



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

LUIZ HENRIQUE DE OLIVEIRA EUZÉBIO

**INSETOS FUNGÍVOROS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS PARA SUA OCORRÊNCIA  
EM AGARICOMYCETES PORÓIDES DO NORDESTE DO BRASIL**

Recife

2024

LUIZ HENRIQUE DE OLIVEIRA EUZÉBIO

**INSETOS FUNGÍVOROS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS PARA SUA OCORRÊNCIA  
EM AGARICOMYCETES PORÓIDES DO NORDESTE DO BRASIL**

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): Tatiana Baptista Gibertoni

Coorientador (a): Renato Lúcio Mendes Alvarenga

Recife

2024

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

Euzébio, Luiz Henrique de Oliveira .  
INSETOS FUNGÍVOROS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS PARA SUA  
OCORRÊNCIA EM AGARICOMYCETES PORÓIDES DO NORDESTE DO  
BRASIL / Luiz Henrique de Oliveira Euzébio. - Recife, 2024.  
49 : il., tab.

Orientador(a): Tatiana Baptista Gibertoni  
Coorientador(a): Renato Lúcio Mendes Alvarenga  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências  
Ambientais - Bacharelado, 2024.  
Inclui referências.

1. Micologia. 2. Entomologia. 3. Ecologia. 4. Taxonomia. 5. Biologia  
Molecular. I. Gibertoni, Tatiana Baptista . (Orientação). II. Alvarenga, Renato  
Lúcio Mendes . (Coorientação). IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 5 indivíduos de <i>Ceracis furcifer</i> em diferentes posições.....	29
Figura 2 – (amostra 02, <i>Nasutitermes corniger</i> ) A: Cupins soldado (com pinça) e operário. B: Cupim soldado.....	31
Figura 3 – A: Amostras 01 a 06 em suas câmaras úmidas. B: Amostras 08 a 13 em suas câmaras úmidas. C: Amostra 07 coletada um dia após a coleta das amostras 01 a 06. D: Amostra 14 coletada um dia após a coleta das amostras 08 a 13. E: Amostra 05 com 1 mês de observação, com expressiva ocorrência de besouros, larvas, piolhos e pupas, além de um visível desgaste do basidioma se comparado à quando coletado. F: Amostra 05 após 69 dias de observação.....	32
Figura 4 – (amostra 5) A, B e C: <i>Platydemia cf. elliptica</i> . Em C, um possível fragmento de basidioma em seu aparelho bucal. D: <i>Cis nitidus</i> . E: <i>Cis nitidus</i> . F: Larva amarela não identificada. G: Pupa de inseto não identificado.....	32
Figura 5 – (amostra 9) A: <i>Cis nitidus</i> . B: <i>Ceracis cf. furcifer</i> . C: <i>Ceracis cf. furcifer</i> de coloração dourada sem a parte inferior do corpo.....	33
Figura 6 – (amostra 12) A : Fase inicial do crescimento de <i>Coprinus sp.</i> no basidioma e no papel. B: Fase intermediária. C: Fase final do crescimento de <i>Coprinus sp.</i> D: Possível larva de besouro não identificada. E: <i>Philonthus sp.</i> , que se multiplicou muito rapidamente na última semana de observação.....	34
Figura 7 – (A): Começo da observação da amostra 31 em outubro de 2023, uma semana após a coleta e com basidioma completo. (B): Grande concentração de besouros ( <i>Cis nitidus</i> ) na amostra 31. (C): Situação da amostra 31 no final da observação em março de 2024, com o basidioma totalmente degradado pelos besouros.....	35
Figura 8 – (A): Duas amostras de <i>Trametes sanguinea</i> (GG13 e GG11) no começo da observação. (B): Ocorrência de <i>Ceracis furcifer</i> (L5) na amostra GG11.....	35
Figura 9 – Figura 9 (A): Um colêmbolo dos diversos que se proliferaram pela amostra 38. (B): Um espécime de <i>Ceracis taurulus</i> coletado na amostra 38. (C): Tenebrionidae não identificado com manchas brancas.....	36

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Espécies e morfotipos de insetos em relação ao fungo.....	29
Quadro 2 – O quadro apresenta os resultados das análises moleculares das amostras de insetos. X = sem sucesso no sequenciamento; ok = com sucesso no sequenciamento.....	30
Quadro 3 – Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em cada coloração da superfície abhimenial.....	38
Quadro 4 – Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em cada coloração da superfície himenial.....	39
Quadro 5 – Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados por tamanho do basidioma.....	40
Quadro 6 – Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em relação aos poros por milímetro.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos funcionais e dados coletados no trabalho.....	25
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Abundância e morfotipos em relação à coloração da superfície abhimenial.....	38
Gráfico 2 – Abundância e morfotipos em relação à coloração da superfície himenial.....	39
Gráfico 3 – Abundância e morfotipos em relação ao tamanho do basidioma.....	41
Gráfico 4 – Abundância e morfotipos em relação aos poros por milímetro.....	42

LUIZ HENRIQUE DE OLIVEIRA EUZÉBIO

**INSETOS FUNGÍVOROS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS PARA SUA OCORRÊNCIA  
EM AGARICOMYCETES PORÓIDES DO NORDESTE DO BRASIL**

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: 03/10/2024

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profº. Dr. Renato Lúcio Mendes Alvarenga (Co-Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. Fábio Correia Costa  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dra. Ana Carla da Silva Santos  
Universidade Federal de Pernambuco

Recife

2024

Dedico este trabalho às minhas mães (Sonally Timóteo, Maria de Lourdes e Angela Maria) que me criaram e me deram a oportunidade de estudar e viver bem, sem elas eu não teria conseguido.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida que me deu e por ainda ter saúde para aproveitar. Sou muito grato pela família que eu tenho, principalmente em relação às minhas mães (Angela Maria, Sonally Timóteo e Maria de Lourdes), sem as quais eu provavelmente já não estaria mais aqui, amo muito todas elas. Elas me criaram e me deram os cuidados e carinho que eu precisei em todos os momentos, nunca vou esquecer. Devo citar também Giselly Vitória que apareceu bem no final da minha graduação, em uma viagem de campo da professora Cecília Costa e acabou se tornando uma pessoa muito especial para mim, espero estar com ela durante toda a minha vida.

Agradeço a todas as amigadas que eu fiz durante a faculdade que deixaram a minha graduação mais divertida, as vezes indo comigo até o Rio Doce/CDU (Maianne Santos, Everton Juvino, Carmen da Bôaviagem e Nathalia Maria) que era quase a minha segunda casa, a turma do “povo do busão” que foi o grupo que eu tive uma maior interação, seja fazendo trabalhos, conversando e até em lazeres quando a gente conseguia, nem que fosse só uma passadinha no R.U (Miguel Gomes, Inaldo Henrique, Michele Raiza, Rikelme Cruz, Ana Carolina, Karen Milleny, Ingrid Coriolano, “Bia” Felix e Ana Beatriz), indo até uma aula de campo, e até convivendo nas aulas ou pelo campus de vez em quando (Caio Gabriel, João Vitor, Thiago Vitor, Yasmin Vasconcelos, Silvia Gomes, Claudia Bernadete, Douglas Thierry, Julia Santana, Julia Iolanda e João Leonardo). Também não poderia esquecer de todos os professores que levaram a nossa turma em aulas de campo, outros que deram aulas inesquecíveis e também aqueles que fizeram os dois, tive a sorte de ter muitos bons professores durante o curso, e é claro o pessoal de Marizá que sempre terão um lugarzinho na minha memória, assim como todos que ajudaram na minha formação.

Devo deixar aqui uma menção honrosa para o professor Juan Tavares que fez crescer em mim a já existente vontade de me tornar um biólogo, foi uma inspiração ter aulas com ele quando cheguei no terceiro ano do ensino médio, mesmo com poucas aulas já foi o suficiente para me lembrar que a biologia é realmente linda, eu sempre tive interesse, mas só tive certeza de que era o curso que eu queria depois de assistir suas aulas, não me arrependo da minha escolha.

Agradeço ao CNPQ pela oportunidade de fazer essa pesquisa com apoio financeiro, sem isso os meses na universidade seriam bastante complicados. Eu também sou muito grato por ter conhecido o Laboratório de Basidiomycota e pela ajuda que me foi dada lá, agradeço pela chance que a professora Tatiana me deu de trabalhar em uma área que eu gosto, aprendi muito com Renato Lúcio que me deu muitas ideias e me ensinou na prática aquilo que eu precisava, as correções dele e da professora Tatiana também me ajudaram muito. Todos no laboratório foram legais comigo, fui muito bem recebido, digo também que Virton me salvou algumas vezes, tem meu agradecimento também.

Devo meus agradecimentos a professora Luciana Iannuzzi, Fábio Correia e o pessoal do Labtei que me ajudou a entender mais sobre morfologia, assim como Igor Gonçalves e Paschoal Grossi da UFRPE, que também contribuíram com a identificação dos insetos, sou grato também ao professor Cristiano Lopes por receber alguns morfotipos que foram enviados para análise. Por fim, agradeço também a Ana Carla, Fábio Correia, Renato Lúcio e Virton Rodrigo por aceitarem fazer parte da minha banca para o TCC.

## RESUMO

Os fungos formam diversas associações com vários organismos e podem atuar como microhabitats e alimento para determinados insetos que vivem nas estruturas reprodutivas de alguns fungos. Esse tipo de interação é pouco explorada no Brasil e é de vital importância compreender a dinâmica dos ecossistemas florestais. Desse modo, este estudo buscou observar a riqueza e abundância de insetos em Agaricomycetes poróides coletados em áreas de Mata Atlântica, assim como as suas interações. Os Agaricomycetes poróides com sinais de fungivoria foram coletados, com uma parte sendo usada para criar câmaras úmidas e a outra parte analisada macro e microscopicamente. Os insetos nas câmaras úmidas foram removidos com pinças, armazenados em tubos com álcool 70% e classificados em diferentes morfotipos. Os morfotipos mais abundantes foram selecionados para identificação molecular. Foram coletados 50 indivíduos de Agaricomycetes poróides pertencentes a oito espécies. Associados a estes foram coletados um total de 736 insetos, identificados em nove morfotipos. Dentre os morfotipos mais abundantes (L1 a L6), foram geradas cinco sequências de 16S e duas de COI. As sequências obtidas foram comparadas utilizando a ferramenta Blast do NCBI, confirmando as espécies *Cis nitidus*, *Ceracis furcifer*, *Nasutitermes corniger* e *Platydema* sp. *Ceracis furcifer* é uma nova ocorrência para o Nordeste do Brasil. Os resultados mostraram que fungos com superfícies bege apresentaram maior abundância de insetos, especialmente *Cis nitidus*, enquanto aqueles com maior quantidade de poros e áreas maiores abrigaram uma diversidade mais alta e maior número de besouros micetobiontes. Isso sugere que fatores como a coloração e tamanho podem influenciar a ocorrência e diversidade de insetos fungívoros. Dessa forma, compreender os atributos funcionais dos fungos oferece informações valiosas para as interações ecológicas entre fungos e besouros, contribuindo para a conservação da biodiversidade, além de potenciais aplicações em manejo ambiental e biotecnologia.

**Palavras-Chave:** Biodiversidade; Ecologia; Taxonomia integrativa; Entomologia; Micologia.

## ABSTRACT

Fungi form diverse associations with various organisms and can act as microhabitats and food for certain insects that live in the reproductive structures of some fungi. This type of interaction is little explored in Brazil and is of vital importance to understand the dynamics of forest ecosystems. Thus, this study sought to observe the richness and abundance of insects in poroid Agaricomycetes collected in areas of Atlantic Forest, as well as their interactions. Poroid Agaricomycetes with signs of fungivory were collected, with one part being used to create humid chambers and the other part analyzed macroscopically and microscopically. The insects in the humid chambers were removed with tweezers, stored in tubes with 70% alcohol and classified into different morphotypes. The most abundant morphotypes were selected for molecular identification. Fifty individuals of poroid Agaricomycetes belonging to eight species were collected. A total of 736 insects were collected associated with these, identified in nine morphotypes. Among the most abundant morphotypes (L1 to L6), five 16S and two COI sequences were generated. The sequences obtained were compared using the NCBI Blast tool, confirming the species *Cis nitidus*, *Ceracis furcifer*, *Nasutitermes corniger* and *Platydema* sp. *Ceracis furcifer* is a new occurrence for Northeastern Brazil. The results showed that fungi with beige surfaces presented greater abundance of insects, especially *Cis nitidus*, while those with greater number of pores and larger areas harbored a higher diversity and a greater number of mycetobiont beetles. This suggests that factors such as coloration and size can influence the occurrence and diversity of fungivorous insects. Thus, understanding the functional attributes of fungi offers valuable information for the ecological interactions between fungi and beetles, contributing to the conservation of biodiversity, in addition to potential applications in environmental management and biotechnology.

