

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Vinicius Siqueira Frasson

Limites térmicos de espécies de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Floresta Ombrófila Mista relacionado a características morfológicas e comportamentais

Florianópolis

2024

Vinicius Siqueira Frasson

Limites térmicos de espécies de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Floresta Ombrófila Mista relacionado a características morfológicas e comportamentais

Trabalho de Conclusão do Curso submetido ao curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Malva Isabel Medina Hernández

Florianópolis

2024

Frasson, Vinicius Siqueira

Limites térmicos de espécies de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Floresta Ombrófila Mista relacionado a características morfológicas e comportamentais / Vinicius Siqueira Frasson ; orientadora, Malva Isabel Medina Hernández, 2024.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Ecologia. 3. Mata Atlântica.
4. Rola-bosta. 5. Sazonalidade. I. Hernández, Malva Isabel Medina. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Vinicius Siqueira Frasson

Limites térmicos de espécies de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Floresta Ombrófila Mista relacionado a características morfológicas e comportamentais

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas

Florianópolis, 10 de dezembro de 2024.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof^a. Dra. Malva Isabel Medina Hernández
Orientadora

Prof. Dr. Fabio Akashi Hernandes
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Maristela Carpintero Hensen
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo à minha família, meus pais, Patrícia e Vladimir, que sempre me apoiaram durante minha vida e me forneceram tudo que precisei para ser feliz, meus avós, Maria Helena, Antônio, Vilma e Vicente, que me incentivaram a seguir meus estudos, sonhos e aspirações, e meus tios e tia, Lucas, Santiago, Viviane e Valdinei, que independente da situação que me encontrassem, sempre estiveram de braços abertos para me receber.

Agradeço em especial a Nathalia, minha parceira, que sem sua presença e apoio eu não teria forças para terminar minha graduação, muito menos chegar onde estou hoje.

Agradeço também minha orientadora, Malva, e meus colegas de laboratório, Bernardo, Carol, Lais, Maria Clara, Maristela, Mirella, Pablo, Samanta e Talita, que me acolheram e participaram de grande parte do meu histórico acadêmico, e mais importante, me deram a oportunidade de conhecer pessoas incríveis e formar memórias das quais levarei comigo muito além da minha graduação.

Ademais, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina, os professores e servidores que se dispõem a sempre oferecer um ensino de alta qualidade, mesmo quando seus esforços não são reconhecidos. Finalmente, agradeço aos colegas e amigos que conheci nos últimos quatro anos, que moldaram minha forma de pensar e enxergar o mundo.

RESUMO

Os besouros da subfamília Scarabaeinae são importantes cicladores de nutrientes nos ecossistemas. A utilização de carcaças e dejetos para alimentação e nidificação, atrelado a seus comportamentos de alocação de matéria orgânica, auxiliam na dispersão de sementes, bioturbação e enriquecimento e aeração do solo. A temperatura ambiental influencia o desenvolvimento, regula a distribuição temporal e espacial e forma o nicho térmico desses insetos. Assim, ao longo do tempo evolutivo foram desenvolvidas diferentes adaptações fisiológicas e comportamentais entre as espécies. Esse trabalho vem analisar os limites térmicos e a distribuição sazonal de diversas espécies de besouros escarabeíneos da Serra de Santa Catarina, uma região subtropical de altitude, hipotetizando que: durante o inverno haverá menor abundância; espécies de comportamento rolador serão menos abundantes em baixas temperaturas em relação às outras estratégias de nidificação; espécies noturnas suportam menores temperaturas devido às suas adaptações. Com isso, os objetivos deste trabalho foram: (I) Relacionar a variação sazonal da abundância de diferentes espécies com a temperatura ambiental, e descrever os limites térmicos de cada espécie. (II) Relacionar os limites térmicos às adaptações das espécies, tais como tamanho, período de atividade e comportamento de nidificação. Assim, para descrição do nicho térmico e distribuição temporal e espacial das espécies, utilizou-se dados de escarabeíneos pertencentes à coleção científica Mitia Heusi Silveira do Centro de Ciências Biológicas da UFSC, advindos de 21 coletas trimestrais padronizadas, entre os anos de 2017 e 2024, no Parque Nacional de São Joaquim, em Urubici-SC, Brasil. Das 19 espécies coletadas, apenas nove delas tiveram abundância suficiente para fazer a análise de dados. Elas foram divididas em 5 grupos que englobam suas características morfológicas e comportamentais, sendo analisadas em relação à sazonalidade e temperatura média do solo e do ambiente. Das características estudadas, o tamanho corporal e o hábito diário foram as características que mais se relacionam com a variação da temperatura; o comportamento de nidificação não foi associado aos limites térmicos das espécies. Além disso, os besouros escarabeíneos foram afetados pelas baixas temperaturas da região e a sazonalidade possui alta influência sobre a abundância. O maior tamanho corporal restringe mais as espécies diurnas que as noturnas em relação à sazonalidade, sendo as grandes diurnas restritas aos períodos mais quentes do ano, as pequenas diurnas inativas apenas nos invernos e as grandes noturnas com atividade constante durante o ano. O hábito diário se mostrou relevante perante a amplitude térmica, com espécies noturnas possuindo as maiores amplitudes. Por fim, devido a sua história evolutiva, é provável que a espécie *Homocopris williami* possua reprodução contínua, já que os adultos se mantêm ativos mesmo nos períodos de baixas temperaturas. As espécies *Coprophanæus saphirinus* e *Dichotomius opalescens* devem ser univoltinas, pois possuem apenas um período reprodutivo no verão. Os dados deste trabalho aumentam os conhecimentos acerca da sazonalidade e nicho térmico das espécies de Floresta Ombrófila Mista da Serra de Santa Catarina, sendo relevante frente aos impactos do aquecimento global no fragmentado bioma Mata Atlântica.

Palavras-chave: Ecologia; Mata Atlântica; Rola-bosta; Sazonalidade; Temperatura.

ABSTRACT

Beetles from the Scarabaeinae subfamily are important nutrient cyclers in ecosystems. The use of carcasses and faeces for feeding and nesting, linked to their organic matter allocation behaviors, helps in seed dispersal, bioturbation and soil enrichment and aeration. Environmental temperature influences development, regulates temporal and spatial distribution and forms the thermal niche of these insects. Thus, over evolutionary time, different physiological and behavioral adaptations were developed among species. This work analyzes the thermal limits and seasonal distribution of several species of dung beetles from Santa Catarina mountains, a subtropical high-altitude region, hypothesizing that: during winter there will be less abundance; species with rolling behavior will be less abundant at low temperatures compared to other nesting strategies; nocturnal species support lower temperatures due to their adaptations. Therefore, the objectives of this work were: (I) Relate the seasonal variation in the abundance of different species with the environmental temperature, and describe the thermal limits of each species. (II) Relate the thermal limits to species adaptations, such as size, period of activity and nesting behavior. Thus, to describe the thermal niche and temporal and spatial distribution of the species, data from dung beetles belonging to the Mitia Heusi Silveira scientific collection of the Center for Biological Sciences at UFSC were used, coming from 21 standardized quarterly collections, between the years 2017 and 2024, in the São Joaquim National Park, in Urubici-SC, Brazil. Of the 19 species collected, only nine of them were abundant enough to perform data analysis. They were divided into 5 groups that encompass their morphological and behavioral characteristics, being analyzed in relation to seasonality and average temperature of the soil and environment. Of the characteristics studied, body size and daily habit were the characteristics most related to temperature variation; nesting behavior was not associated with the species' thermal limits. Furthermore, dung beetles were affected by the region's low temperatures and seasonality has a high influence on abundance. The larger body size limited the diurnal species more than the nocturnal ones in relation to seasonality, with the large diurnal species being restricted to the hottest periods of the year, the small diurnal species being inactive only in winter and the large nocturnal species having constant activity throughout the year. The daily habit proved to be relevant given the thermal amplitude, with nocturnal species having the largest amplitudes. Finally, due to its evolutionary history, it's probable that the species *Homocopris williami* reproduces continuously throughout the year, remaining active even during periods of low temperatures. The species *Coprophanæus saphirinus* and *Dichotomius opalescens* must be univoltine, as they only have one reproductive period in the summer. The data from this work increases knowledge about the seasonality and thermal niche of species from the Mixed Ombrophilous Forest of Santa Catarina mountains, being relevant in view of the impacts of global warming in the fragmented Atlantic Forest biome.

Keywords: Ecology; Atlantic Forest; Dung beetle; Seasonality; Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Armadilha de queda tipo “pitfall” com isca de atração utilizada nas coletas de campo.....	15
Figura 2 – Amplitude térmica das espécies de besouros escarabeíneos coletados no Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil, entre os anos de 2017 e 2024 em relação à temperatura média do solo.....	18
Figura 3 – Amplitude térmica das espécies de besouros escarabeíneos coletados no Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil, entre os anos de 2017 e 2024 em relação à temperatura média do ambiente.....	19
Figura 4 – <i>Canthidium</i> aff. <i>lucidum</i> pertencente ao grupo 1: pequeno tuneleiro diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	20
Figura 5 – <i>Onthophagus tristis</i> pertencente ao grupo 1: pequeno tuneleiro diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	21
Figura 6 – <i>Canthon</i> aff. <i>luctuosus</i> pertencente ao grupo 2: pequeno rolagador diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	22
Figura 7 – <i>Canthon angularis</i> pertencente ao grupo 2: pequeno rolagador diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	23
Figura 8 – <i>Canthon rutilans rutilans</i> pertencente ao grupo 2: pequeno rolagador diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	24
Figura 9 – <i>Coprophanaeus saphirinus</i> pertencente ao grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos, escala da barra lateral 0,5cm com o macho à esquerda e a fêmea à direita (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	25
Figura 10 – <i>Dichotomius opalescens</i> pertencente ao grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	26
Figura 11 – <i>Homocopris williami</i> pertencente ao grupo 4: Grandes tuneleiros noturnos, escala da barra lateral 0,5cm com o macho à esquerda e a fêmea à direita (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	27
Figura 12 – <i>Deltochilum brasiliense</i> pertencente ao Grupo 5: Grandes rolagadores diurnos/noturnos, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Besouros escarabeíneos de Floresta Ombrófila Mista do Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil. Abundância (R = Raro; I = Intermediário; C = Comum); Hábito diário (D = Diurno; N = Noturno; D/N = Diurno/Noturno); Nidificação (T = Tuneleiro; R = Rolador; Re = Residente); Tamanho (P = Pequeno; G = Grande).....	17
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.2 COLETAS DOS BESOUCOS ESCARABEÍNEOS.....	14
3.3 COLETAS DOS DADOS DE TEMPERATURA.....	16
3.4 VARIAÇÃO DA ABUNDÂNCIA E LIMITES TÉRMICOS.....	16
3.5 CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS E MORFOLÓGICAS.....	16
4 RESULTADOS.....	17
5 DISCUSSÃO.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Todos os insetos vivos são poiquilotérmicos, ou seja, variam sua temperatura corporal de acordo com a temperatura do ambiente. Assim, quando expostos a baixas temperaturas seu metabolismo pode diminuir drasticamente, afetando o desenvolvimento dos indivíduos, e ao mesmo tempo, quando expostos a temperaturas altas o metabolismo desses animais acelera, aumentando sua taxa de crescimento (Gullan; Cranston, 2008; Alcântara; Silva; Hernández, 2023). Embora o fator temperatura não possa ser unicamente utilizado como regra para determinação dos padrões de abundância e riqueza, já que também dependem de características ecológicas e biológicas específicas de cada espécie, é possível observar uma tendência entre os insetos a evitar condições ambientais e sazonais desfavoráveis (Hanski; Cambefort, 1991; Gullan; Cranston, 2008). Deste modo, a temperatura ambiental pode explicar parte das variações tanto da abundância quanto da riqueza de espécies, estando positivamente correlacionada com ambas em diferentes habitats (Hanski; Cambefort, 1991; Lobo *et al.*, 2019). Portanto, se confrontados com grandes períodos de secas e em estações mais frias do ano, condições consideradas subótimas, algumas espécies de insetos podem entrar em um estado de diapausa como forma de conservação de energia, aumentando sua chance de sobrevivência até às variáveis ambientais se normalizarem (Hanski; Cambefort, 1991; Gullan; Cranston, 2008; Lobo *et al.*, 2019).

