessura do élitro. **do.** diâmetro do olho. **cfp.** comprimento do fêmur posterior. **lfp.** largura do fêmur posterior. **ctp.** comprimento da tíbia posterior. **ltp.** largura da tíbia posterior. **cm.** comprimento da metacoxa.

Tabela 5. Porcentagem da variação dos dados explicada por cada componente principal, em cada subfamília de besouros escarabeídeos fitófagos.

	PC1	PC2	PC3	PC4
Dynastinae	93,79%	5,97%	0,23%	0%
Melolonthinae	93,02%	6,98%	0%	0%
Rutelinae	90,74%	9,26%	0%	0%

Tabela 6. Distribuição de indivíduos de escarabeídeos fitófagos nos diferentes ambientes de acordo com o padrão corporal. P (pequeno). M (médio). G (grande).

		Cultivo de cana-de-açúcar	Floresta Atlântica	Total
Dynastinae	P	7	1	8
	M	72	11	83
	G	0	0	0
Total		79	12	91
Melolonthinae	P	3	0	3
	M	14	56	70
	G	0	17	17
Total		17	73	90
Rutelinae	P	7	5	12
	M	38	20	58
	G	0	0	0
Total		45	25	70

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo, investigou-se a influência do tipo de ambiente nos atributos morfológicos funcionais de besouros escarabeídeos fitófagos. Além disso, abundância, riqueza, padrão corporal e razão sexual desses organismos foram avaliados nos dois tipos de ambiente (cana-de-açúcar e Floresta Atlântica). Foi concluído que: pode haver diferença na riqueza e abundância das comunidades entre os ambientes; a razão sexual foi semelhante a outros achados com escarabeídeos fitófagos; o tipo de ambiente pode alterar características morfológicas funcionais desses besouros; e os indivíduos médios foram predominantes nas três subfamílias, independente do ambiente.