**Keywords:** Biodiversity; Ecology; Integrative taxonomy; Entomology; Mycology.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	AGARICOMYCETES PORÓIDES.....	13
2.2	INSETOS MICETÓCOLOS.....	13
2.3	BESOUROS CIIDAE.....	15
2.3.1	<i>CERACIS</i> NO BRASIL.....	17
2.4	ESTUDOS SOBRE INSETOS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE FUNGOS.....	18
3	OBJETIVOS.....	19
3.1	OBJETIVO GERAL.....	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2	COLETA E ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS AGARICOMYCETES PORÓIDES.....	20
4.3	COLETA E ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS INSETOS.....	21
4.4	IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DE INSETOS.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1	FUNGOS PORÓIDES E INSETOS COLETADOS.....	23
5.2	INSETOS E ATRIBUTOS FUNCIONAIS.....	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
7	REFERÊNCIAS.....	44

## 1. INTRODUÇÃO

Os fungos são organismos que apresentam distribuição cosmopolita e se caracterizam por serem heterótrofos por absorção, obtendo sua energia por meio do uso de enzimas na degradação dos nutrientes disponíveis no substrato (ALEXOPOULOS *et al.* 1996). Apresentam uma ampla variedade de usos na indústria alimentícia, econômica, biotecnológica e medicinal, além de formarem diversas associações com bactérias, plantas e animais (ALEXOPOULOS *et al.* 1996, HYDE *et al.* 2019, KOŠUTHOVÁ *et al.* 2020).

Os fungos provêm microhabitats e alimentos para vários insetos que podem passar boa parte de suas vidas nos basidiomas e ascomas (HEE *et al.* 2008), mas uma melhor compreensão de como as características do hospedeiro afetam a biodiversidade e a comunidade ainda é necessária.

Os fungos podem transformar moléculas orgânicas complexas em compostos digestivos para o consumo de outros seres, incluindo os artrópodes (SCHIGEL 2011). Os macrofungos, por exemplo, fazem parte da cadeia alimentar de muitas espécies. Há estudos que afirmam que as interações entre fungos como a orelhas-de-pau e determinadas espécies de artrópodes são provenientes do sabor e/ou fontes nutritivas proporcionada pela decomposição da lignocelulose da madeira morta (LUNDE *et al.* 2022).

Os Agaricomycetes (Basidiomycota) são constituídos por fungos macroscópicos conhecidos popularmente como cogumelos e orelhas de pau e pela sua ampla capacidade de produção enzimática, responsável pela degradação de todos os polímeros que constituem a madeira (HAO & MOHNEN, 2014). Os nutrientes se concentram aproximadamente 10 vezes mais no basidioma do que no substrato (HSU *et al.* 2002). A boa qualidade nutricional torna este recurso muito atrativo para os besouros, além de possuírem micronutrientes necessários para uma dieta balanceada para esses insetos (MARTIN, 1979).

A interação macrofungo-inseto é pouco explorada no Brasil (ARAÚJO *et al.* 2015; BORLINI 2017; LOPES-ANDRADE 2020) e é de vital importância compreender a dinâmica dos ecossistemas florestais, principalmente diante do risco da perda da maioria das espécies frente ao avanço de atividades humanas (RAPHAEL *et al.* 2007). Assim, esta pesquisa objetivou contribuir para o entendimento da diversidade e abundância de insetos associados a fungos

Agaricomycetes poróides coletados no Nordeste do Brasil, bem como os fatores que influenciam essas interações.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Agaricomycetes Poróides

A classe Agaricomycetes pertence ao filo Basidiomycota, compreendendo fungos que exibem uma vasta diversidade morfológica e ecológica. Esses organismos são conhecidos por formar basidiomas (corpos de frutificação) visíveis a olho nu, os basidiomas, que desempenham papel fundamental na reprodução sexuada desses fungos (KIRK *et al.*, 2008). Dentre os Agaricomycetes, destacam-se os fungos poróides, que possuem basidiomas com poros em sua superfície inferior (himenóforo), onde ocorre a produção de esporos. Esses fungos têm uma associação notável com substratos lignocelulósicos e são caracterizados pela presença de sistemas de poros que permitem a eficiente dispersão de esporos, facilitando sua proliferação em diversos habitats (GILBERTSON & RYVARDEN, 1986).

Os Agaricomycetes poróides são amplamente distribuídos em florestas tropicais e temperadas, desempenhando funções vitais na degradação de madeira e na manutenção do equilíbrio ecológico (RYVARDEN, 1991). Além de sua função como decompositores, os basidiomas de fungos poróides oferecem um micro-habitat ideal para uma série de organismos, especialmente insetos micófagos. Estudos revelam que a estrutura porosa desses fungos fornece abrigo, fonte de alimento e locais de reprodução para insetos, particularmente besouros da família Ciidae (LAWRENCE, 1973). Esses besouros dependem dos fungos para completar seu ciclo de vida, sendo frequentemente encontrados em associação com diferentes espécies de Agaricomycetes poróides (PECCI-MADDALENA & LOPES ANDRADE, 2017).

### 2.2 Insetos micetócolos

Insetos micetócolos são organismos que possuem uma associação ecológica com fungos, vivendo dentro de estruturas fúngicas, alimentando-se deles ou os utilizando para alguma fase de seu ciclo de vida. Exemplos de insetos micetócolos incluem certas espécies de besouros, moscas e formigas que cultivam ou se alimentam de fungos (SCHEERPELTZ & HÖFLER, 1948).

Os insetos micetócolos são classificados em três categorias, conforme seu grau de dependência dos fungos (SCHEERPELTZ & HÖFLER, 1948): 1) micetoxenos, que visitam os fungos ocasionalmente, geralmente utilizando-os como refúgio ou por estarem próximos a outros recursos de interesse (LAWRENCE, 1989); 2) micetófilos, que utilizam os fungos como recurso, abrigo ou fonte de alimento em alguma fase de seu desenvolvimento (LAWRENCE, 1989; SCHIGEL, 2009, 2012); e 3) micetobiontes, que mantêm uma associação obrigatória com os fungos, com tanto adultos quanto larvas dependendo exclusivamente deles como fonte de alimento, como ocorre com os besouros da família Ciidae (JONSELL & NORDLANDER, 2002; KOMONEN, 2003; KOMONEN et al., 2003). Vale ressaltar que essas categorias são artificiais, tendo sido propostas antes dos avanços significativos no conhecimento taxonômico, biológico e ecológico dos insetos micetócolos a partir da década de 1980.

Há uma diversidade de besouros micetócolos (SCHEERPELTZ & HÖFLER, 1948) que estão associados aos basidiomas de macrofungos poróides decompositores de madeira, conhecidos popularmente como “orelhas-de-pau”, e aos macrofungos lamelados, chamados de cogumelos, ambos pertencentes aos basidiomicetos (Basidiomycota). Esses besouros desempenham um papel importante na degradação dos macrofungos. Além disso, apresentam um grande potencial para estudos ecológicos e evolutivos, pois geralmente são gregários, com adultos e larvas escavando galerias e milhares de indivíduos coabitando em um mesmo fungo (LAWRENCE, 1973; COSTA *et al.*, 1988; LAWRENCE & BRITTON, 1991). Eles também desenvolveram mecanismos de defesa contra a intoxicação pelos compostos químicos dos fungos (MARTIN, 1979).

Os besouros micetobiontes mais bem estudados atualmente são os cídeos, apresentando uma distribuição cosmopolita e grande diversidade, com cerca de 700 espécies descritas, distribuídas em 51 gêneros (LAWRENCE, 2016; SOUZA

GONÇALVES & LOPES-ANDRADE, 2017), dos quais 11 gêneros e 56 espécies são encontrados no Brasil (LOPES-ANDRADE, 2007).

Um dos hábitos alimentares mais antigos dos insetos é a fungivoria (HANSKI, 1989) ou micofagia (LAWRENCE, 1989), ação que se resume a se alimentar de qualquer estrutura de fungos ou materiais vegetais que foram decompostos por enzimas fúngicas. Ao realizar a decomposição da matéria orgânica, os macrofungos de madeira se tornam importantes fontes de proteínas e carboidratos para os insetos (HSU *et al.*, 2002; SCHIGEL, 2011). Nos basidiomas desses macrofungos concentram-se principalmente carbono e nitrogênio, encontrando-se também fósforo, potássio e outros nutrientes (MARTIN, 1979; WATKINSON *et al.*, 2006). No caso dos insetos fungívoros, as principais ordens em basidiomas são Coleoptera e Diptera (HANSKI, 1989; KOMONEN, 2003; AMAT-GARCÍA *et al.*, 2004; YAMASHITA *et al.*, 2015).

Coleópteros são altamente diversos, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, com mais de 400.000 espécies descritas (LAWRENCE & ŚLIPISKI, 2013). Há cerca de 180 famílias de Coleoptera com espécies viventes (BOUCHARD *et al.*, 2011; LAWRENCE & ŚLIPISKI, 2013), sendo o táxon mais diverso de organismos da Terra. Esses organismos movimentam uma biomassa considerável e constituem grande parte da riqueza de espécies em macrofungos coriáceos. Apresentam, então, um papel essencial nos ecossistemas terrestres, pois estão na base da teia trófica: os besouros consomem os basidiomas e transformam quimicamente esse recurso durante a digestão, disponibilizando nutrientes importantes aos ecossistemas florestais e evitando o acúmulo gradativo dos basidiomas (LAWRENCE, 1973; THUNES *et al.*, 2000; RUKKE, 2000; LOPES-ANDRADE, 2002; LOPES-ANDRADE, 2007).

Mesmo que seja um hábito alimentar frequente entre os coleópteros, com muitas famílias obrigatoriamente fungívoras, e que existam preferências por determinadas espécies de fungos, tanto para a postura dos ovos quanto para o próprio consumo, pouco se conhece sobre a estruturação desta assembleia de besouros (GRAF-PETERS *et al.*, 2008), principalmente sobre as preferências das espécies neotropicais (NAVARRETE-HEREDIA & BURGOS-SOLORIO 2000).

### 2.3 Besouros Ciidae

Entre os insetos fungívoros, os besouros da família Ciidae (Tenebrionidae) se destacam por serem de pequeno porte, com comprimento variando entre 1 mm e 5 mm. Esses besouros possuem corpo convexo, com élitros que recobrem todo o abdômen, palpo maxilar com quatro palpômeros, palpo labial com três palpômeros, mandíbula bidentada e antenas compostas por oito a 10 antenômeros, sendo a clava geralmente formada por três antenômeros. A família conta com 756 espécies descritas, distribuídas em 51 gêneros, com distribuição cosmopolita, exceto nos polos (LAWRENCE & LOPES-ANDRADE, 2010), e com a maioria das espécies associada a fungos que formam basidiomas rígidos (LAWRENCE, 1971; LAWRENCE & LOPES-ANDRADE, 2010; LAWRENCE, 2016; SOUZA-GONÇALVES *et al.*, 2018, SOUZA-GONÇALVES *et al.*, 2020).

Os Ciidae são considerados micetócolos micetobiontes, pois todos os estágios de desenvolvimento dependem do fungo, tanto para alimentação quanto para abrigo (SCHEERPELTZ & HÖFLER, 1948; NAVARRETE-HEREDIA, 1991). Embora alguns ciídeos estejam associados a várias espécies de fungos, outros parecem ter preferência por um fungo específico (LAWRENCE, 1973). Como verdadeiros micetobiontes, esses besouros passam a maior parte de suas vidas dentro ou ao redor de um basidioma, saindo apenas para dispersão. Tanto adultos quanto larvas constroem galerias dentro do basidioma, onde também ocorre a pupação (LAWRENCE, 1973; COSTA *et al.*, 1988). As fêmeas, por ovipositarem continuamente ao longo de um período prolongado, frequentemente resultam em gerações sobrepostas (LAWRENCE, 1973).