O conjunto de variáveis ambientais necessárias para a sobrevivência de uma espécie caracterizam seu nicho ecológico (Whittaker; Levin; Root, 1973). O nicho inclui então uma diversa gama de fatores abióticos, como a temperatura, precipitação e radiação solar, que definem o nicho Grinneliano de uma espécie e conseqüentemente sua distribuição e áreas em que consegue sobreviver (Grinnell, 1917). O nicho térmico descreve uma das variáveis do nicho, relacionada aos limites de temperatura que vão inibir a distribuição temporal e espacial de uma espécie, estando ligado aos limites fisiológicos próprios da espécie e à temperatura corporal do indivíduo, relacionada por sua vez com o tamanho do corpo (Verdú *et al.*, 2007; Verdú; Lobo, 2008). A área superficial do corpo de um inseto pode ser um dos principais fatores que afetam as variações das respostas ecológicas e fisiológicas dos mesmos (Kühnel *et al.*, 2017). Ela muda de acordo com o tamanho corporal, e como a superfície representa o meio de contato do indivíduo com o ambiente, seja pela perda d'água, termorregulação, respiração, ou infecções, insetos com corpos maiores podem ter uma vantagem em termos de redução da taxa de perda d'água, enquanto que comparativamente insetos pequenos com grandes áreas superficiais possuem taxas de perda maiores. Isto é devido ao fato de que a área

superficial não aumenta proporcionalmente com a massa corporal e volume, pois quanto maior a área superficial, maior será sua exposição ao meio externo (Alcântara; Silva; Hernández, 2023; Kühnel *et al.*, 2017). A relação entre superfície e área, mediada pelo tamanho do inseto, propõe então que indivíduos maiores possuem uma relação entre superfície e área menores que indivíduos pequenos. Insetos com relações menores de superfície-área perdem menos água, e então possuem melhor capacidade de reter calor.

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são amplamente distribuídos ao redor do mundo, possuindo maior abundância e riqueza de espécies nas regiões tropicais (Halffter; Edmonds, 1982; Nichols *et al.*, 2008). No Brasil, a fauna de besouros rola-bostas possui 936 espécies com 58 subespécies descritas, pertencentes à 112 gêneros, sendo grande parte delas associada a remanescentes florestais, mas também ocorrendo em outros ambientes como pastagens, cerrados, e caatinga (Vaz-de-Mello; Gama; Bordin, 2024). Os besouros rola-bostas possuem funções significativas para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas em que residem, já que são responsáveis pela ciclagem de matéria orgânica em decomposição nos ecossistemas, utilizando principalmente carcaças e fezes para alimentação, como para depósito em ninhos e reservatórios de alimento para adultos e larvas (Halffter; Edmonds, 1982; Huerta *et al.*, 2023). Dependendo do comportamento de alocação do recurso alimentar para criação de ninhos durante o período reprodutivo, existem três classificações quanto às estratégias de nidificação desenvolvidas pelos escarabeíneos, todas referentes a utilização e alocação do recurso orgânico: paracoprídeos, telecoprídeos e endocoprídeos. Besouros paracoprídeos (tuneleiros) retiram parte do recurso e o realocam em câmaras verticais abaixo do local de deposição; telecoprídeos (roladores) transportam o recurso a determinadas distâncias horizontais do local de deposição para depois enterrar sob a superfície do solo; e endocoprídeos (residentes) não realizam transporte do recurso, estes nidificam no próprio substrato (Halffter; Edmonds, 1982; Huerta *et al.*, 2023; Nichols *et al.*, 2008). Além de atuarem na ciclagem de nutrientes e alocação da matéria orgânica, esses besouros também são utilizados como bioindicadores de qualidade de habitat devido à rápida resposta em abundância e riqueza quando há modificação e degradação advindos de interferência humana (Hernández *et al.*, 2019; Nichols *et al.*, 2008). Além disso, eles desempenham vários processos ecossistêmicos, como a dispersão secundária de sementes e estímulo de crescimento vegetal, regulação trófica, supressão de parasitas, e a aeração, hidratação, enriquecimento, e regulação físico-química do solo pelo processo de bioturbação e alocação de matéria orgânica (Nichols *et al.*, 2008).

As oscilações diárias de temperatura em conjunto com fatores evolutivos ditam os principais picos de atividade dos besouros escarabeíneos, existindo espécies com maior atividade noturna, diurna, espécies de períodos crepusculares e espécies ativas tanto no período diurno quanto noturno (Hernández *et al.*, 2019). Sendo assim, estes animais passaram por adaptações morfológicas e comportamentais para sobreviverem. Entre estas destacam-se uma coloração escura e tamanho corporal aumentado em besouros noturnos, e uma diversa gama de cores e corpos menores em diurnos, ambos facilitando a maior aptidão em captar e aproveitar a radiação térmica em seus respectivos horários de atividade (Hernández, 2002). Assim, a cor do exoesqueleto estaria não só relacionada a comunicação intra-específica e reprodução, mas também com a termorregulação, uma vez que as cores têm diferentes propriedades, podendo refletir, dispersar e desviar a luz diferencialmente dependendo do seu comprimento de onda (Amore *et al.*, 2017; Davis *et al.*, 2008). O tamanho corporal representa a área de contato total exposta ao ambiente, além da força exercida pela musculatura utilizada para voar e rolar, que atua diretamente na manutenção de uma temperatura torácica constante (Scholtz; Davis; Kryger, 2009).

Assim, o intuito deste trabalho é analisar os limites térmicos e a distribuição temporal de diversas espécies de besouros escarabeíneos na Serra Catarinense, uma região subtropical de altitude. Com base nas temperaturas registradas de ocorrência das espécies iremos relacionar sua abundância e limites térmicos a características morfológicas e comportamentais. As hipóteses são que: durante o inverno ocorre uma menor abundância desses insetos por razão de serem organismos pecilotérmicos; telecoprídeos serão menos abundantes em temperaturas menores em relação às outras estratégias de nidificação, devido ao maior gasto energético em ambiente externo; espécies de tamanho grande suportam temperaturas menores devido à sua proporção menor de contato com o ambiente (relação superfície/volume menor) já que não perdem tanto calor em comparação aos menores em tamanho; espécies noturnas, que geralmente possuem uma coloração mais escura, suportam temperaturas menores devido à absorção de calor.

2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever os limites de temperatura ambiental de adultos de besouros escarabeíneos em atividade na Floresta Ombrófila Mista da Serra Catarinense e relacionar os ótimos de temperatura de diferentes espécies com características morfológicas e comportamentais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I. Descrever a variação sazonal da abundância de diferentes espécies e relacionar com a temperatura ambiental, tanto do ar como do solo, para descrever os limites térmicos de cada espécie;

II. Relacionar os limites térmicos das espécies às adaptações desenvolvidas, tais como tamanho, cor, período de atividade e comportamento de nidificação das diferentes espécies.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As coletas foram realizadas no Parque Nacional de São Joaquim, no estado de Santa Catarina, Brasil (28° 8' S, 49° 28' W), que apresenta uma formação vegetal de Floresta Ombrófila Mista. Esta é caracterizada pela presença de *Araucaria angustifolia* e uma complexa vegetação que envolve lianas e epífitas associadas às árvores lenhosas, integrando um ambiente com estruturas heterogêneas e microclimas (Wrege *et al.*, 2017). A área de estudo é localizada na região climática subtropical Cfb e se encontra a 1300 m de altitude, sendo um local subtropical úmido, com chuva uniforme em todo o ano, verões mais frios e invernos com congelamento superficial da vegetação (Urubici, 2024; Wrege *et al.*, 2017).

3.2 COLETAS DOS BESOUROS ESCARABEÍNEOS

Os dados provêm de saídas de campo trimestrais entre os anos de 2017 e 2024. Ao longo destes 7 anos foram realizadas 21 coletas, já que durante o período pandêmico o acesso ao Parque estava restrito, assim deixando lacunas entre o outono de 2020 e a primavera de 2021. Nas coletas, 10 armadilhas de queda do tipo “*pitfall*” com isca de atração (Figura 1) foram utilizadas para a captura dos insetos, 5 com iscas de carne em decomposição para besouros necrófagos e 5 com fezes para besouros coprófagos. As armadilhas consistem de um pote de 15 cm de diâmetro por 20 cm de profundidade enterrados a nível do solo. O pote é coberto com uma tampa plástica suportada por palitos de madeira, servindo tanto para segurar a isca quanto para proteger contra a chuva. Ademais, dentro do pote são colocados 200 ml de uma solução de água e detergente, que impede o escape dos insetos. Essas armadilhas foram então dispostas em pares, uma com isca de carne e outra com fezes, e colocadas em linha reta a cada 100 m de distância na área de estudo.

Figura 1 – Armadilha de queda tipo “*pitfall*” com isca de atração utilizada nas coletas de campo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Após um período de exposição de 48 horas, os insetos nas armadilhas foram coletados e armazenados em álcool 90% e levados para o laboratório, onde são separados, triados utilizando alfinetes entomológicos e levados à estufa a uma temperatura de 50°C por 3 dias. Depois de secos, eles são classificados por espécie e armazenados na Coleção Entomológica Mítia Heusi Silveira (CE-MHS) do Centro de Ciências Biológicas da UFSC. A partir da coleta de janeiro de 2023, as armadilhas foram preenchidas apenas com água e os

espécimes de fácil identificação até espécie foram liberados no mesmo local de coleta após conferir a espécie e características morfológicas como cor e sexo.

3.3 COLETAS DOS DADOS DE TEMPERATURA

Na área de coleta foram implantados 2 *dataloggers*, o primeiro enterrado a 5 cm abaixo da superfície para medir a temperatura do solo e o segundo preso em uma árvore a 1 m de altura para medir a temperatura do ar. Ambos registraram a temperatura em intervalos de 1 hora durante todo o período da amostragem.