A especialização em micofagia exerceu uma forte pressão seletiva na evolução das adaptações morfológicas, fisiológicas e de ciclo de vida dos ciídeos (LAWRENCE, 1989). Observa-se nessa família adaptações no aparelho bucal, como mandíbulas desenvolvidas nas larvas, além de modificações no ovipositor e no ciclo reprodutivo (LAWRENCE, 1989). Essas adaptações estão relacionadas à estrutura e consistência dos fungos hospedeiros, uma vez que fungos coriáceos e duradouros permitem pupação interna e um desenvolvimento larval mais longo (LAWRENCE, 1989; DELGADO-CASTILLO & NAVARRETE-HEREDIA, 2011). Por outro lado, o cuidado parental e a pupação no solo ocorrem em besouros que se alimentam de fungos moles e de curta duração (DELGADO-CASTILLO & NAVARRETE-HEREDIA, 2011). Além dessas características morfológicas e comportamentais, os ciídeos e

outros besouros fungívoros são capazes de reconhecer compostos voláteis liberados pelos fungos hospedeiros e desenvolveram mecanismos fisiológicos que lhes permitem se alimentar e reproduzir nesses fungos (GUEVARA *et al.*, 2000).

A ocorrência de cídeos se dá normalmente em basidiomas de Ganodermataceae, Hymenochaetaceae, Polyporaceae, Thelephoraceae e outros fungos decompositores de madeira (LAWRENCE, 1971; LAWRENCE & LOPES-ANDRADE, 2010). Há poucos registros de ocorrência de adultos de cídeos fora dos fungos e esses besouros apresentam, então, uma importância ambiental essencial, uma vez que são parte no processo de degradação de macrofungos poróides (LAWRENCE, 1973; LAWRENCE, 1971; ORLEDGE & REYNOLDS, 2005; LOPES-ANDRADE, 2007; GRAF-PETERS *et al.*, 2011).

Os cídeos são fortemente impactados por modificações ambientais que afetam a disponibilidade de basidiomas (JONSELL & NORDLANDER, 1995; RUKKE, 2000; THUNES *et al.*, 2000; ARAUJO *et al.*, 2015). Muitas espécies são restritas a florestas ou fragmentos florestais bem preservados, não ocorrendo em vegetações secundárias, mesmo quando estas estão próximas de áreas altamente preservadas (GUMIER COSTA, 2004). Há indícios de que pelo menos duas espécies, *Falsocis brasiliensis* Lopes-Andrade, 2007 e *Ceracis cassumbensis* Antunes-Carvalho & Lopes-Andrade, 2011, estejam gravemente ameaçadas de extinção (LOPES-ANDRADE & LAWRENCE, 2011; ANTUNES-CARVALHO & LOPES-ANDRADE, 2011; ARAUJO & LOPES-ANDRADE, 2016), sendo que esta última já foi incluída na lista de espécies ameaçadas com base em sua ocorrência restrita a uma área de restinga (ICMBio, 2018). Outras espécies também podem estar extintas ou ameaçadas devido à contínua fragmentação florestal e perda de habitat (ARAUJO *et al.*, 2015).

### 2.3.1 *Ceracis* no Brasil

O gênero *Ceracis* Mellié, pertencente à família Ciidae, é o segundo maior gênero de besouros fungívoros no Brasil e o mais estudado até o momento, com 52 espécies registradas no país (LAWRENCE, 2016; PECCI-MADDALENA & LOPES ANDRADE, 2017; SOUZA-GONÇALVES *et al.*, 2020). Esse gênero é mais diverso nas regiões Neotropical e Neártica, sendo a região Neotropical a mais rica em

diversidade e onde já foram reconhecidas cerca de 40 morfoespécies novas para a ciência em coleções (PECCI MADDALENA *et al.* 2014). Na região Neártica, a maioria das espécies ocorre em florestas temperadas, com distribuição do leste ao sul dos Estados Unidos, abrangendo também parte da costa do Golfo do México (LAWRENCE, 1967).

A maior parte do conhecimento sobre a fauna de *Ceracis* no Brasil está concentrada em áreas da Mata Atlântica, especialmente nas regiões Sul (GRAF-PETERS *et al.*, 2011; GRAF-PETERS *et al.*, 2018) e Sudeste (LOPES-ANDRADE, 2002; LOPES-ANDRADE *et al.*, 2002; GUMIER-COSTA *et al.*, 2003; ANTUNES-CARVALHO & LOPES-ANDRADE, 2013; PECCI-MADDALENA *et al.*, 2014; ARAUJO *et al.*, 2015; PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). Trabalhos pontuais também incluíram espécies presentes em outras regiões geopolíticas ou biomas do Brasil (ANTUNES-CARVALHO & LOPES-ANDRADE, 2011; ANTUNES-CARVALHO & LOPES-ANDRADE, 2013; PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017).

As espécies de *Ceracis* com informações biológicas registradas na literatura foram encontradas em diferentes fungos decompositores de madeira, especialmente na família Polyporaceae (LAWRENCE, 1967; PECCI-MADDALENA *et al.*, 2014). Entretanto, *C. cornifer*, *C. furcifer*, *C. hastifer* e *C. ruficornis* apresentam uma associação mais especializada com as espécies de fungos que ocupam (PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). Espécies do grupo *furcifer* parecem ser os únicos besouros realmente especializados no consumo de *Trametes sanguinea*, uma espécie de fungo com poucos registros de insetos fungívoros (PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). O grupo *furcifer* provavelmente desenvolveu resistência aos compostos do basidioma de *Trametes sanguinea* (GRAF-PETERS *et al.*, 2011), que contém altas concentrações de cinabarinas e outras substâncias tóxicas com ação antibiótica (SMÂNIA *et al.*, 2011; GRAF-PETERS *et al.*, 2011; PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). O fato de esses besouros utilizarem quase exclusivamente esse hospedeiro, amplamente distribuído em áreas abertas da região Neotropical, pode ter colocado as espécies do grupo em uma estase evolutiva (PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017).

#### 2.4 Estudos sobre insetos e atributos funcionais de fungos

Até o momento, praticamente não existem estudos relacionados aos atributos funcionais e fatores que influenciam a ocorrência de insetos em fungos. Borlini (2017) estudou besouros associados a basidiomas em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada em Viçosa (MG) e, assim, como Araújo *et al.* (2015), observou que a área superficial dos basidiomas influenciou positivamente tanto a riqueza quanto a abundância dos besouros em seus fungos hospedeiros, ou seja, fungos com áreas maiores mantiveram maior número de espécies e maior número de indivíduos de besouros micetobiontes. Esses trabalhos foram os únicos realizados sobre esse tema no Brasil.

Recentemente, Lunde *et al.* (2022), estudando artrópodes de florestas boreais da Finlândia, verificaram que a comunidade de artrópodes foi estruturada de acordo com a persistência do hospedeiro fúngico, pois maiores proporções de besouros e ácaros oribatídeos foram associados a fungos que possuíam vida mais longa.

Estudar essa relação pode contribuir para o entendimento das interações ecológicas, os atributos funcionais dos fungos, como tamanho do basidioma, porosidade, coloração e textura, caso seja confirmado que são capazes de influenciar diretamente a presença e abundância de besouros fungívoros vai melhorar a compreensão sobre as relações entre esses organismos, permitindo uma visão mais detalhada da estrutura da comunidade ecológica e esse entendimento além de novos registros podem ajudar na preservação de espécies ameaçadas (NEW, 2010; ARAUJO *et al.*, 2015). Protegendo habitats ricos em fungos poróides, é possível preservar também os insetos micetócolos, contribuindo para a conservação de múltiplos níveis tróficos (ARAUJO *et al.*, 2015). Insetos fungívoros podem ser importantes para controlar populações de fungos que causam danos a plantações ou madeira (ARAUJO *et al.* 2015; PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). Fungos possuem compostos bioativos que podem ser explorados em áreas como biotecnologia, medicina e indústria. Conhecer os atributos que atraem insetos fungívoros pode facilitar a descoberta de novos compostos e substâncias produzidas em respostas a interações com insetos em futuros estudos baseados neste projeto.

### **3. OBJETIVOS**

### 3.1 Objetivo Geral:

- Detectar a riqueza e a abundância de insetos em Agaricomycetes poróides coletados em áreas de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil e os fatores que as influenciam.

### 3.2 Objetivos Específicos:

- Detectar a riqueza de insetos ocorrentes em Agaricomycetes poróides;
- Detectar a riqueza de Agaricomycetes poróides com ocorrência de insetos;
- Avaliar a frequência de ocorrência de insetos em Agaricomycetes poróides;
- Verificar a relação entre os morfotipos de insetos com atributos funcionais de Agaricomycetes poróides;
- Comparar a variação de atributos funcionais dos fungos com a diversidade de besouros;
- Identificar os fungos coletados;
- Identificar a entomofauna presente nos basidiomas coletados;
- Realizar a análise molecular dos insetos presentes em Agaricomycetes poróides.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo

As coletas de Agaricomycetes poróides (orelhas de pau) foram realizadas no Campus da UFPE e Apipucos em Recife, nos arredores da Escola Waldorf Rural Turmalina em Paudalho, na Reserva Biológica (REBIO) Saltinho em Tamandaré, em Pernambuco, e na REBIO Guaribas em Mamanguape, na Paraíba, entre novembro de 2022 e maio de 2024.

### 4.2 Coleta e Análise Morfológica dos Agaricomycetes Poróides

Nas áreas de coleta, foram observados locais úmidos com presença de substratos propícios ao surgimento de Agaricomycetes poróides (orelhas de pau), tais como troncos mortos, folheto, raízes aparentes e outros. Os basidiomas foram coletados e acondicionados em sacos de papel, nos quais foram anotados dados de coleta (data, espécie vegetal, quando possível). No Laboratório de Basidiomycota (LabB) da UFPE, uma parte de cada basidioma foi colocada em estufa a 45-50°C pelo tempo necessário para a secagem total, entre 2 e 7 dias para evitar a degradação e facilitar uma comparação de quando o fungo estava inteiro em relação às câmaras úmidas onde foram acondicionadas as outras partes do basidioma.

Os fungos foram analisados macroscopicamente de acordo com o tamanho (comprimento, largura, espessura) e morfologia dos poros, do contexto e da margem do basidioma. Para observação microscópica do material, foram confeccionados cortes à mão livre da superfície himenial, do contexto e da superfície abhimenial com lâminas de aço. O reagente utilizado foi o KOH para observar os esporos e o material foi identificado de acordo com a literatura específica (RYVARDEN 2004, 2015, 2016).

Adicionalmente, atributos funcionais foram selecionados (cor, tamanho e poros por milímetro) dentre as características morfológicas para análise entre possível relação destas características com os morfotipos de insetos coletados nos basidiomas.

#### 4.3 Coleta e Análise Morfológica dos Insetos

No LabB, parte dos basidiomas foi mantida em câmaras úmidas, criadas com a utilização de um recipiente de plástico transparente. Dentro de cada recipiente, além da amostra, havia também toalhas de papel interfolhadas umedecidas com água sempre que secavam, para manter a amostra úmida, permitir o desenvolvimento dos insetos pré-existentes e observar possível fungivoria, sinais de eclosão e outras interações entre o inseto e o fungo.

A observação foi feita em dias intercalados, e o tempo variava de amostra para amostra. Aquelas que não apresentavam insetos foram observadas por no máximo 5 minutos, enquanto que amostras com grande ocorrência de insetos foram observadas por cerca de 15 a 20 minutos, variando conforme as ações observadas

em cada uma, como o surgimento de um novo morfótipo, algum comportamento diferente ou outras interações.

Essas câmaras foram acompanhadas até que o basidioma estivesse completamente degradado, no caso daqueles que apresentaram fungivoria. Aqueles que não apresentaram sinais de fungivoria foram descartados após dois meses de observação. Os insetos foram coletados com o uso de pinças das câmaras úmidas e acondicionados em tubos Eppendorf com álcool 70% para fixação e conservação até as análises morfológicas e moleculares.

No LabB, os insetos foram separados por morfotipos e preliminarmente identificados no Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Insetos (Departamento de Zoologia, UFPE). Para o estabelecimento de morfotipos, foram utilizados caracteres morfológicos macroscópicos, tais como: coloração, morfologia da cabeça, tórax e abdômen, formato da mandíbula, presença ou não de chifres, manchas características, posição dos olhos e antenas, pilosidade, número de segmentos, dentre outros caracteres, a depender do grupo de inseto coletado, de acordo com a literatura específica (ENDRODI, 1985).

Algumas espécies foram morfológicamente analisadas com a ajuda de Cristiano Lopes Andrade no Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa e Igor de Souza Gonçalves do Departamento de Agronomia na Universidade Rural de Pernambuco.

#### 4.4 Identificação Molecular de Insetos

Para a extração de DNA dos insetos mais abundantes, pelo menos cinco representantes adultos dos morfotipos mais abundantes foram triturados separadamente com auxílio de um bastão de vidro, utilizando CTAB 4% e colocados em tubos de microcentrífuga de 1,5 ml. Em seguida, os genes mitocondriais 16S do ribossomo e COI - citocromo c oxidase I foram amplificados.

A desnaturação do DNA ocorreu a 95 °C durante 5 minutos, seguido de 34 ciclos de amplificação (94 °C por 30 segundos, 45 s sob a temperatura específica de pareamento de cada primer que variou de 48 °C a 72 °C, e 5 min a 72 °C) e uma etapa de extensão final a 4 °C por 5 min. Os produtos de PCR foram separados por eletroforese em gel de agarose a 1,8% por 2h e 30min. O gene citocromo oxidase subunidade I (COI) do DNA foi amplificado a partir do par de primers HCO2198R

com a sequência: (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') e LCO1490F com a sequência: (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'), ambas descritas por Folmer *et al.*, 1994. Os primers utilizados em 16S foram Lepto F (forward) com a sequência: (5'-CCCGCGTCCGATTAG-3') e Lepto R (reverse) com a sequência: (5'-TCCATTGTGGCCGRA/GACAC-3'), ambas sequências descritas por Ahmed *et al.*, 2006.

Posteriormente, as sequências obtidas foram comparadas às sequências disponíveis no Genbank utilizando a ferramenta Blast do NCBI.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Fungos Poróides e Insetos Coletados

Foram coletadas 50 amostras de Agaricomycetes poróides (Tab. 1) que correspondem a 8 espécies: *Earliella scabrosa* (Pers.) Gilb. & Ryvardeen, *Fulvifomes* cf. *rhytiphloeus* (Mont.) Camp.-Sant. & Robledo, *Fuscoporia* cf. *licnoides* (Mont.) Oliveira-Filho & Gibertoni, *Hexagonia hydnoides* (Sw.) M. Fidalgo, *Hymenochaete damicornis* (Link) Lév., *Rigidoporus lineatus* (Pers.) Ryvardeen, *Rigidoporus microporus* (Sw.) Overeem e *Trametes sanguinea* (Klotzsch) Pat.

Foram coletados 736 insetos representantes das ordens Coleoptera (716), Hemiptera (6), Hymenoptera (1) e Blattodea (13) (Quadro 1). Destes, foi possível determinar 11 táxons e/ou morfotipos: *Ceracis furcifer* (Figura 1), *Ceracis taurulus* e *Cis nitidus* (Ciidae, Coleoptera), Ciidae não identificado, *Philonthus* sp. (Staphylinidae, Coleoptera), *Platydema* cf. *elliptica* (Tenebrionidae, Coleoptera), Tenebrionidae não identificado (Coleoptera, com manchas brancas), *Nasutitermes corniger* (Termitidae, Blattodea), formiga não identificada (Formicidae, Hymenoptera), além de piolho não identificado (Psocidae, Phthiraptera) e colêmbolo não identificado (Collembola) que mesmo não tendo sido coletados, foram considerados morfotipos presentes pela grande ocorrência. As pupas e larvas não foram contabilizadas e uma exceção foi feita para o colêmbolo pela grande ocorrência na amostra em que foi observado.

Das 50 amostras coletadas e observadas, 31 delas não apresentaram insetos. Algumas amostras se destacaram com uma grande amostragem de espécimes de insetos (câmaras úmidas 5, 9 e 31).

TABELA 1. Atributos funcionais e dados coletados no trabalho.

Amostra	Tamanho do Basidioma	Poros/mm	Sinal de eclosão (E) e/ou de fungivoria (F)	Larvas	Coloração da superfície abhimental	Coloração da superfície himenial	Morfotipos/ espécies de insetos por basidioma	Total de insetos adultos por basidioma	Localidade	Táxon
Eco 64	< 5 cm	5	0	0	Branca	Branca	0	0	REBIO Saltinho	<i>Earliella scabrosa</i>
2	> 5 cm	4	E	0	Marrom-clara	Amarela	2	14	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
3	< 5 cm	5	E e F	0	Marrom-clara	Amarela	2	4	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
9	< 5 cm	2	E e F	0	Amarela	Amarela	2	87	Paudalho	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
10	< 5 cm	4	0	0	Cinza	Cinza	0	0	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
14	< 5 cm	4	0	0	Marrom-clara	Amarela	2	2	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
24	> 5 cm	3	0	0	Marrom	Amarela	0	0	SAFE UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
26	< 5 cm	2	0	0	Marrom-clara	Amarela	0	0	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
35	< 5 cm	5	0	0	Marrom-escuro	Amarela	0	0	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
37	< 5 cm	5	0	0	Marrom-clara	Marrom-escuro	0	0	Campus UFPE	<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>
1	> 5 cm	3	E e F	0	Marrom-clara	Marrom-escuro	2	8	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
4	< 5 cm	3	E e F	0	Marrom-clara	Marrom-escuro	1	3	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
6	> 5 cm	2	E	3	Bege	Branca	1	6	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
17	> 5 cm	2	0	0	Preta	Marrom	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>

18	> 5 cm	2	0	0	Cinza	Marrom-clara	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
21	> 5 cm	3	0	0	Marrom	Marrom	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
22	> 5 cm	3	0	0	Marrom	Marrom	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
23	> 5 cm	3	0	0	Marrom	Marrom	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
25	> 5 cm	3	0	0	Marrom-clara	Marrom-clara	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
28	> 5 cm	3	0	0	Marrom-clara	Marrom	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
29	> 5 cm	2	0	0	Marrom	Marrom-clara	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
30	> 5 cm	2	0	0	Preta	Preta	0	0	Campus UFPE	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
Eco 68	< 5 cm	2	0	0	Marrom-escuro	Marrom-clara	0	0	REBIO Saltinho	<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>
38	< 5 cm	4	E e F	0	Marrom-clara	Marrom	3	18	Apipucos	<i>Fuscoporia sp.</i>
Eco 48	< 5 cm	3	0	0	Marrom-escuro	Marrom-clara	0	0	REBIO Saltinho	<i>Fuscoporia sp</i>
32	< 5 cm	0	E e F	0	Branca	Marrom	2	5	REBIO Saltinho	<i>Ganoderma sp.</i>
7	< 5 cm	3	0	0	Marrom-clara	Preta	0	0	Campus UFPE	<i>Hexagonia hydroides</i>
8	< 5 cm	3	0	0	Marrom-escuro	Marrom-clara	0	0	Campus UFPE	<i>Hexagonia cf. hydroides</i>
Eco 75	< 5 cm	6	0	0	Marrom	Marrom	0	0	REBIO Saltinho	<i>Hymenochaete damicornis</i>
12	< 5 cm	5	0	0	Branca	Marrom-clara	3	7	Campus UFPE	<i>Rigidoporus lineatus</i>
16	> 5 cm	-	0	0	Branca	Branca	0	0	Campus UFPE	<i>Rigidoporus lineatus</i>

13	< 5 cm	2	0	0	Marrom-clara	Preta	1	5	Campus UFPE	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
19	> 5 cm	6	E e F	0	Branca	Branca	2	28	Campus UFPE	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
20	> 5 cm	5	E e F	0	Branca	Amarela	2	41	Campus UFPE	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
31	< 5 cm	6	E e F	20	Bege	Bege	1	394	REBIO Saltinho	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
34	< 5 cm	4	F	0	Branca	Branca	0	0	Campus UFPE	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
36	> 5 cm	5	0	0	Marrom-clara	Marrom-escura	0	0	Campus UFPE	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
Eco 20	< 5 cm	4	F	0	Marrom-clara	Marrom-clara	0	0	REBIO Saltinho	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
Eco 31	< 5 cm	4	E e F	0	Marrom-escura	Marrom-escura	0	0	REBIO Saltinho	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
Eco 65	< 5 cm	3	0	0	Bege	Bege	0	0	REBIO Saltinho	<i>Rigidoporus cf. microporus</i>
5	< 5 cm	6	E e F	6	Branca	Marrom-clara	5	105	Campus UFPE	<i>Rigidoporus microporus</i>
15	< 5 cm	2	E e F	0	Laranja	Laranja	0	0	Campus UFPE	<i>Trametes sanguinea</i>
27	< 5 cm	2	0	0	Laranja	Laranja	0	0	Paudalho	<i>Trametes sanguinea</i>
GG11	< 5 cm	2	E e F	0	Laranja	Laranja	2	6	REBIO Guaribas	<i>Trametes sanguinea</i>
GG12	< 5 cm	2	0	0	Laranja	Laranja	1	3	REBIO Guaribas	<i>Trametes sanguinea</i>
GG13	< 5 cm	2	0	0	Laranja	Laranja	0	0	REBIO Guaribas	<i>Trametes sanguinea</i>
33	< 5 cm	3	0	0	Laranja	Laranja	0	0	Campus UFPE	<i>Trametes sanguinea</i>
39	> 5 cm	2	0	0	Laranja	Laranja	0	0	Campus UFPE	<i>Trametes sanguinea</i>

40	< 5 cm	4	0	0	Branca	Branca	0	0	Campus UFPE	<i>Trametes supermodesta</i>
----	--------	---	---	---	--------	--------	---	---	-------------	----------------------------------

Fonte: O autor, 2024.

**Quadro 1:** Espécies e morfotipos de insetos em relação ao fungo.

<b>Espécie de fungo</b>	<b>Espécie/Morfotipo de inseto</b>
<i>Fuscoporia cf. licnoides</i>	<i>Cis nitidus</i> e formiga
<i>Fulvifomes cf. rhytiphloeus</i>	<i>Cis nitidus</i> , formiga, <i>Ceracis cf. furcifer</i> e <i>Nasutitermes corniger</i>
<i>Rigidoporus microporus</i>	<i>Cis nitidus</i> , <i>Platydema cf. elliptica</i> , formiga, <i>Nasutitermes corniger</i> , piolho e Ciidae não identificado
<i>Trametes sanguinea</i>	<i>Ceracis furcifer</i> e <i>Cis nitidus</i>
<i>Rigidoporus cf. lineatus</i>	<i>Cis nitidus</i> , <i>Philonthus</i> sp. e formiga
<i>Ganoderma</i> sp.	<i>Cis nitidus</i> e <i>Platydema cf. elliptica</i>
<i>Fuscoporia</i> sp.	<i>Ceracis taurulus</i> , colêmbolo e Tenebrionidae não identificado

Fonte: O autor, 2024.

**Figura 1:** 5 indivíduos de *Ceracis furcifer* em diferentes posições.

Fonte: O autor, 2024.

Dentre os insetos coletados, foram geradas sequências de DNA para seis dos 11 morfotipos observados. Os morfotipos L1 ao L6 foram selecionados para extração de DNA por possuírem uma quantidade adequada de indivíduos da mesma espécie preservados, o que resultou em duas sequências de COI e cinco de 16S (Quadro 2).

**Quadro 2:** O quadro apresenta os resultados da similaridade (%), com base em pesquisas blast no GenBank, das sequências de DNA das amostras de insetos com sequências do banco de dados do NCBI. X = sem sucesso no sequenciamento; ok = com sucesso no sequenciamento.