3.4 VARIAÇÃO DA ABUNDÂNCIA E LIMITES TÉRMICOS

Para determinação da variação na abundância das espécies provenientes da área de estudo foi contabilizado o número de indivíduos de cada espécie ao longo das coletas. De cada espécie se calculou a frequência relativa, tomando como máximo o valor de maior abundância. Para descrever as temperaturas em que os insetos se encontravam somente foram utilizadas as temperaturas dos períodos de coleta, em que as armadilhas estavam ativas. Utilizando as temperaturas do ar e do solo durante as coletas obtidas pelos *dataloggers*, foram determinados os limites térmicos em que se encontram os adultos em atividade de cada espécie. As maiores abundâncias foram interpretadas como os ótimos térmicos da espécie.

3.5 CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTAIS E MORFOLÓGICAS

As espécies foram classificadas de acordo com sua abundância relativa em raras, intermediárias e comuns, foram consideradas raras as que apresentaram abundância inferior a 1%, intermediárias entre 1% e 10% e comuns superior a 10%. Além disso, foram classificadas de acordo com seu comportamento e morfologia, que inclui períodos de atividade (diurno e noturno), tipo de nidificação (tuneleiro, rolador, residente) e tamanho corporal (pequenos e grandes). Para o tamanho das espécies, as pequenas apresentam tamanho total inferior a 1 cm de comprimento e as grandes superior a 1 cm. Todas as características das espécies foram retiradas de literatura especializada (Hernández *et al.*, 2019; Sarmiento-Garcés; Hernández, 2021; Silva; Lobo; Hernández, 2019).

4 RESULTADOS

Nas 21 coletas realizadas no Parque Nacional de São Joaquim ao longo dos 7 anos, foram coletados um total de 1530 besouros escarabeíneos, compreendendo 19 espécies pertencentes a 6 tribos e 10 gêneros (Tabela 1).

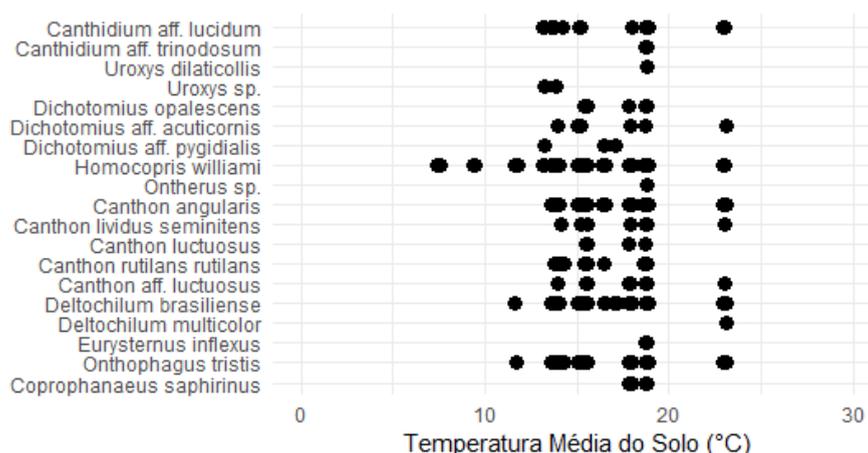
Tabela 1 – Besouros escarabeíneos de Floresta Ombrófila Mista do Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil. Abundância (R = Raro; I = Intermediário; C = Comum); Hábito diário (D = Diurno; N = Noturno; D/N = Diurno/Noturno); Nidificação (T = Tuneleiro; R = Rolador; Re = Residente); Tamanho (P = Pequeno; G = Grande).

Tribo	Espécies	Abundância	Hábito diário	Nidificação	Tamanho
Ateuchini	<i>Canthidium</i> aff. <i>lucidum</i>	19 – I	D	T	P
Ateuchini	<i>Canthidium</i> aff. <i>trinodosum</i>	4 – R	D	T	P
Ateuchini	<i>Uroxys dilaticollis</i>	1 – R	N	T	P
Ateuchini	<i>Uroxys</i> sp.	2 – R	-	T	P
Coprini	<i>Dichotomius opalescens</i>	68 – I	D	T	G
Coprini	<i>Dichotomius</i> aff. <i>acuticornis</i>	14 – R	D/N	T	G
Coprini	<i>Dichotomius</i> aff. <i>pygidialis</i>	4 – R	N	T	G
Coprini	<i>Homocopris williami</i>	251 – C	N	T	G
Coprini	<i>Ontherus</i> sp.	1 – R	-	T	G
Deltochilini	<i>Canthon angularis</i>	557 – C	D	R	P
Deltochilini	<i>Canthon lividus seminitens</i>	10 – R	D	R	P
Deltochilini	<i>Canthon luctuosus</i>	5 – R	D/N	R	P
Deltochilini	<i>Canthon rutilans rutilans</i>	33 – I	D	R	P
Deltochilini	<i>Canthon</i> aff. <i>luctuosus</i>	17 – I	D	R	P
Deltochilini	<i>Deltochilum brasiliense</i>	90 – I	D/N	R	G
Deltochilini	<i>Deltochilum multicolor</i>	1 – R	D/N	R	G
Eurysternini	<i>Eurysternus inflexus</i>	2 – R	D	Re	G
Onthophagini	<i>Onthophagus tristis</i>	426 – C	D	T	P
Phanaeini	<i>Coprophanæus saphirinus</i>	25 – I	D	T	G

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Durante todo o período de amostragem as temperaturas médias do solo variaram entre o mínimo de 6,3 °C (Inverno de 2019) e o máximo de 23,0 °C (Verão de 2020). Foi possível observar que somente se encontram adultos das espécies *Homocopris williami*, *Deltochilum brasiliense*, e *Onthophagus tristis* a temperaturas menores de 12 °C. Em temperaturas acima de 20 °C foram coletados adultos de *Canthidium* aff. *lucidum*, *Dichotomius* aff. *acuticornis*, *Homocopris williami*, *Canthon angularis*, *Canthon lividus seminitens*, *Canthon* aff. *luctuosus*, *Deltochilum brasiliense*, *Deltochilum multicolor* e *Onthophagus tristis*. Entre temperaturas de 13 a 19 °C todas as espécies foram encontradas, à exceção de *Deltochilum multicolor* que somente foi encontrado um único indivíduo a 23 °C (Figura 2).

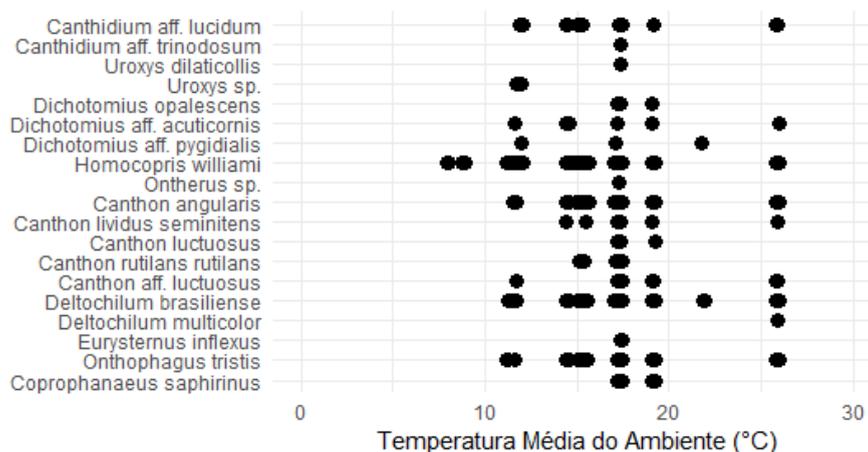
Figura 2 – Amplitude térmica das espécies de besouros escarabeíneos coletados no Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil, entre os anos de 2017 e 2024 em relação à temperatura média do solo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Este padrão é semelhante quando observamos a amplitude térmica das espécies relacionadas à temperatura média do ar (Figura 3). Como esperado pelo efeito tampão que o solo tem, a amplitude das temperaturas médias do ar foram maiores, variando entre o mínimo de 0,6 °C (Inverno de 2019) e o máximo de 25,9 °C (Verão de 2020). Somente adultos da espécie *Homocopris williami* tiveram atividade em temperaturas menores que 10 °C, e adultos das espécies *Canthidium* aff. *lucidum*, *Uroxys* sp., *Dichotomius* aff. *acuticornis*, *Dichotomius* aff. *pygidialis*, *Homocopris williami*, *Canthon angularis*, *Canthon* aff. *luctuosus*, *Deltochilum brasiliense* e *Onthophagus tristis* tiveram atividade em temperaturas do ar próximas a 12 °C. A amplitude comum de temperatura da maioria das espécies foi entre 13 e 19 °C, com exceção de *Deltochilum multicolor*, que foi coletado apenas um indivíduo.

Figura 3 – Amplitude térmica das espécies de besouros escarabeíneos coletados no Parque Nacional São Joaquim, Urubici-SC, Brasil, entre os anos de 2017 e 2024 em relação à temperatura média do ambiente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para descrever os limites de temperatura das espécies foram incluídas as nove espécies que foram consideradas comuns (mais de 150 espécimes) e intermediárias (mais de 15 espécimes). As espécies categorizadas como comuns foram: *Canthon angularis* (36,4%), *Onthophagus tristis* (27,8%) e *Homocopris williami* (16,4%), enquanto as intermediárias foram: *Deltochilum brasiliense* (5,9%), *Dichotomius opalescens* (4,4%), *Canthon rutilans rutilans* (2,2%), *Coprophanaeus saphirinus* (1,6%), *Canthidium aff. lucidum* (1,2%) e *Canthon aff. luctuosus* (1,1%).

Para observar os ciclos sazonais da abundância ao longo do tempo, assim como a relação da frequência com a temperatura, as nove espécies foram agrupadas de acordo com a sua classificação baseada em características morfológicas e comportamentais. Assim, as nove espécies foram classificadas em cinco grupos funcionais: Grupo 1: Pequenos tuneleiros diurnos, Grupo 2: Pequenos rolares diurnos, Grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos, Grupo 4: Grandes tuneleiros noturnos e Grupo 5: Grandes rolares diurnos/noturnos.

Grupo 1: Pequenos tuneleiros diurnos. As duas espécies que compõem esse grupo, *Canthidium aff. lucidum* (Figura 4) e *Onthophagus tristis* (Figura 5) possuem maiores abundâncias entre 12 e 18 °C, com amplitudes térmicas entre 12 °C e 23 °C, a máxima temperatura média registrada. Ambas as espécies estão ativas durante as estações da primavera, verão e outono, sendo que ambas possuem pouca atividade no outono.

Grupo 2: Pequenos rolares diurnos. Esse grupo é composto pelas espécies *Canthon aff. luctuosus* (Figura 6), *Canthon angularis* (Figura 7) e *Canthon rutilans rutilans* (Figura 8).

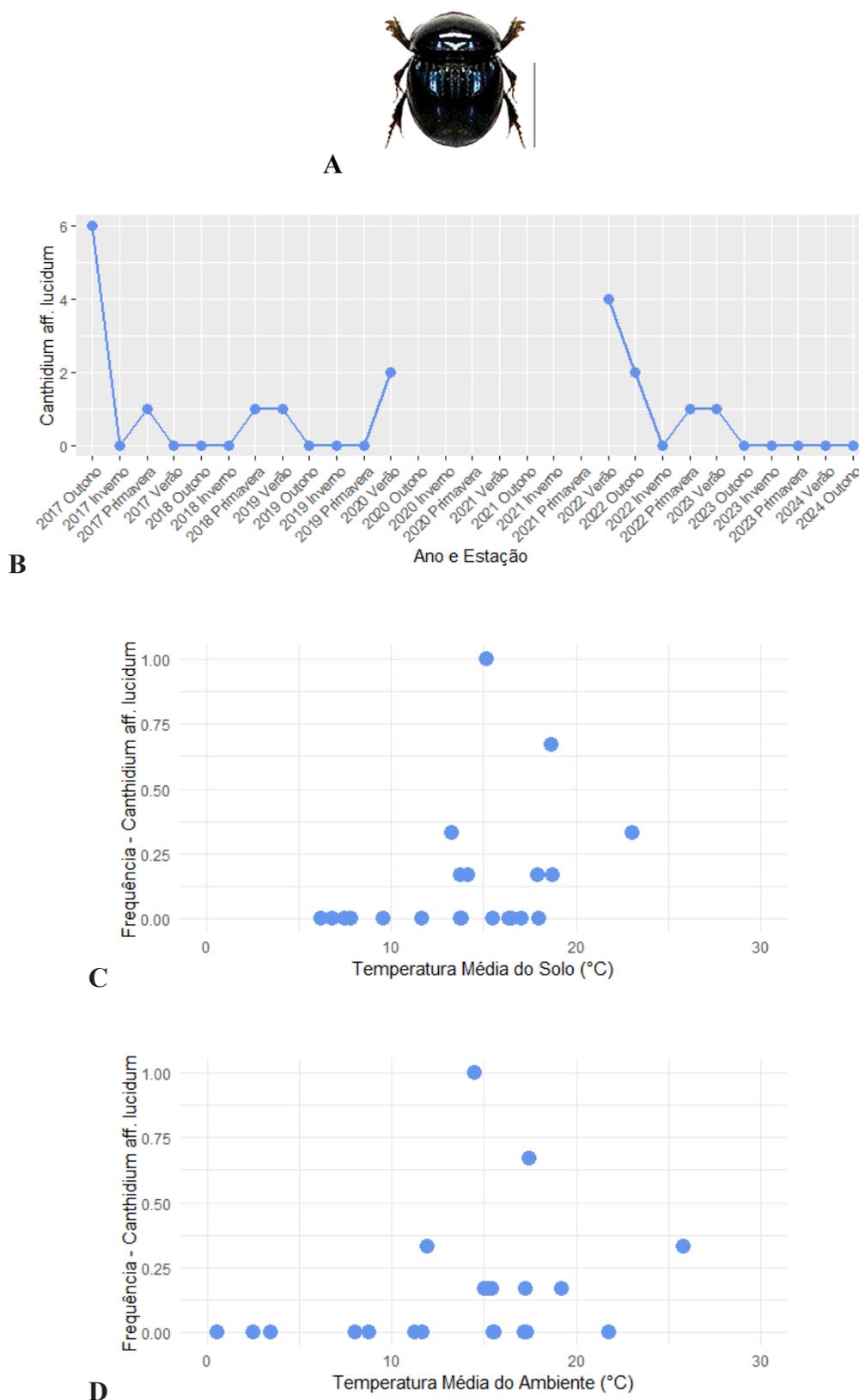
Todos estão em atividade com maior abundância entre 14 e 19 °C, sendo que *Canthon* aff. *luctuosus* e *Canthon angularis* mantêm-se ativos acima de 20 °C. *Canthon* aff. *luctuosus* é quase restrito ao verão, tendo rara ocorrência no outono. *Canthon rutilans rutilans* e *Canthon angularis* possuem atividade na primavera e verão, com maior ocorrência no verão, sendo que *Canthon angularis* pode ocorrer no outono também.

Grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos. Engloba *Coprophanaeus saphirinus* (Figura 9) e *Dichotomius opalescens* (Figura 10). Ambas espécies têm uma amplitude térmica de 16 a 19 °C e são exclusivamente encontradas durante o verão.

Grupo 4: Grandes tuneleiros noturnos. Inclui somente a espécie *Homocopris williami* (Figura 11), a qual é encontrada desde 7 °C até temperaturas maiores de 20 °C. Sua abundância não se encontra fortemente ligada à temperatura, não possuindo um padrão sazonal tão expressivo quanto as outras espécies, apresentando atividade tanto em períodos quentes e frios, quanto durante o inverno.

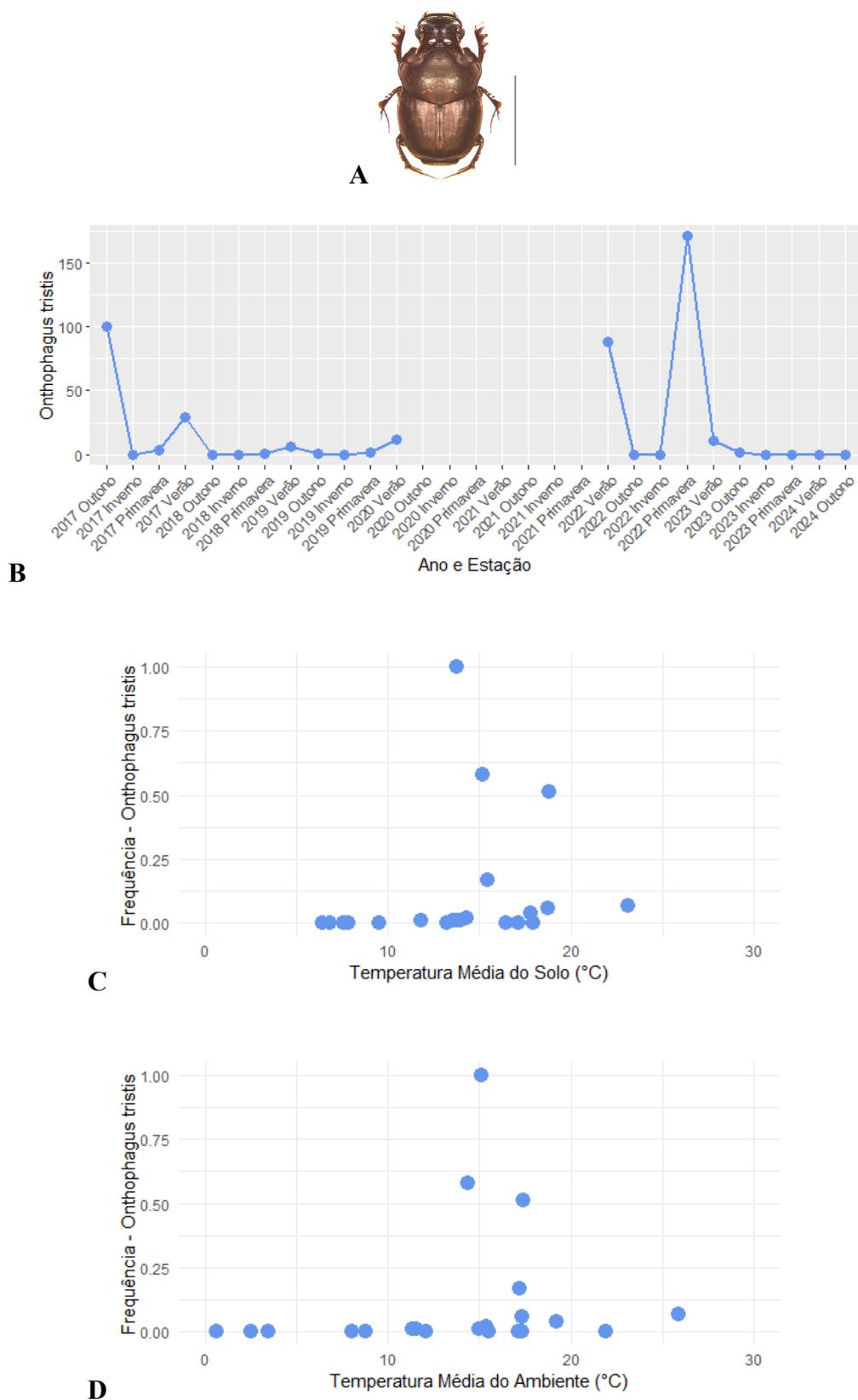
Grupo 5: Grandes roladores diurnos/noturnos. A única espécie *Deltochilum brasiliense* (Figura 12) mantém sua atividade entre 14 e 23 °C. A espécie possui uma nítida relação positiva entre temperatura e abundância e foi encontrada regularmente na maioria das coletas da primavera, verão e outono, sem ocorrências no inverno.

Figura 4 – *Canthidium* aff. *lucidum* pertencente ao grupo 1: pequeno tuneleiro diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



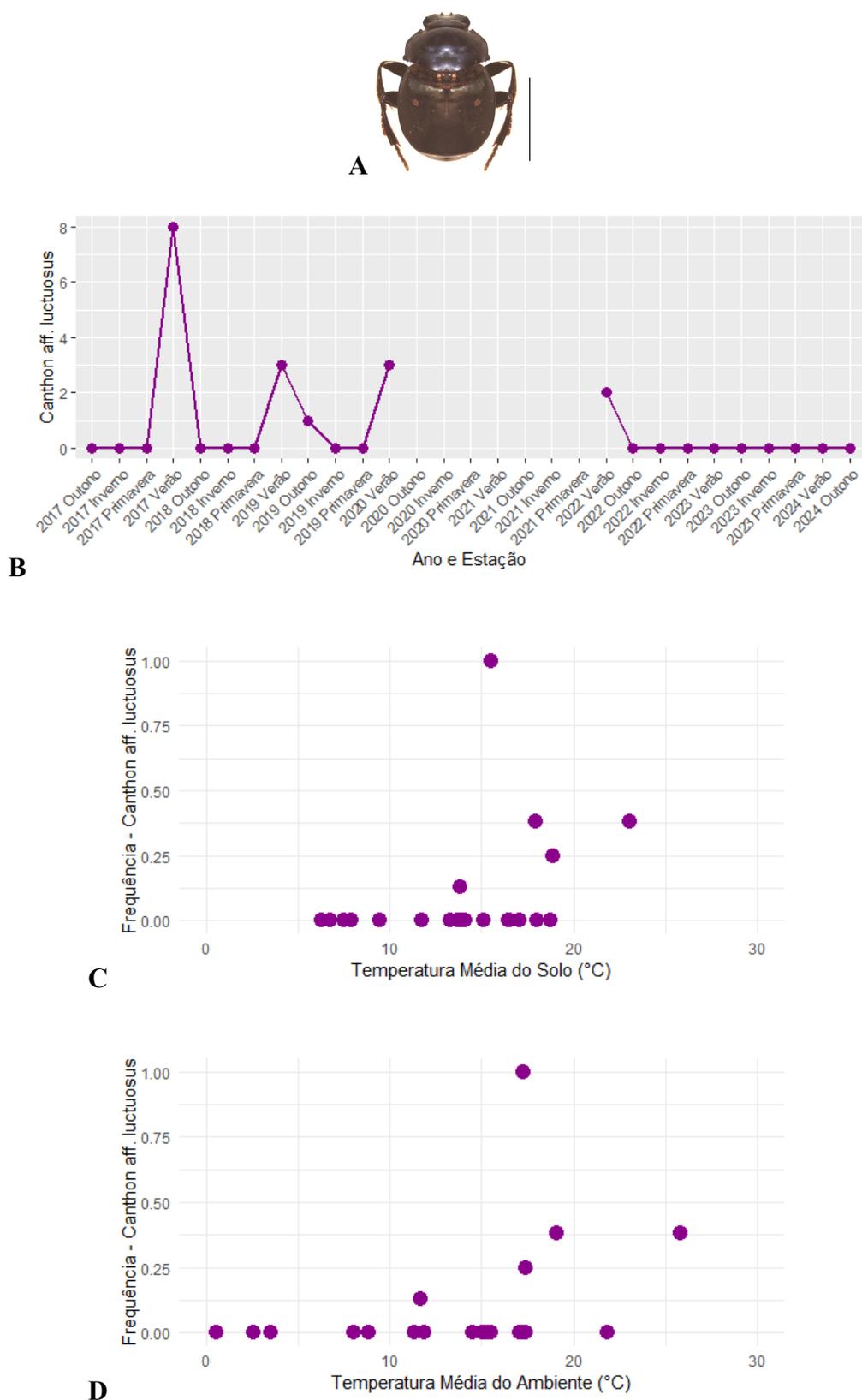
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 5 – *Onthophagus tristis* pertencente ao grupo 1: pequeno tuneleiro diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