<b>Amostr a</b>	<b>COI</b>	<b>16S</b>	<b>Blast</b>
L1	X	ok	16S = 85.82% com <i>Platydema</i> sp. KJ002970.1
L2	X	ok	16S = 85.08% com <i>Cis nitidus</i> DQ202540.1
L3	X	ok	16S = 99.48% com <i>Nasutitermes corniger</i> OL875055.1
L4	ok	ok	16S = 83,25% com <i>Cis boleti</i> FJ903769.1 COI = 96.04% com <i>Ceracis furcifer</i> JN311587.1
L5	ok	X	COI = 95.38% com <i>Ceracis furcifer</i> JN311587.1
L6	X	ok	16S = 83.21% com <i>Ochthebius viridis</i> HF931474.1 (resultado provavelmente proveniente de uma contaminação, pois esta espécie não tem relação com o espécime selecionado).

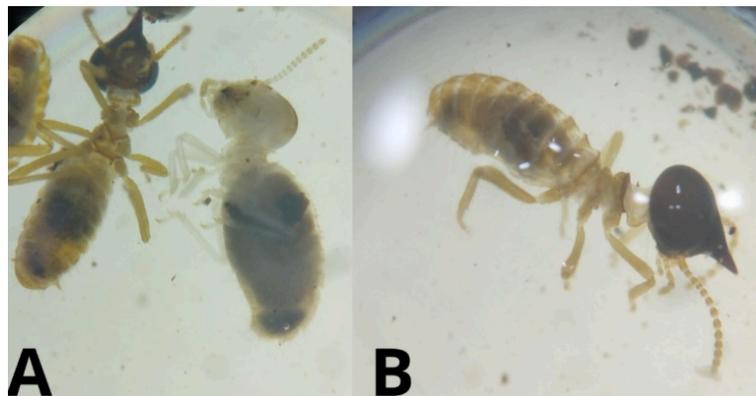
Fonte: O autor, 2024.

Os resultados das amostras L2, L4, L3 e L5 já eram esperados, pois as análises morfológicas indicavam as espécies como sendo *Cis nitidus*, *Nasutitermes corniger* e *Ceracis furcifer* (PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE, 2017). No caso da sequência de 16S da amostra L4, foi observada uma similaridade baixa com a sequência FJ903769 de um indivíduo de *Cis boleti* coletado na República Checa.

Adicionalmente, o sequenciamento do morfotipo L1 foi essencial para sua determinação. Desta forma, a utilização de análises moleculares para insetos se configura como de grande importância para a melhor compreensão das comunidades micófagas encontradas em basidiomas.

A maior parte dos insetos coletados neste trabalho pertenceu à Coleoptera e as discussões, então, serão focadas neste grupo. As primeiras amostras coletadas e observadas foram a amostra 1 até a 13 (Figura 3 A, B, C e D). A amostra 01 (*Fuscoporia licnoides*) apresentou oito besouros *Cis nitidus* na fase adulta e uma formiga não identificada. A amostra 02 (*Fulvifomes cf. rhytiphloeus*) apresentou 11 cupins *Nasutitermes corniger* (Figura 2), além de três besouros *Cis nitidus*.

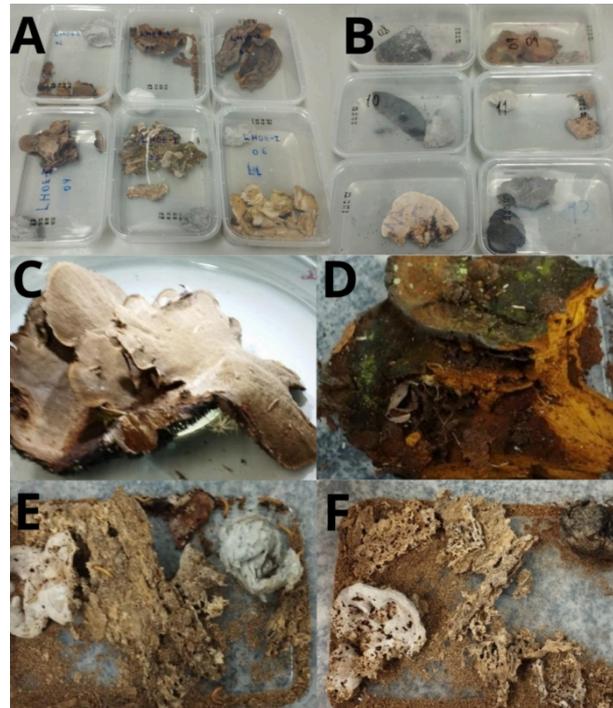
**Figura 2 (amostra 02, *Nasutitermes corniger*) A:** Cupins soldado (com pinça) e operário. **B:** Cupim soldado.



Fonte: O autor, 2024.

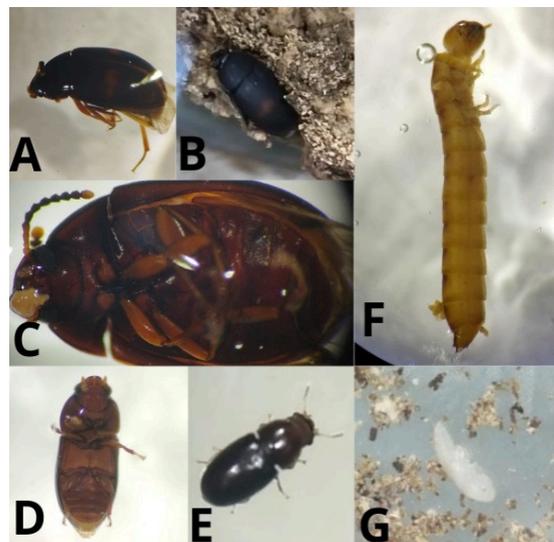
A amostra 03 (*Fulvifomes rhytiphloeus*) apresentou uma formiga não identificada e um besouro *Cis nitidus*. A amostra 04 (*Fuscoporia cf. licnoides*) apresentou três besouros *Cis nitidus*. Das amostras de fungos, a 05 (*Rigidoporus microporus*) apresentou o maior número de morfotipos de insetos (Tab. 1), apresentando também desgaste em todo o basidioma ao fim do período observacional devido à fungivoria (Figura 3 E e F). Foram observados *Cis nitidus* (Figura 4 D e E), além de *Platydema cf. elliptica* (Figura 4 A, B e C), piolhos, larvas (Figura 4 F), pupa (Figura 4 G), formiga não identificada e *Nasutitermes corniger* (Figura 2 A e B). As larvas eram amareladas e morriam após desenvolver coloração mais escura, impossibilitando sua associação a um estágio adulto. A pupa é possivelmente de *Cis nitidus*, já que era o inseto mais abundante na amostra.

**Figura 3** **A:** Amostras 01 a 06 em suas câmaras úmidas. **B:** Amostras 08 a 13 em suas câmaras úmidas. **C:** Amostra 07 coletada um dia após a coleta das amostras 01 a 06. **D:** Amostra 14 coletada um dia após a coleta das amostras 08 a 13. **E:** Amostra 05 com 1 mês de observação, com expressiva ocorrência de besouros, larvas, piolhos e pupas, além de um visível desgaste do basidioma se comparado à quando coletado. **F:** Amostra 05 após 69 dias de observação.



Fonte: O autor, 2024.

**Figura 4 (amostra 5)** **A, B e C :** *Platydemus* cf. *elliptica*. Em C, um possível fragmento de basidioma em seu aparelho bucal. **D:** *Cis nitidus*. **E:** *Cis nitidus*. **F:** Larva amarela não identificada. **G:** Pupa de inseto não identificado.



Fonte: O autor, 2024.

A amostra 06 (*Fuscoporia cf. licnoides*) apresentou seis besouros *Cis nitidus* e foi degradada devido a uma grande quantidade de ácaros não identificados (YAMASHITA & HIJII, 2003. NAKAMORI & SUZUKI, 2005). Na amostra 09 (*Fulvifomes cf. rhytiphloeus*), os besouros coletados (Figura 5 A, B e C) eram relativamente menores aos da amostra 05. Os besouros eram representantes de *Cis nitidus* (Figura 5 A) e apresentavam, em grande parte, coloração preta, com poucos de cor amarelada. Foi observado também um espécime de Coleoptera não identificado de cor amarelada com chifre, todos os insetos presentes na amostra tinham aproximadamente 1 a 2 mm de comprimento, enquanto na amostra 05 a maioria possuía cerca de 3 mm (Figura 4 E).

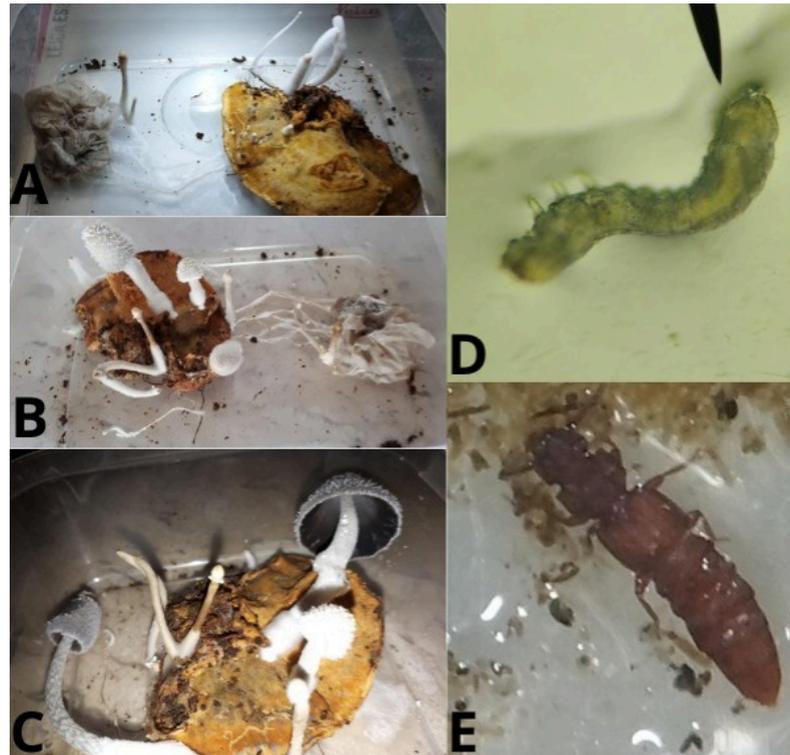
**Figura 5 (amostra 9) A:** *Cis nitidus*. **B:** *Ceracis cf. furcifer*. **C:** *Ceracis cf. furcifer* de coloração dourada sem a parte inferior do corpo.



Fonte: O autor, 2024.

Na amostra 12 (*Rigidoporus cf. lineatus*), foram coletados sete Ciidae adultos, morfotipos não observados em outros basidiomas (Figura 6 E e D) e uma formiga não identificada. Além disso, esta foi a única amostra onde houve o crescimento de um basidioma de *Coprinus* sp. na câmara úmida (Figura 6 A, B e C). Esta amostra também apresentou larvas não identificadas (Figura 6 D) e, nas últimas duas semanas de observação, foi possível observar a ocorrência de *Philonthus* sp. (Figura 6 E) em grande quantidade. Após o crescimento, *Coprinus* sp. deliquesceu e o basidioma da amostra, já em estado avançado de degradação, foi descartado.

**Figura 6 (amostra 12) A** : Fase inicial do crescimento de *Coprinus* sp. no basidioma e no papel. **B**: Fase intermediária. **C**: Fase final do crescimento de *Coprinus* sp. **D**: Possível larva de besouro não identificada. **E**: *Philonthus* sp., que se multiplicou muito rapidamente na última semana de observação.