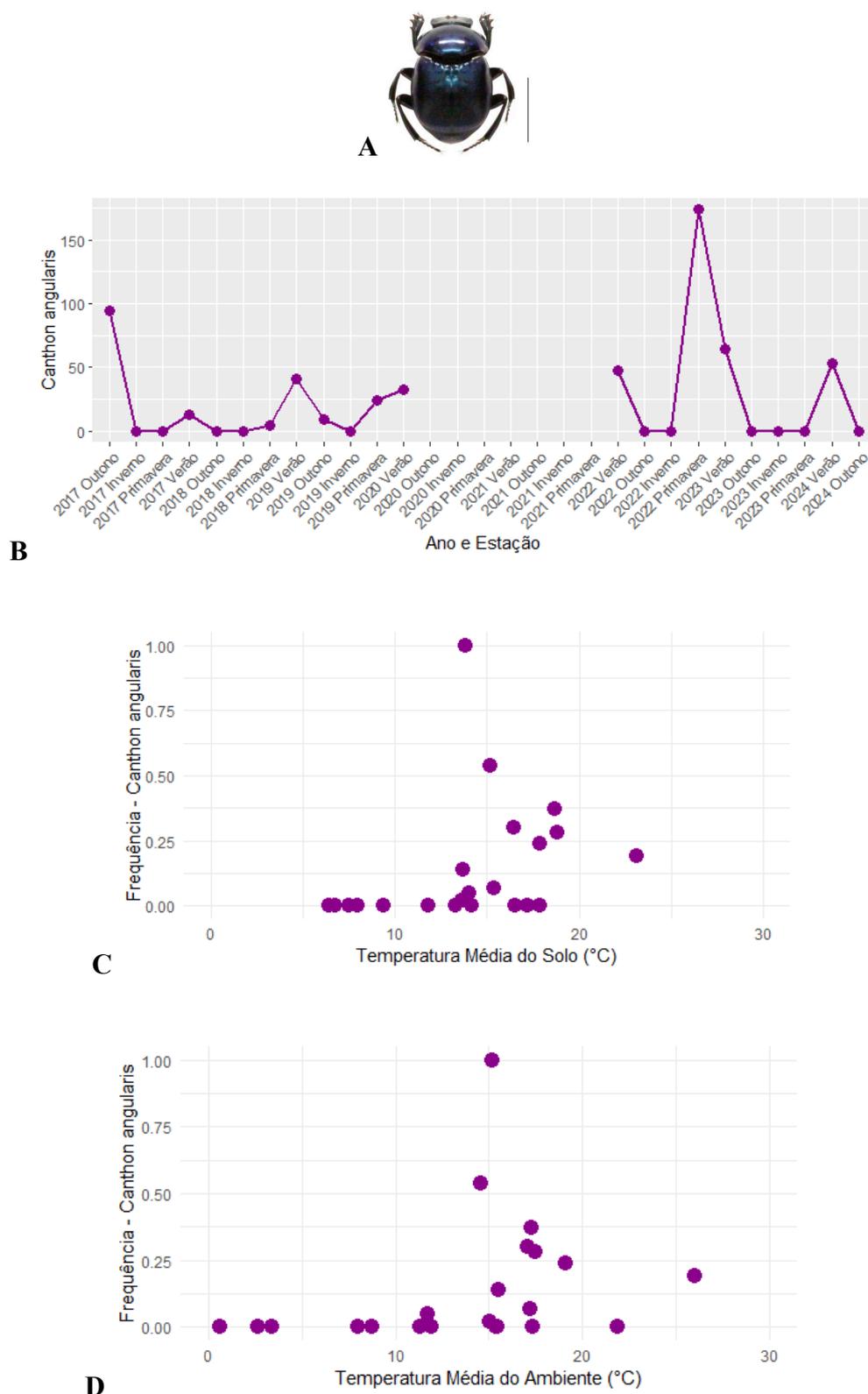
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 6 – *Canthon aff. luctuosus* pertencente ao grupo 2: pequeno rolagador diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



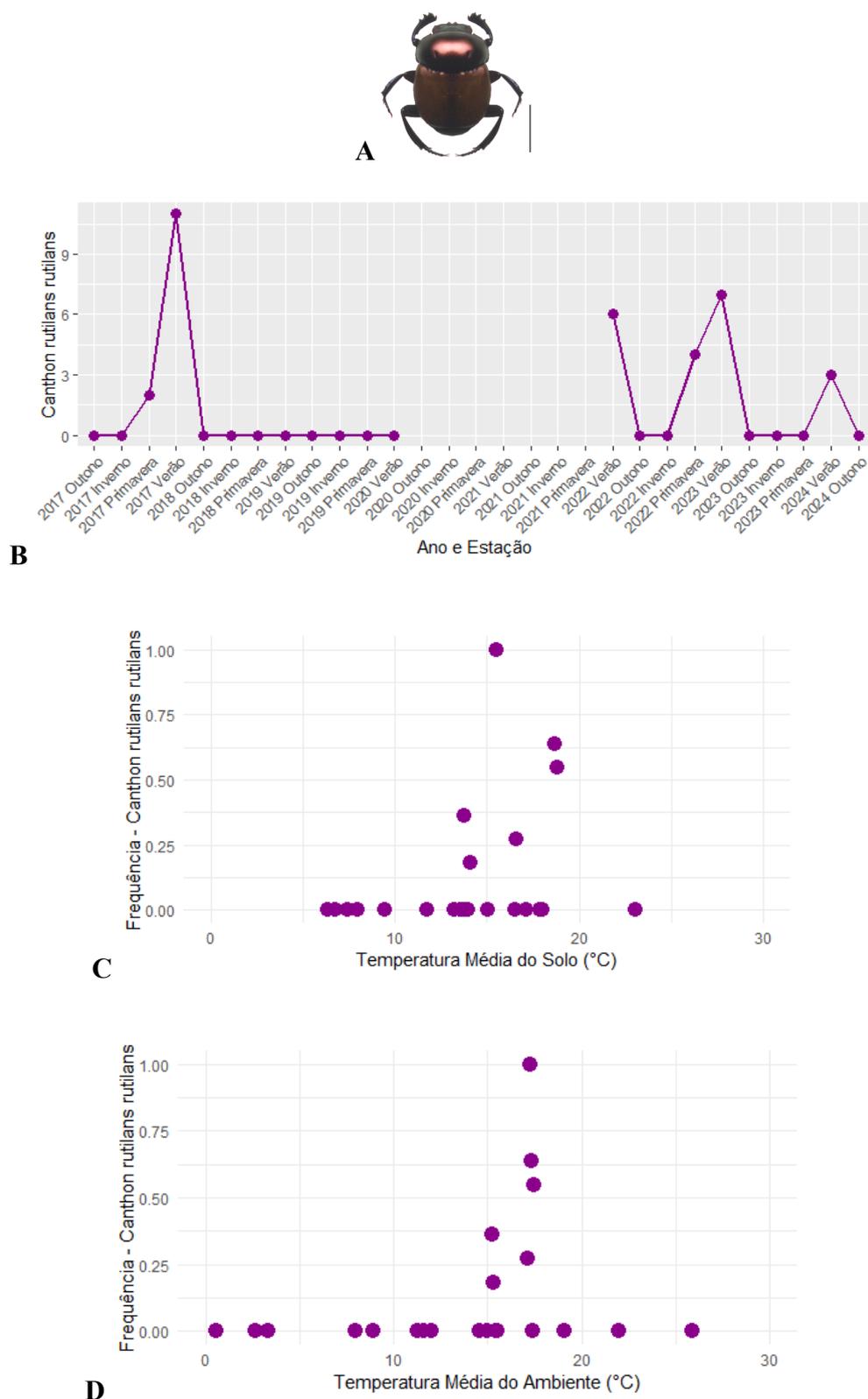
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 7 – *Canthon angularis* pertencente ao grupo 2: pequeno rolator diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



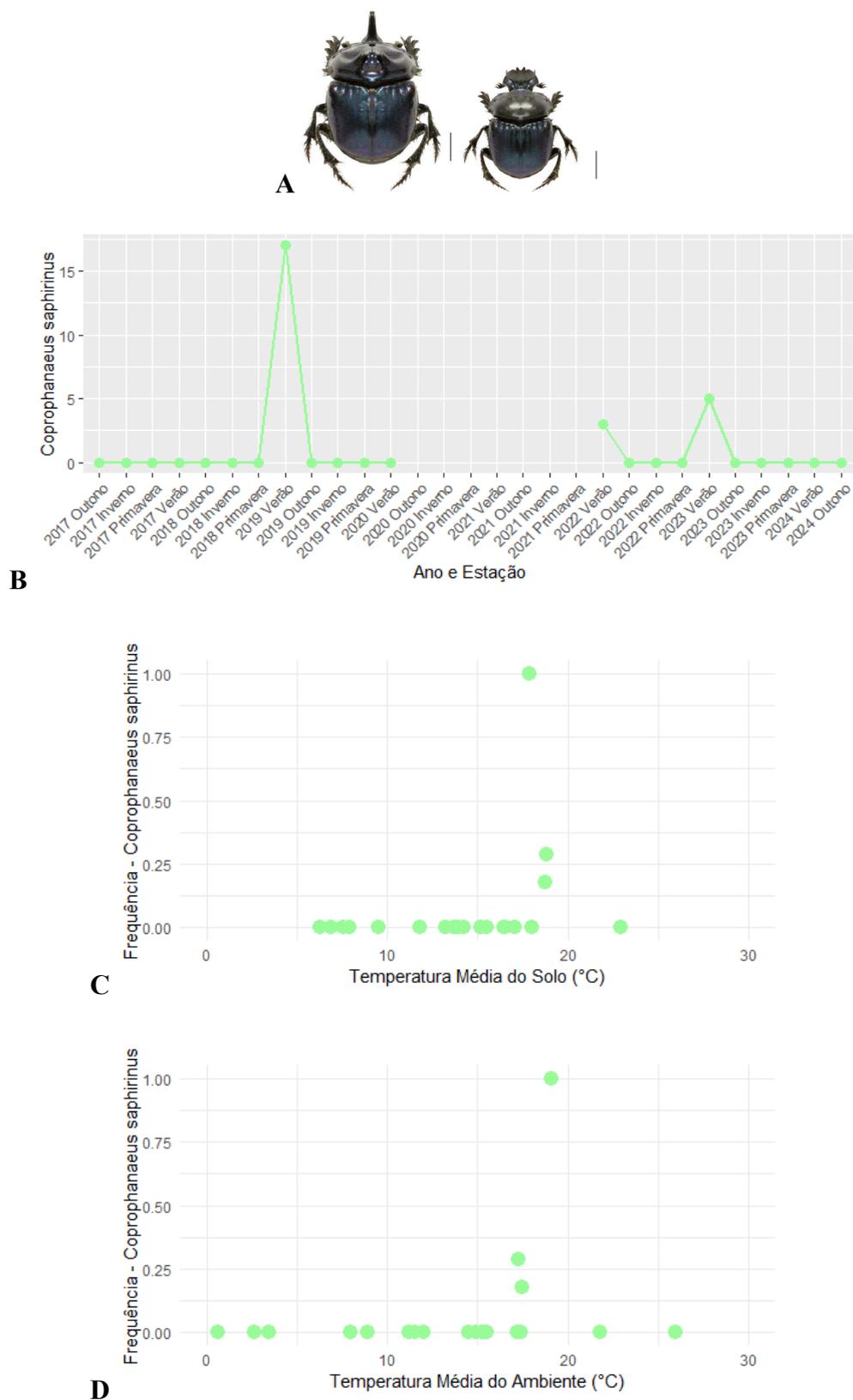
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 8 – *Canthon rutilans rutilans* pertencente ao grupo 2: pequeno rolagador diurno, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



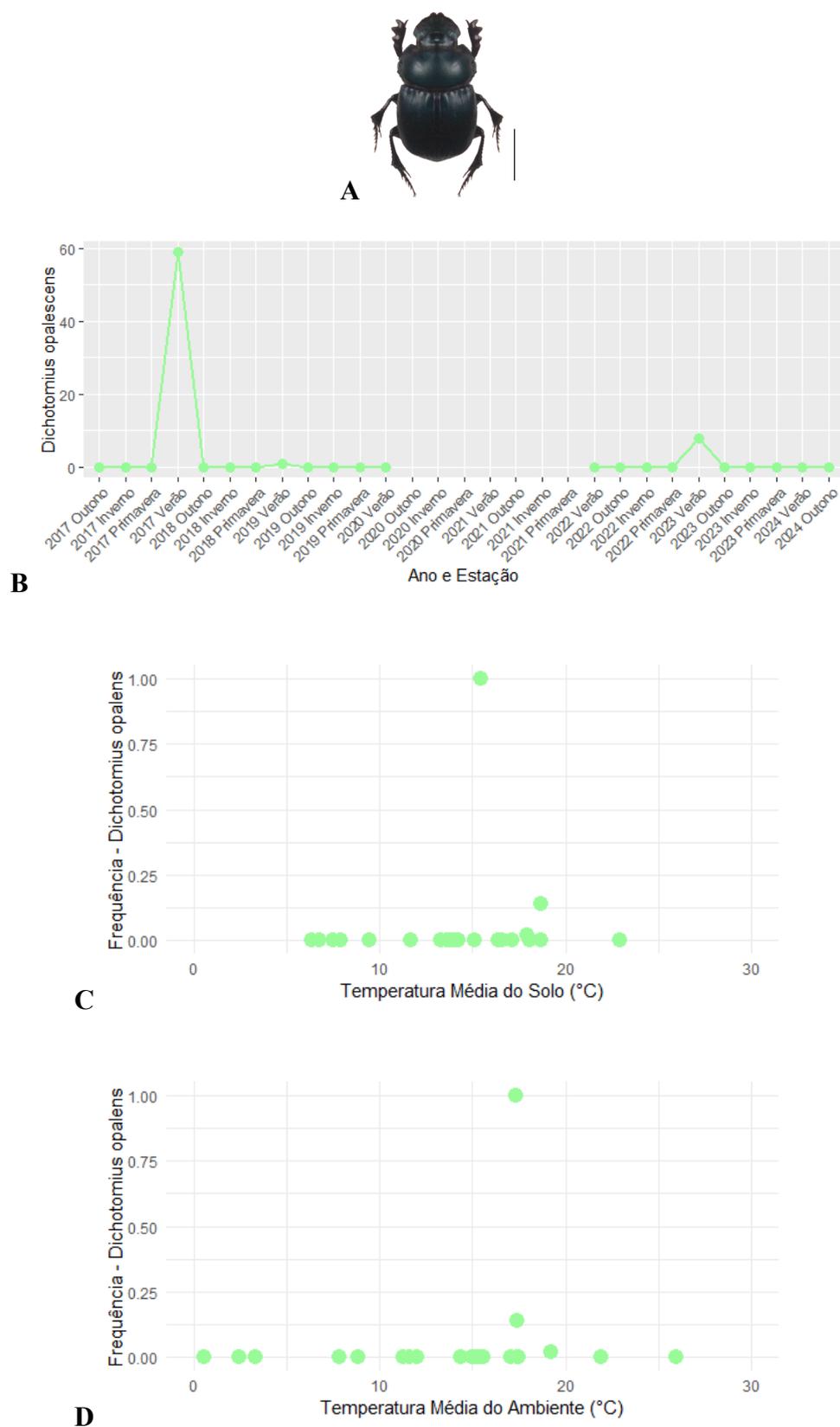
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 9 – *Coprophanaeus saphirinus* pertencente ao grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos, escala da barra lateral 0,5cm com o macho à esquerda e a fêmea à direita (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



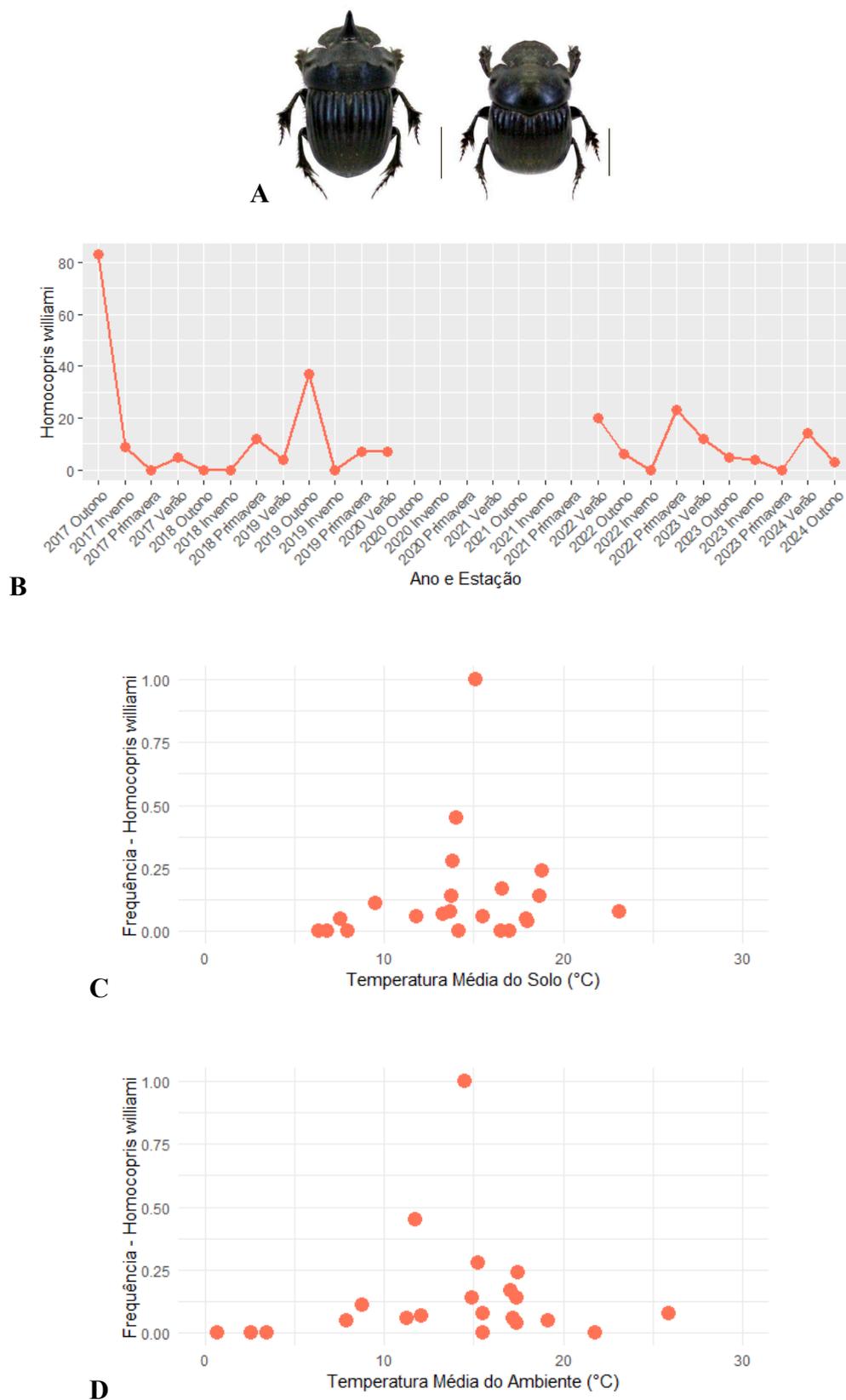
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 10 – *Dichotomius opalescens* pertencente ao grupo 3: Grandes tuneleiros diurnos, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