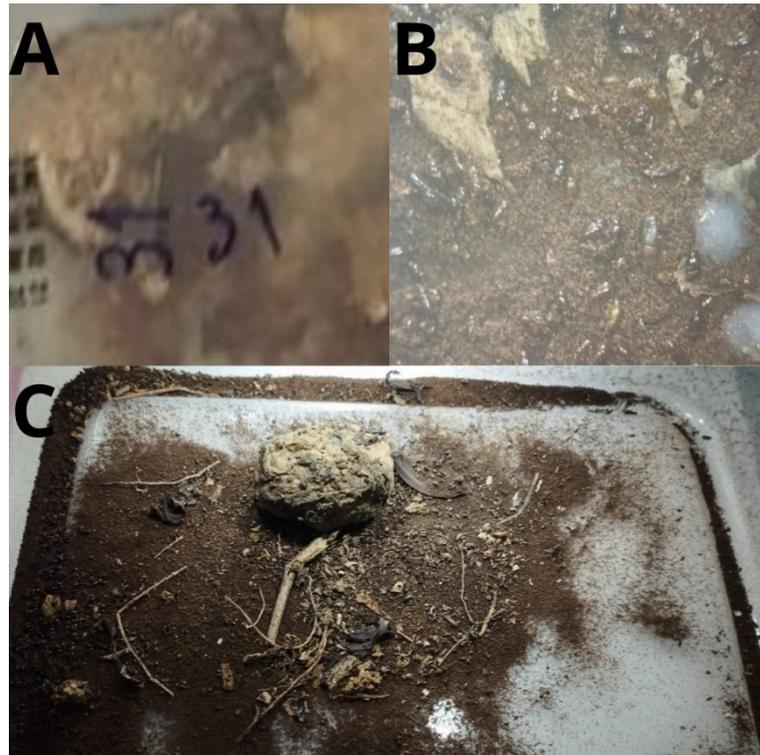


Fonte: O autor, 2024.

A amostra 13 (*Rigidoporus* cf. *lineatus*) apresentou cinco Ciidae adultos e a amostra 14 (*Fulvifomes* cf. *rhytiphloeus*), coletada no mesmo local da amostra 02 apresentou dois Ciidae, um *Cis nitidus* e uma formiga não identificado. A amostra 19 (*Rigidoporus* cf. *microporus*) apresentou um Ciidae não identificado com dois chifres e 23 *Cis nitidus*. Na amostra 20 (*Rigidoporus* cf. *microporus*), foram coletados 40 *Cis nitidus* e um *Platydemus* cf. *elliptica*. Na amostra 31 (*Rigidoporus* cf. *microporus*) foram coletados 394 espécimes de *Cis nitidus* (Figura 7 B). A amostra GG11 (*Trametes sanguinea*) apresentou 5 *Ceracis furcifer* (L4) e um *Cis nitidus*. A amostra GG12 (*Trametes sanguinea*) apresentou 3 Coleoptera não identificados (Figura 8 B). *Ceracis furcifer* ocorre frequentemente em *Trametes sanguinea*, sendo relatado por

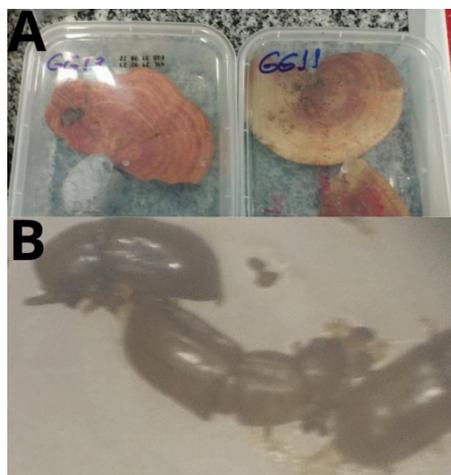
Pecci-Maddalena & Lopes-Andrade (2017) na região neotropical, do sul da Argentina ao sul dos EUA. *Ceracis furcifer* é uma nova ocorrência para a região Nordeste.

**Figura 7 (A):** Começo da observação da amostra 31 em outubro de 2023, uma semana após a coleta e com basidioma completo. **(B):** Grande concentração de besouros (*Cis nitidus*) na amostra 31. **(C):** Situação da amostra 31 no final da observação em março de 2024, com o basidioma totalmente degradado pelos besouros.



Fonte: O autor, 2024.

**Figura 8 (A):** Duas amostras de *Trametes sanguinea* (GG13 e GG11) no começo da observação. **(B):** Ocorrência de *Ceracis furcifer* (L5) na amostra GG11.



Fonte: O autor, 2024.

Na amostra 32 (*Ganoderma* sp.), ocorreram um *Platydemus* cf. *elliptica* e quatro *Cis nitidus*. Na amostra 38 (*Fuscoporia* sp.), depois de duas semanas de observação foi possível observar vários nematóides ao redor do basidioma, ovos, larvas, uma grande quantidade de colêmbolos (figura 9 A) que aumentava a cada dia, além de 11 *Ceracis taurulus* (figura 9 B) e 7 Tenebrionidae não identificados com manchas brancas (figura 9 C). O basidioma dessa amostra foi o maior em dimensões na câmara úmida.

**Figura 9 (A):** Um colêmbolo dos diversos que se proliferaram pela amostra 38. **(B):** Um espécime de *Ceracis taurulus* coletado na amostra 38. **(C):** Tenebrionidae não identificado com manchas brancas.



Fonte: O autor, 2024.

As amostras coletadas realizadas na REBIO de Saltinho durante a disciplina BF912 - Taxonomia e Ecologia de Basidiomycota em maio de 2024 (Eco 20, 31, 40, 64, 65, 68 e 75), foram as últimas câmaras úmidas observadas, tendo assim um menor tempo de visualização em comparação com as outras amostras.

No primeiro mês de observação, a ocorrência de insetos em todas as amostras foi praticamente nula, mas a abundância de insetos aumentou gradativamente com o tempo, principalmente *Cis nitidus* e ácaros (YAMASHITA & HIJII, 2003. NAKAMORI & SUZUKI, 2005).

Foi possível observar que o basidioma da amostra 31 apresentou a maior quantidade de besouros em comparação com as outras amostras coletadas (Tab. 1). Além disso, assim como nos outros basidiomas onde havia ocorrência de besouros, havia mais cavidades na superfície, sinais de fungivoria e eclosão. A amostra 31 (figura 7 e figura 12 C) foi coletada em um ambiente preservado (REBIO de Saltinho) e isso pode ter influenciado a quantidade de insetos.

Foi também observado que os besouros e larvas se agrupavam nos cantos do recipiente para morrer longe do basidioma, enquanto os besouros e larvas saudáveis estavam dentro ou no entorno do fungo. Os insetos adultos mortos foram coletados e as larvas mortas foram apenas registradas, enquanto os besouros menores e larvas vivos foram deixados na amostra para observação do desenvolvimento das larvas e se a população de besouros aumentaria.

Também foi possível registrar que *Ceracis furcifer*, até o momento, ocorreu apenas em *Trametes sanguinea*, como também observado por Pecci-Maddalena & Lopes-Andrade (2017). Adicionalmente, foi observado que, em todos os basidiomas que apresentaram insetos havia, no mínimo, um indivíduo de Ciidae e que a maioria dos insetos coletados e que estava se alimentando dos basidiomas pertenciam à ordem Coleoptera, resultados semelhantes aos encontrados por Lopes-Andrade *et al.* (2020). A grande presença de Ciidae já era esperada uma vez que é uma família de besouros que precisa da associação com os fungos para sobreviver (Rosa-Oliveira, 2022). Houve diferentes insetos em fases adultas e larvais ocorrendo nas amostras, além de situações atípicas em algumas delas, como o crescimento de um novo fungo na amostra 12 (*Rigidoporus cf. lineatus*), abrindo margem para a realização de novos estudos nessa temática.

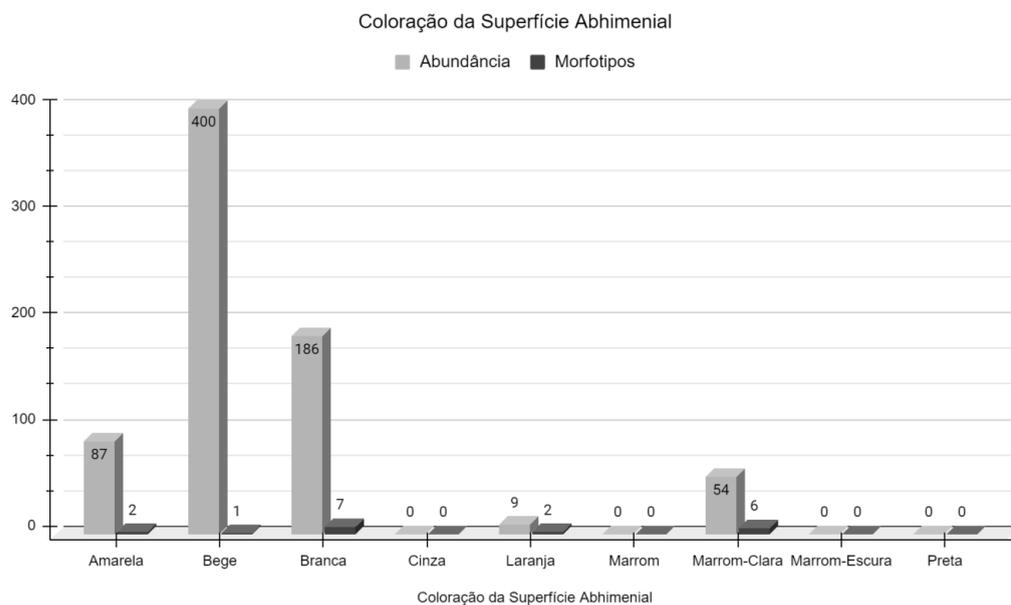
## 5.2. Insetos e Atributos Funcionais

Em relação aos atributos funcionais dos fungos que poderiam influenciar a ocorrência de insetos frugívoros, foi observado que superfícies abhimeniais e himeniais bege apresentaram a maior abundância de insetos, enquanto as marrons-claras e brancas atraíram maior número de morfotipos em superfícies abhimeniais (Gráfico 1 e Quadro 3) e marrom-clara em himeniais (Gráfico 2 e Quadro 4).

**Quadro 3:** Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em cada coloração da superfície abhimental.

Coloração da Superfície Abhimental	Abundância	Morfotipos	Espécies/morfotipos
Amarela	87	2	<i>Cis nitidus</i> e Ciidae com um chifre
Bege	400	1	<i>Cis nitidus</i>
Branca	186	7	<i>Cis nitidus</i> , <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> , formiga, <i>Philonthus</i> sp., <i>Nasutitermes corniger</i> , piolho e Ciidae com dois chifres
Cinza	0	0	-
Laranja	9	2	<i>Cis nitidus</i> e <i>Ceracis furcifer</i>
Marrom	0	0	-
Marrom-Clara	54	6	<i>Cis nitidus</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , formiga, <i>Ceracis taurulus</i> , colembolo e Tenebrionidae não identificado
Marrom-Escura	0	0	-
Preta	0	0	-

**Gráfico 1:** Abundância e morfotipos em relação à coloração da superfície abhimental.



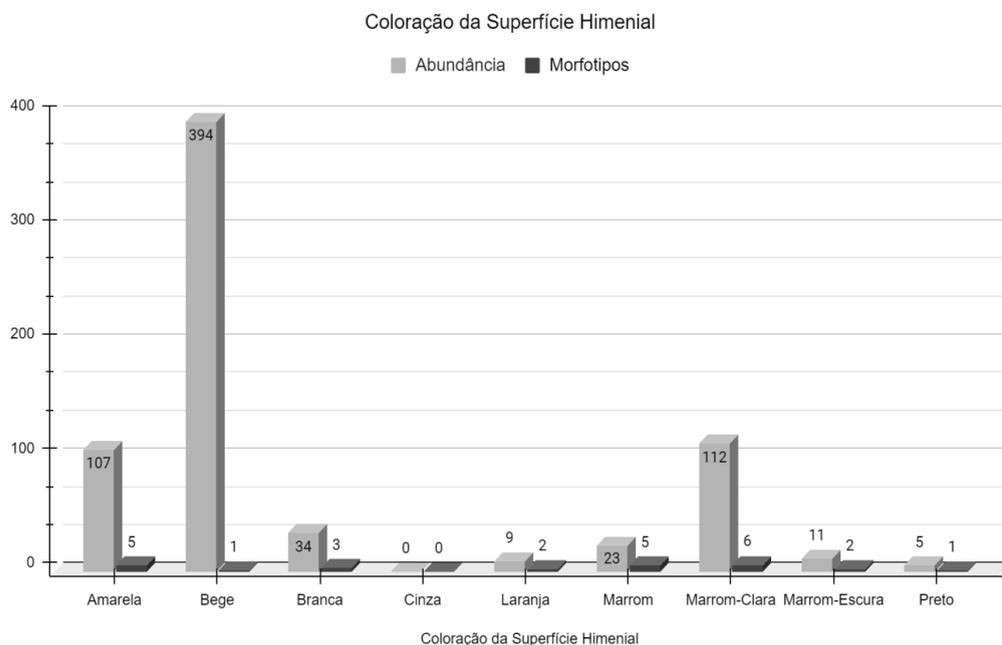
Fonte: O autor, 2024.