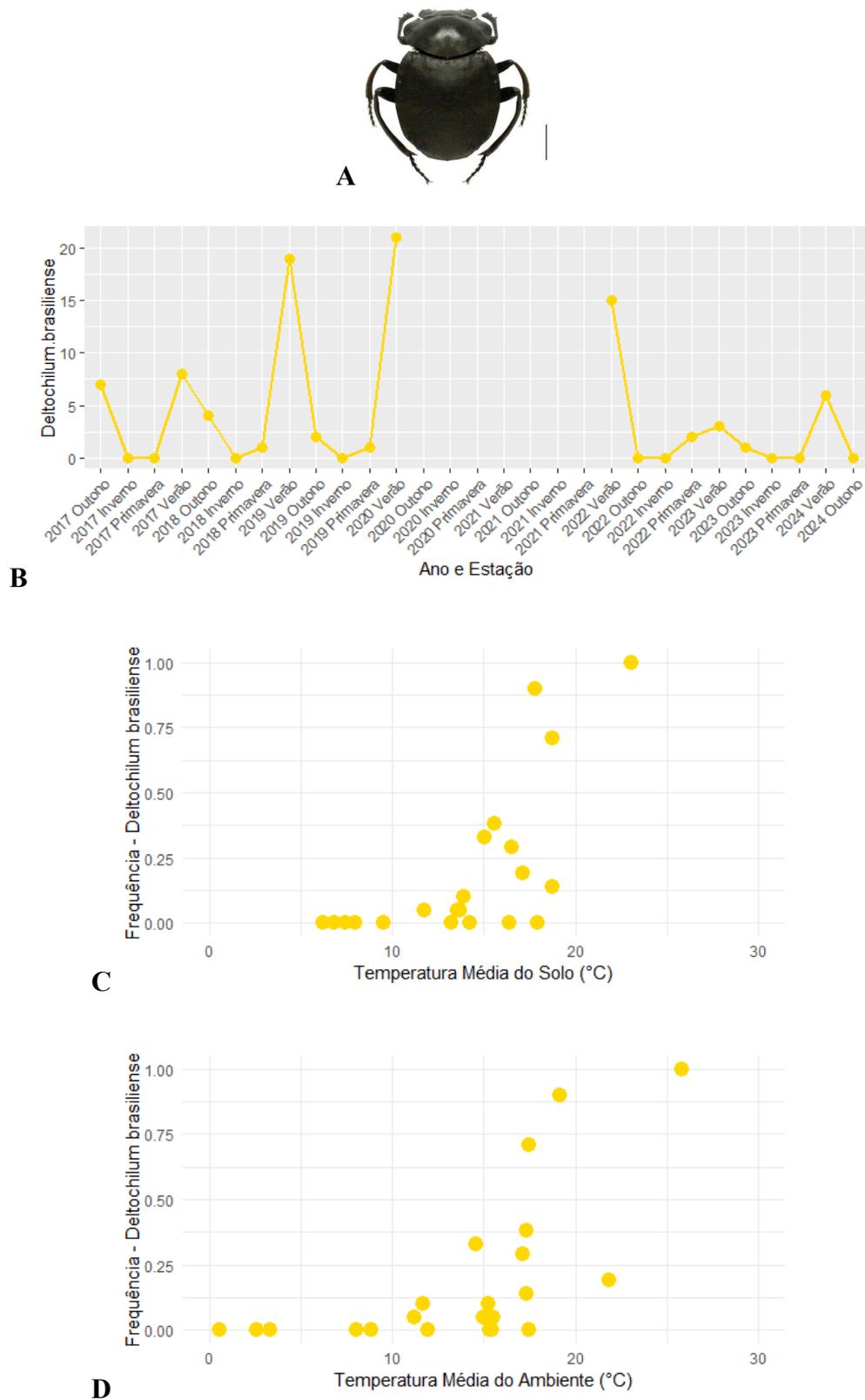
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 11 – *Homocopris williami* pertencente ao grupo 4: Grandes tuneleiros noturnos, escala da barra lateral 0,5cm com o macho à esquerda e a fêmea à direita (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 12 – *Deltochilum brasiliense* pertencente ao Grupo 5: Grandes rola-dores diurnos/noturnos, escala da barra lateral 0,5cm (A). Sazonalidade (B) e frequência de adultos da espécie em relação à temperatura do solo (C) e do ar (D) nos dias de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Portanto, o grupo 1 e 2 que inclui insetos pequenos e diurnos apresentam atividade desde a primavera, passando pelo verão, e diminuindo no outono, mas nunca são encontrados no inverno. De forma semelhante, o grupo 5 que inclui uma espécie grande com atividade diurna/noturna é ativo durante o ano todo menos no inverno. Diferente destes, o grupo 3, que inclui besouros grandes e diurnos, apresentam uma amplitude térmica mais restrita com adultos ativos somente no verão. Opostamente, o grupo 4, que possui uma espécie grande e noturna, é capaz de se manter ativo durante o ano todo, incluindo o inverno. Assim podemos concluir que as características comportamentais que se relacionam à temperatura são o tamanho do corpo e o período de atividade. O comportamento de nidificação não é uma característica que esteja associada ao ninho térmico.

5 DISCUSSÃO

Os resultados da análise temporal dos besouros escarabeíneos em uma região fortemente afetada por baixas temperaturas mostram que a sazonalidade possui grande influência sobre a abundância das espécies. Esse padrão é conhecido em outras regiões da Mata Atlântica do sudeste do Brasil (Hernández; Vaz-de-Mello, 2009). A temperatura afeta o desenvolvimento e a taxa metabólica de espécies pecilotérmicas (Gullan; Cranston, 2008), o que reflete tanto na abundância como na riqueza de espécies (Alcântara; Silva; Hernández, 2023; Hanski; Cambefort, 1991; Lobo *et al.*, 2019). Nas estações mais frias a construção de galerias e a diapausa são cruciais para economia de energia, regulação térmica e proteção contra elementos externos nesses períodos de maior estresse. Em estações mais quentes, a maior absorção de radiação solar junto a temperaturas ambientais mais favoráveis, auxiliam estes insetos a manterem-se ativos e estimulam sua reprodução (Gullan; Cranston, 2008; Amore *et al.*, 2017).

Como resultado da evolução do grupo, as espécies de escarabeíneos apresentam muita variação em características morfológicas e comportamentais, o que permite uma alta riqueza de espécies competindo pelos mesmos recursos (Hanski; Cambefort, 1991), assim, são afetadas de forma diferente pela sazonalidade. A competição por um mesmo recurso leva a diferenciação de nichos em espécies rivais que, ao longo da evolução, faz com que as espécies competidoras desenvolvam características para evitar o uso do recurso em um mesmo momento, seja esse o período de atividade diária, forma de alocação de recurso ou termorregulação (Sarmiento-Garcés; Hernández, 2021; Verdú *et al.*, 2007). Insetos maiores e de cores escuras são preferencialmente noturnos (Hernández, 2002) e suportam temperaturas

mais baixas, pois sua coloração e menor relação superfície-volume auxiliam estes insetos a manter mais calor interno (Alcântara; Silva; Hernández, 2023; Kühsel *et al.*, 2017). Espécies pequenas e diurnas, são frequentemente coloridas e menos resistentes a baixas temperaturas, pois aquecem e perdem calor mais rápido devido a sua relativamente maior superfície corporal, fazendo maior proveito da radiação solar (Hernández, 2002; Kühsel *et al.*, 2017).

Os resultados também mostram que as espécies grandes e noturnas apresentam maiores amplitudes térmicas sem serem restringidas pela sazonalidade. Porém, as grandes e diurnas são restritas ao período do verão, mostrando que o maior tamanho em insetos diurnos impede a atividade dos adultos em momentos em que a temperatura ambiental não permite um aquecimento suficiente do corpo. Em contrapartida, os pequenos diurnos podem aquecer rapidamente, por ter menor relação superfície-volume, o que possibilita sua atividade na maior parte do ano, ausentes somente em períodos de temperaturas extremamente frias. Além disso, existem mecanismos fisiológicos de acúmulo de gordura corporal que permitem a atividade em momentos de temperaturas ambientais baixas (Salomão *et al.*, 2018). Em regiões de altitude, é possível que espécies de menor tamanho acumulem maiores quantidades de gordura para mediar o maior estresse exercido pelo ambiente, o que explica por que estas espécies conseguem se manter ativas nas mesmas temperaturas que espécies maiores (Alcântara; Silva; Hernández, 2023). Ademais, diferenças na espessura da cutícula e densidade do exoesqueleto podem ser fatores que facilitam a regulação térmica destas espécies (Amore *et al.*, 2017).

Cabe destacar que a espécie *Homocopris williami* consegue se manter ativa ao longo do ano na região mais fria do país, aparecendo em todas as estações do ano, inclusive em temperaturas inferiores a 10 °C, sendo a única espécie a mostrar esse comportamento. A distribuição desta espécie é restrita a regiões altas e frias da Floresta Ombrófila Mista (Pires, 2021). Essa adaptação a baixas temperaturas é devido a sua história evolutiva, já que ela pertence a um gênero que deve ter permanecido nas regiões frias do Neotrópico após a última glaciação (Silva *et al.*, 2018). A Floresta Ombrófila Mista, que se distribui em grandes altitudes no sul do Brasil, também possui flora de distribuição geográfica restrita à região, sendo que grande parte dela tem afinidade com ambientes de menor temperatura e grande precipitação característicos do final do Cretáceo e início do Terciário (Wrege *et al.*, 2017). A expansão da distribuição das florestas montanhosas durante as mudanças climáticas no final do Terciário, pode estar associada à distribuição de *Homocopris williami* nas áreas mais elevadas.

O período reprodutivo das espécies de escarabeíneos é pouco conhecido, mas existem espécies univoltinas, que se reproduzem somente uma vez ao ano, ou contínua, que se reproduzem ao longo do ano (Huerta *et al.*, 2023). No presente trabalho podemos inferir que as adaptações de *Homocopris williami* permitem que a espécie possa se reproduzir continuamente durante o ano. Do contrário, os grandes diurnos, *Coprophanaeus saphirinus* e *Dichotomius opalescens*, devem possuir uma época reprodutiva curta durante o verão, produzindo apenas uma geração por ano.

Assim, a temperatura é um dos fatores determinantes na distribuição, abundância e taxa de crescimento de uma espécie. Das espécies de escarabeíneos que ocorrem nos trópicos, muitas são dependentes de ambientes florestais, sendo limitadas na sua capacidade de explorar outros habitats pelas temperaturas ou disponibilidade de recursos (Silva *et al.*, 2018; Silva; Lobo; Hernández, 2019). A distribuição da Floresta Ombrófila Mista é fortemente relacionada a baixas temperaturas e grande umidade, ambos fatores altamente impactados pelos avanços do processo de aquecimento global. Uma tendência apresentada por projeções da Floresta Ombrófila Mista frente às mudanças climáticas, especialmente em regiões menos elevadas, é a drástica diminuição de seus remanescentes florestais nas próximas décadas (Wrege *et al.*, 2017). Essa retração das regiões mais elevadas, permite a expansão de florestas vizinhas em lugares previamente ocupados por Araucárias, o que não apenas causaria alterações nos microclimas já debilitados desses locais, mas também acarretaria graves consequências à fauna e flora, principalmente aquelas com uma baixa amplitude térmica (Silva; Lobo; Hernández, 2019; Wrege *et al.*, 2017). Juntamente às consequências do aquecimento global, a fragmentação desses remanescentes florestais pelo uso humano é outro fator de risco para as espécies dependentes de florestas, afetando principalmente suas distribuições devido à desconectividade das manchas, que impedem as espécies com menor mobilidade de transitar entre elas e diminuem a área total disponível (Vieira, *et al.*, 2022). Por fim, atrelada às mudanças de habitat advindas, o aumento da distribuição de espécies de baixa altitude seria um segundo agravante para as espécies de alta altitude. O aumento das temperaturas pode permitir que espécies que não suportam as baixas temperaturas comecem a migrar para essas regiões, introduzindo competidores mais adaptados a temperaturas amenas que as espécies de altitude (Silva *et al.*, 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou e utilizou parte dos dados obtidos pelo projeto de pesquisa “Diversidade beta de assembleias de besouros Scarabaeinae: efeito da temperatura na distribuição espacial e temporal”, financiado pelo CNPq com Bolsa de Produtividade em pesquisa à coordenadora Malva Isabel Medina Hernández do Laboratório de Ecologia Terrestre Animal (LECOTA), do Depto. Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - Centro de Ciências Biológicas.

Em conclusão, foi possível elucidar a evolução de adaptações morfológicas e comportamentais desenvolvidas pelas diferentes espécies de besouros escarabeíneos para resistir ou aproveitar as variações térmicas da região de Floresta Ombrófila Mista em Urubici, assim como relacionar sua abundância sazonal às preferências térmicas exibidas entre as espécies. Os dados deste trabalho aumentam os conhecimentos acerca da sazonalidade e limites térmico das espécies da Serra Catarinense, sendo relevante frente às recentes discussões e impactos do aquecimento global no fragmentado bioma Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, C. O.; SILVA, P. G.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Body size and body conditions of two dung beetles species (Coleoptera: Scarabaeidae) related to environmental temperatures. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 67, n. 2, mai. 2023. doi: 10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0099
- AMORE, V. *et al.* Exoskeleton may influence the internal body temperatures of Neotropical dung beetles (Col. Scarabaeinae). **PeerJ**, v. 5, p. 3349, 2017. doi: 10.7717/peerj.3349
- DAVIS, A.L. *et al.* Functional implications of temperature-correlated colour polymorphism in an iridescent, Scarabaeinae dung beetle. **Ecological Entomology**, v. 33, p. 771–779, 2008. doi: 10.1111/j.1365-2311.2008.01033.x
- GRINNELL, J. The niche-relationships of the California thrasher. **Auk**, v. 34, p. 427–433, 1917.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos**: um resumo de entomologia. Tradução: Sonia Maria Marques Hoenen. 3. ed. São Paulo: Roca, 2008. p. 440, Título original: The insects: an outline of entomology.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae)**: an ecological and evolutive approach. Cidade do México: Instituto de Ecología, 1982. 176 p.
- HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. New Jersey, Princeton University Press, 1991. 481 p.
- HERNÁNDEZ, M.I.M. The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, n. 4, p. 597–600, jul. 2002. doi: 10.1590/S0085-56262002000400015
- HERNÁNDEZ, M.I.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae *s. str.*) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 607–613, dez. 2009. doi: 10.1590/S0085-56262009000400010
- HERNÁNDEZ, M.I.M. *et al.* Ecological characteristics of Atlantic Forest dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in the state of Santa Catarina, southern Brazil. **The Coleopterists Bulletin**, v. 3, n. 3, p. 693–709, set. 2019. doi: 10.1649/0010-065X-73.3.693
- HUERTA, C. *et al.* The reproductive behavior of Neotropical dung beetles. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 1-24, fev. 2023. doi: 10.3389/fevo.2023.1102477
- KÜHSEL, S. *et al.* Surface area–volume ratios in insects. **Insect Sci.** v. 24, p. 829–841, 2017. doi:10.1111/1744-7917.12362
- LOBO, J.M. *et al.* Exploring the predictive performance of several temperature measurements on Neotropical dung beetle assemblages: Methodological implications. **Entomological science**, v. 22, n. 1, p. 56–63, 2019. doi: 10.1111/ens.12340

NICHOLS, E. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, jun. 2008. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.011

PIRES, Marcos Adriano Ribeiro. Características populacionais de uma nova espécie de *Homocopris* Burmeister, 1846 (Coleoptera: Scarabaeinae). 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SARMIENTO-GARCÉS R.; HERNÁNDEZ, M.I.M. A decrease in taxonomic and functional diversity of dung beetles impacts the ecosystem function of manure removal in altered subtropical habitats. *PLOS ONE*. v. 16, p. 1, 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0244783

SALOMÃO, R.P. *et al.* Landscape structure and composition define the body condition of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a fragmented tropical rainforest. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 144–151, 2018. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.01.033

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

SILVA, P.G. *et al.* Turnover and nestedness in subtropical dung beetle assemblages along an elevational gradient. **Diversity and Distributions**, v. 24, p. 1277–1290, 2018. doi: 10.1111/ddi.12763

SILVA, P.G.; LOBO, J.M.; HERNÁNDEZ, M.I.M. The role of habitat and daily activity patterns in explaining the diversity of mountain Neotropical dung beetle assemblages. **Austral Ecology**, v. 44, p. 300–312, 2019. doi:10.1111/aec.12675

URUBICI. Prefeitura Municipal de Urubici. Disponível em:
<<https://www.urubici.sc.gov.br/dados-do-municipio>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

VAZ-DE-MELLO, F.Z.; GAMA, E.R.R.; BORDIN, B.R. 2024. **Scarabaeidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Disponível em:
<<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/126713>>. Acesso em: 03 nov. 2024

VERDÚ, J.R. *et al.* Roles of endothermy in niche differentiation for ball-rolling dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) along an altitudinal gradient. **Ecological Entomology**, v. 32, p. 544–551, 2007. doi: 10.1111/j.1365-2311.2007.00907.x

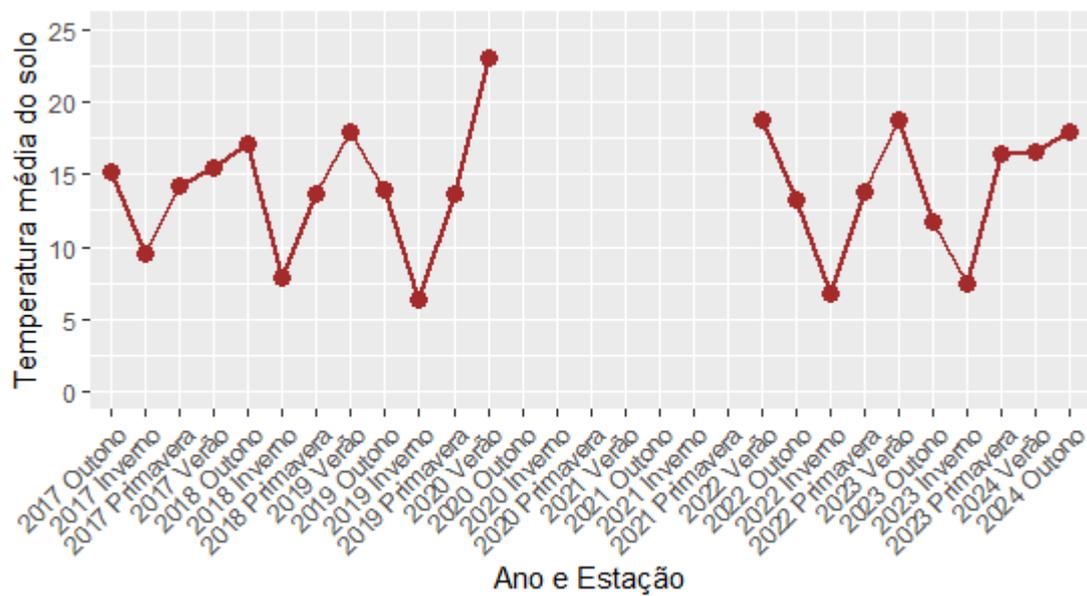
VERDÚ, J.R.; LOBO, J.M. Ecophysiology of thermoregulation in endothermic dung beetles: Ecological and geographical implications. **India: Insect Ecology and Conservation**, p. 28, 2008.

VIEIRA, L. *et al.* Synergistic effects of climate and human-induced landscape changes on the spatial distribution of an endangered dung beetle. **Journal of Insect Conservation** v. 26, p. 315–326, 2022. doi.org/10.1007/s10841-022-00388-1

WHITTAKER, R.H.; LEVIN, S.A.; ROOT, R.B. Niche, Habitat, and Ecotope. **The American Naturalist**, V. 107, n. 955 p. 321–338, 1973. doi: 10.1086/282837

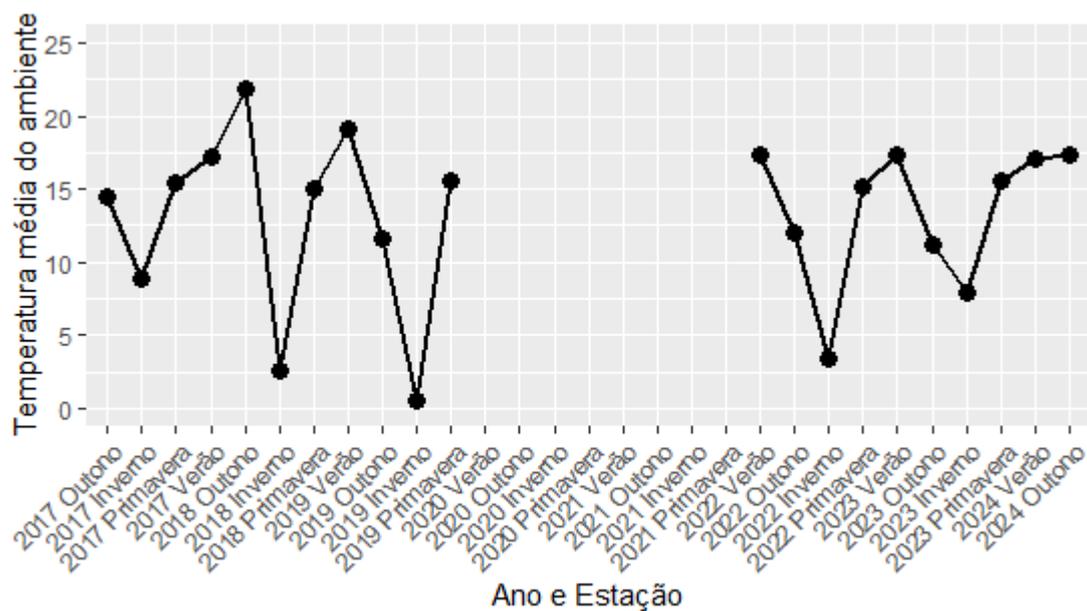
WREGGE, M.S. *et al.* Distribuição natural e habitat da Araucária frente às mudanças climáticas globais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, p. 331–46, 2017. doi: 10.4336/2017.pfb.37.91.1413

APÊNDICE A – Temperatura média do solo nos dias de coleta de besouros escarabeíneos no Parque Nacional de São Joaquim, Urubici-SC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

APÊNDICE B – Temperatura média do ambiente nos dias de coleta de besouros escarabeíneos no Parque Nacional de São Joaquim, Urubici-SC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)