**Quadro 4:** Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em cada coloração da superfície himenial.

Coloração da Superfície Himenial	Abundância	Morfotipos	Espécies/morfotipos
Amarela	107	5	<i>Cis nitidus</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , formiga, Ciidae com um chifre e <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i>
Bege	394	1	<i>Cis nitidus</i>
Branca	34	3	<i>Cis nitidus</i> e Ciidae com dois chifres
Cinza	0	0	-
Laranja	9	2	<i>Cis nitidus</i> e <i>Ceracis furcifer</i>
Marrom	23	5	<i>Cis nitidus</i> , <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> , <i>Ceracis taurulus</i> , colembolo e Tenebrionidae não identificado
Marrom-Clara	112	6	<i>Cis nitidus</i> , <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> , formiga, piolho e <i>Nasutitermes corniger</i> e <i>Philonthus</i> sp.
Marrom-Escura	11	2	<i>Cis nitidus</i> e formiga
Preta	5	1	<i>Cis nitidus</i>

Fonte: O autor, 2024.

**Gráfico 2:** Abundância e morfotipos em relação à coloração da superfície himenial.



Fonte: O autor, 2024.

Em relação aos basidiomas com maior quantidade de poros por milímetro e também de tamanho, foi possível observar uma maior abundância e diversidade de

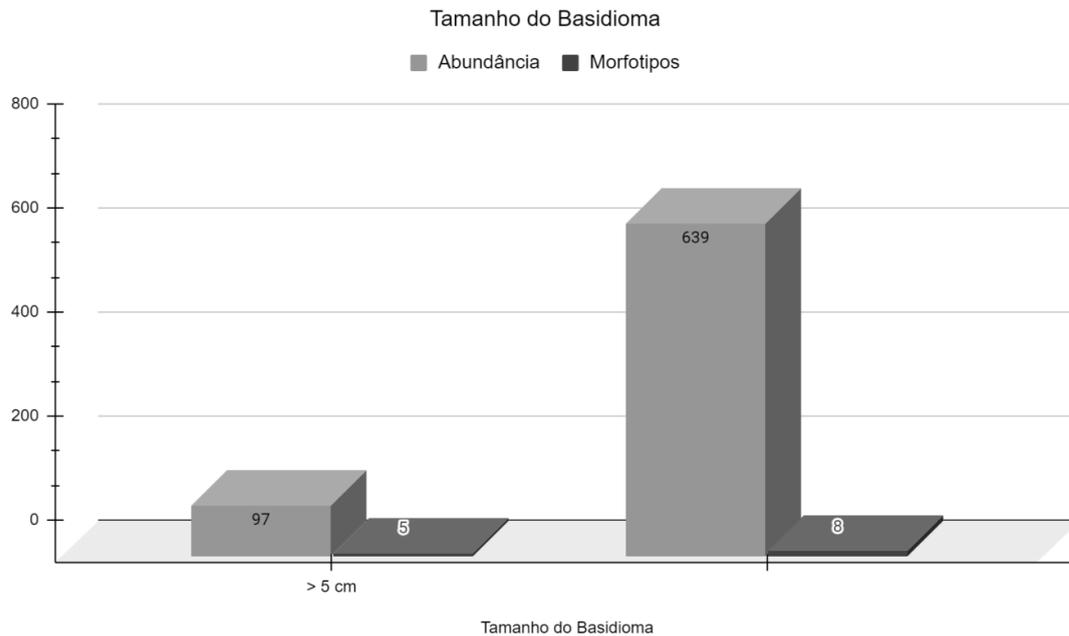
insetos se comparados com as demais amostras (Quadro 6 e Gráfico 4), sendo *Cis nitidus* a espécie mais abundante, resultado semelhante ao observado por Graf-Peters (2008), em que grande parte dos insetos coletados em basidiomas também pertenciam à Ciidae.

Fungos com áreas maiores mantiveram maior número de espécies (Quadro 5 e Gráfico 3) e maior número de indivíduos de besouros micetobiontes, assim como foi observado por Araújo *et al.* (2015) e por Borlini (2017). As espécies de fungos que apresentaram maior riqueza de insetos podem possuir menos compostos de defesa ou esses compostos podem não ser tóxicos para a maioria dos besouros fungívoros (MARTIN, 1979). Graf-Peters (2008) observou que mesmo que *Trametes sanguinea* (= *Pycnoporus sanguineus*) fosse comum em seu estudo, esta espécie demonstrou a menor riqueza de insetos em comparação com os outros fungos. Graf-Peters (2008) também observou que outras espécies do mesmo gênero com coloração semelhante (alaranjada, avermelhada) não foram muito consumidas por besouros (LAWRENCE, 1973). Nas amostras de *Trametes sanguinea* do presente trabalho, foi possível observar a ocorrência de *Cis nitidus* que apareceu em grande parte das amostras e de *Ceracis furcifer* que já era esperado por ser conhecido em ocorrer exclusivamente nesta espécie de fungo.

Quadro 5: Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados por tamanho do basidioma.

Tamanho do Basidioma	Abundância	Morfotipos	Espécies/morfotipos
> 5 cm	97	5	<i>Cis nitidus</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , formiga, Ciidae não identificado com dois chifres e <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> .
< 5 cm	639	8	<i>Cis nitidus</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , piolho, formiga, <i>Ceracis taurulus</i> , <i>Ceracis furcifer</i> , colêmbolo e Tenebrionidae não identificado.

Fonte: O autor, 2024.

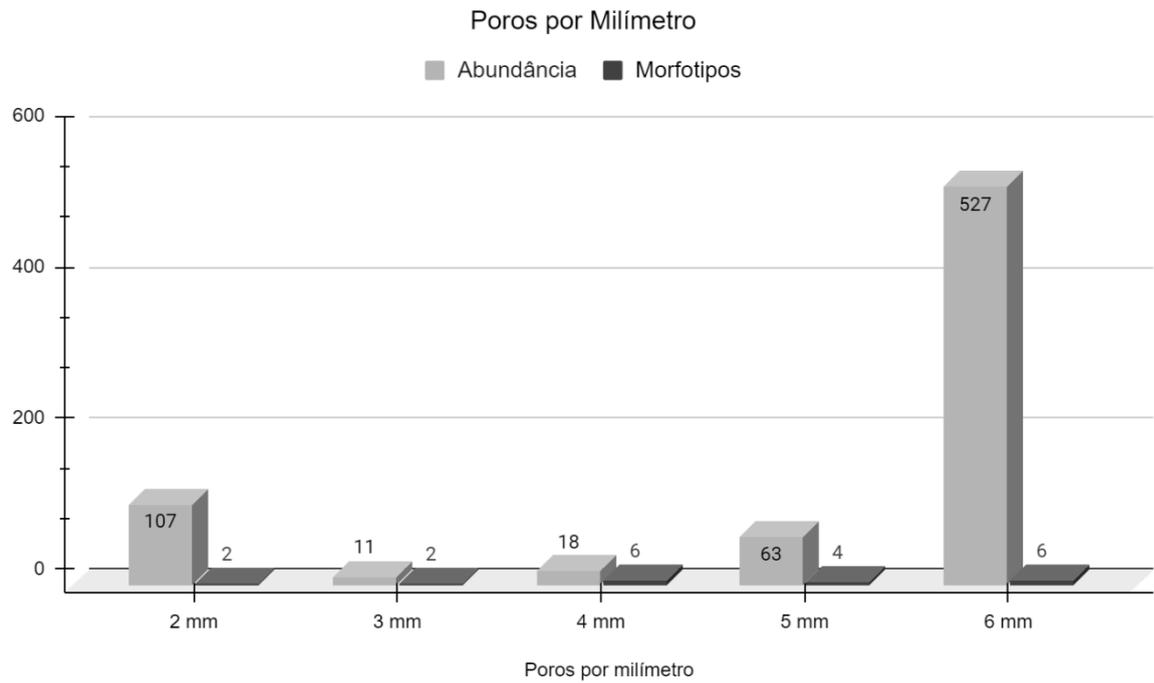
**Gráfico 3:** Abundância e morfotipos em relação ao tamanho do basidioma.

Fonte: O autor, 2024.

Quadro 6: Abundância e espécies/morfotipos de insetos encontrados em relação aos poros por milímetro.

Poros por Milímetro	Abundância	Morfotipos	Espécies/morfotipos
2 por mm	107	2	<i>Cis nitidus</i> e <i>Ceracis furcifer</i>
3 por mm	11	2	<i>Cis nitidus</i> e <i>Nasutitermes corniger</i>
4 por mm	18	6	<i>Cis nitidus</i> , <i>Nasutitermes corniger</i> , formiga, <i>Ceracis taurulus</i> , colêmbolo e Tenebrionidae com manchas brancas
5 por mm	63	4	<i>Cis nitidus</i> , formiga, <i>Philonthus</i> sp. e <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> ,
6 por mm	527	6	<i>Cis nitidus</i> , formiga, <i>Nasutitermes corniger</i> , piolho, <i>Platydema</i> cf. <i>elliptica</i> e Ciidae com dois chifres

Fonte: O autor, 2024.

**Gráfico 4:** Abundância e morfotipos em relação aos poros por milímetro.

Fonte: O autor, 2024.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou dados importantes sobre as interações entre insetos e fungos em áreas de Mata Atlântica. Foram coletadas 50 amostras de fungos de oito espécies diferentes e 736 insetos, sendo a maioria da ordem Coleoptera, com destaque para *Cis nitidus* e *Ceracis furcifer*. Este último está sendo registrado pela primeira vez na região Nordeste, associado a *Trametes sanguinea*, identificado com auxílio de uma sequência COI e abrindo margem para análises moleculares com insetos. desse modo, este trabalho destaca a importância das análises moleculares e morfológicas combinadas para identificar insetos associados a fungos.

Os Coleoptera observados neste trabalho utilizaram os basidiomas de Agaricomycetes para moradia, alimentação e reprodução, a conservação desses fungos contribui para a conservação dos insetos, uma vez que eles fornecem micro-habitats para a sobrevivência desses organismos. Não foi possível confirmar a interação dos demais insetos (Hemiptera, Hymenoptera e Blattodea) com os basidiomas, uma vez que apareceram com menor frequência e estavam ocorrendo e interagindo mais em partes de madeira coletada junto do fungo do que no basidioma em si.

Dentre as espécies de fungos, *Rigidoporus microporus* e *Fulvifomes rhytiphloeus* apresentaram a maior abundância de insetos e diversidade de morfotipos. A pesquisa evidenciou que fungos com maior área e maior número de poros por milímetro sustentam maior diversidade e abundância de insetos, corroborando estudos anteriores. Além disso, a cor das superfícies himeniais e abhimeniais dos basidiomas influenciou a atração de diferentes morfotipos, sugerindo que características morfológicas dos fungos podem afetar diretamente a presença de insetos fungívoros, embora sejam necessários maior amostragem e mais estudos para uma confirmação.

Dentre as áreas de coleta, as áreas preservadas como a REBIO Saltinho mostraram maior diversidade de espécies, ressaltando o papel essencial da conservação ambiental.

Esses resultados contribuem para o conhecimento sobre as interações ecológicas entre fungos e insetos, especialmente em ecossistemas tropicais, e servem de base para estudos futuros sobre micofagia e conservação de biodiversidade.

## 7. REFERÊNCIAS

AHMED, A. *et al.* Development and validation of a real-time PCR for detection of pathogenic *Leptospira* species in clinical materials. **PLoS One**, v. 4, n. 9. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007093>. Acesso em: 27/07/2024.

ALEXOPOULOS, C. J. *et al.* **Introductory mycology**. 4th ed. John Wiley, New York, 870 p. 1996.

ANTUNES-CARVALHO & LOPES-ANDRADE. **Two invaders instead of one, the true identity of species under the name *Ceracis cucullatus***. 2013.

ANTUNES-CARVALHO *et al.* *Grossicis*, a new genus of Neotropical minute tree-fungus beetles (Coleoptera: Ciidae), with a detailed discussion on its systematic position in the family. *Comptes Rendus. Biologies*, 335: p 107–119. 2012.

ARAUJO & LOPES-ANDRADE. **A new species of *Falsocis* from the Atlantic Forest biome with new geographic records and an updated identification key**. 2016.

ARAUJO, L. S. *et al.* Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 191, p. 659-666. 2015.

BORLINI, Paula Vieira. **Efeito da interação entre besouros e fungos poliporoides sobre a fauna de besouros de serrapilheira**. 33 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

BUDER *et al.* **A contribution to the phylogeny of the Ciidae and its relationships with other cucujoid and tenebrionoid beetles**. 2008.

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de Coleoptera do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade Federal de São Paulo. 1988.

DELGADO-CASTILLO L. L. NAVARRETE-HEREDIA J. L. **Coleopteros micetobiontes (Insecta: Coleoptera)**. En: Cruz, A. (Ed.). *La biodiversidad em Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. Mexico*, v. 2, p. 457–467. 2011.

ENDRODI, S. **The Dynastinae of the World**. Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht. 800 p. 1985.

FOLMER O. *et al.* DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. **Molecular Marine Biology and Biotechnology**, v. 3, p. 294–299. 1994.

GILBERTSON, R. L., & RYVARDEN, L. North American polypores. **Fungus Review**, v. 34, p. 114-120. 1986.

GRAF-PETERS, L. V. **Interação trófica entre Coleoptera e basidiomas de Polyporales e Hymenochaetales (Fungi: Basidiomycota)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

GRAF-PETERS, L. V.; BARBIERI, F.; SPERB, E.; RIVALDO, D. S.; MOURA, L. A.; DA SILVEIRA, R. M. B.; RECK, M. A.; NOGUEIRA-DE-SÁ, F. Factors affecting the structure of Coleoptera assemblages on bracket fungi (Basidiomycota) in a Brazilian forest. **Biotropica, Gainesville**, v. 50, n. 2, p. 357–365. 2018.

GRAF-PETERS, L.V. *et al.* Host Fungi and Feeding Habits of Ciidae (Coleoptera) in a Subtropical Rainforest in Southern Brazil, with an Overview of Host Fungi of Neotropical Ciids. **The Florida Entomologist**, v. 94, p. 553-566. 2011.

GRIMALDI, D. & ENGEL, M. S. **Evolution of the Insects**. Cambridge University Press. New York. 2005.

GUEVARA, R. HUTCHESON, K. A. MEE, A. C. RAYNER, A. D. M. & REYNOLDS, S. E. Resource partitioning of the host fungus *Coriolus versicolor* by two ciid beetles: the role of odour compounds and host ageing. **Oikos**, v. 91, p. 184–194. 2000.

GUMIER-COSTA F. *et al.* Association of *Ceracis cornifer* (Mellié) (Coleoptera: Ciidae) with the bracket fungus *Pycnoporus sanguineus* (Basidiomycetes: Polyporaceae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 359-360. 2003.

GUMIER-COSTA, F. **Influência de alterações antrópicas em besouros ciídeos de floresta amazônica**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2004.

HANSKI, I. Fungivory: fungi, insects and ecology. In: SYMPOSIUM ROYAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF LONDON, 14th, London. **Insect-Fungus Interactions**. London: Academic Press, p. 24–68. 1989.

HAO, Z. & MOHNEN, D. **A review of xylan and lignin biosynthesis: Foundation for studying Arabidopsis irregular xylem mutants with pleiotropic phenotypes**. *Critical Reviews Biochemistry Molecular Biology*, p. 1–30, 2014.

HEE, B. J. *et al.* Biology of *Platydemus nigroaeneum* Motschulsky (Coleoptera: Tenebrionidae) from Korea: Life History and Fungal Hosts. **Journal of Ecology and Field Biology**, 31(3), p. 249-253. 2008.

HSU, T. S. *et al.* A comparison of the chemical composition and bioactive ingredients of the Chinese medicinal mushroom *DongChongXiaCao*, its counterfeit and mimic, and fermented mycelium of *Cordyceps sinensis*, **Food Chemistry**, Volume 78, Issue 4, p. 463-469. 2002.

HYDE, K.D. et al. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. **Fungal Diversity**, 97, p. 1–136. 2019.

JONSELL, M. & NORDLANDER, G. Field attraction of Coleoptera to odours of the wood-decaying polypores *Fomitopsis pinicola* and *Fomes fomentarius*. **Annales Zoologici Fennici**, Helsinki, v. 32, p. 391–402. 1995.

JONSELL, M. & NORDLANDER, G. **Insect in polypore fungi as indicator species: a comparison between forest sites differing in amounts and continuity of dead wood**. *For. Ecol. Manag.*, v. 157, p. 101–118. 2002.

NAKAMORI, T. & SUZUKI A. Spore-breaking capabilities of collembolans and their feeding habitat within sporocarps, **Pedobiologia**, v 49, p. 261-267. 2005.

NAVARRETE-HEREDIA, J.L. & BURGOS-SOLORIO, A. Ciidae (Coleoptera). In: Llorent Bousquets, J.E. González-Soriano, E. & Papavero, N. (Eds.), **Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento**. *Universidad Nacional Autónoma de México*, México. v. 2, p. 413–420. 2000.

NAVARRETE-HEREDIA, J. L. Nuevos registros de algunas especies de cídeos (Insecta: Coleóptera) de Veracruz y el estado de México con notas sobre sus hospederos y fauna acompañante. **Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural**, *Ciudad de México*, v. 41, p. 53–56. 1991.

NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; BURGOS-SOLORIO, A. **Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento**. *Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 2, p. 413–420. 2000.

NEW, T. R. **Beetles in conservation**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.

PECCI-MADDALENA, I & LOPES-ANDRADE, C. Systematics of the *Ceracis furcifer* Species-Group (Coleoptera: Ciidae): The Specialized Consumers of the Blood-Red Bracket Fungus *Pycnoporus sanguineus*. **Insects**, v. 8, p. 70. 2017.

KIRK, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. & Stalpers, J.A. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th Edition. CABI Europe - UK: [i]-xi, [1]-771. 2008.

KOBAYASHI & SOTA. Evolution of host use in fungivorous ciid beetles (Coleoptera: Ciidae): Molecular phylogeny focusing on Japanese taxa. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 162. 2021.

KOMONEN, A. Hotspots of insect diversity in Boreal forests. **Conservation biology**, v. 17, p. 976-981. 2003.

KOMONEN, A.; IKÄVALKO, J.; WEIYING, W. Diversity pattern of fungivorous insect: comparison between glaciated vs refugial boreal forests. **Journal of Biogeography**. Oxford, v. 30, p. 1873–1881. 2003.

- KOSUTHOVÁ, A.; BERGSTEN, J.; WESTBERG, M.; WEDIN, M. Species delimitation in the cyanolichen genus *Rostania*. **BMC evolutionary biology**, v. 20, p. 1-17. 2020.
- LAWRENCE, J. F. Revision of the North American Ciidae (Coleoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, Cambridge, v. 142, p. 419–522, 1971.
- LAWRENCE, J. F. Host preference in ciid beetles (Coleoptera: Ciidae) inhabiting the fruiting bodies of Basidiomycetes in North America. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* v. 145, p.163–212. 1973.
- LAWRENCE, J. F.; BRITTON, E. B. Coleoptera (Beetles). In: CSIRO (ed.). **The Insects of Australia**, 2. ed. Carlton: Melbourne University Press, p. 543–683. 1991.
- LAWRENCE, J.F & LOPES-ANDRADE, C. **Ciidae Leach in Samouelle, 1819**. Walter de Gruyter, Berlin, p. 504–514. 2010.
- LAWRENCE, J. F. Mycophagy in the Coleoptera: feeding strategies and morphological adaptations. **Insect-fungus interactions**. London: Academic Press, p. 1–23. 1989.
- LAWRENCE, J. F. The Australian Ciidae (Coleoptera: Tenebrionoidea): A Preliminary Revision. **Zootaxa**. Auckland, 4198, n. 1, p. 1–218, 2016.
- LAWRENCE, J.F & SLIPINSKI. Comments on the Classification of Sphindocis Fall 1917 and the Family Ciidae (Coleoptera: Tenebrionoidea). **Zootaxa**, v. 5330 (3), p. 449–450. 2023.
- LOPES-ANDRADE, C.; GREBENNIKOV, V. V. First record and five new species of Xylographellini (Coleoptera: Ciidae) from China, with online DNA barcode library of the family. **Zootaxa**, Auckland, v. 4006, n. 3, p. 463–480, 2015.
- LOPES-ANDRADE *et al.* A New Species of *Cis* Latreille (Coleoptera: Ciidae) from the USA, with Comments on the Use by Ciidae of Stereaceae Fungi (Basidiomycota: Agaricomycetes: Russulales) as Hosts. **The Coleopterists Bulletin**, v. 74, p. 93-100. 2020.
- LOPES-ANDRADE & LAWRENCE. Synopsis of *Falsocis*, new species, new records and an identification key. **Zookeys**, v. 145, p. 59-78. 2011.
- LUNDE, L. F. *et al.* DNA metabarcoding reveals host-specific communities of arthropods residing in fungal fruit bodies. **Proceedings, Biological sciences**, v. 289. 2022.
- MAIA, L. C. *et al.* Diversity of Brazilian Fungi. **Rodriguésia**. Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 66, n. 4, p. 1033-1045, 2015.
- MARTIN, M. M. Biochemical implications of insect mycophagy. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 54, p. 1–21. 1979.

ORLEDGE & REYNOLDS. Fungivore host-use groups from cluster analysis, patterns of utilisation of fungal fruiting bodies by ciid beetles. *Ecological Entomology*, v. 30, p. 620-641. 2005.

PECCI-MADDALENA & LOPES-ANDRADE. Systematics of the *Ceracis furcifer* Species-Group (Coleoptera: Ciidae): The Specialized Consumers of the Blood-Red Bracket Fungus *Pycnoporus sanguineus*. *Insects*, v. 8, p. 70. 2017.

RAPHAEL, M.G.; Marcot, B.G. Introduction. In **Conservation of Rare or Little-Known Species: Biological, Social and Economic Considerations**. Island Press: Washington, DC, USA. 2007.

ROBERTSON, J. A. *et al.* A molecular phylogenetic analysis of the pleasing fungus beetles (Coleoptera: Erotylidae): evolution of colour patterns, gregariousness and mycophagy. *Systematic Entomology*, v. 29, p. 173-187. 2004.

RUKKE, B.A. Effects of habitat fragmentation: increased isolation and reduced habitat size reduces the incidence of dead wood fungi beetles in a fragmented Forest landscape. *Ecography*, v. 23, p. 492–502. 2000.

RYVARDEN, L. "Genera of polypores: Nomenclature and taxonomy." *Fungal Systematics and Evolution*, v. 5, p. 8-35. 1991.

RYVARDEN, L. Neotropical Polypores Part 1. Introduction, Ganodermataceae & Hymenochaetaceae. *Synopsis Fungorum*, v. 19, p. 1-229. 2004.

RYVARDEN, L. Some new and interesting species from tropical America. *Synopsis Fungorum*, v. 37, p. 58–67. 2014.

RYVARDEN, L. Neotropical polypores Part 3, Polyporaceae, *Obba-Wrightoporia*. *Synopsis Fungorum*, v.46, p. 445-613. 2016.

SCHEERPELTZ, O. & HÖFLER, K. Käfer und Pilze. **Verlag für Jugend und Volk, Wien**, p. 351. 1948.

SCHIGEL, D. S. Polypore assemblages in boreal old-growth forests, and associated Coleoptera. Helsinki (Finland). **Publications in Botany from the University of Helsinki**, v. 39, p. 1–44. 2009.

SCHIGEL, D. S. **Fungus beetle food web patterns in boreal forests.** *Entomological Journal*, v. 20, p. 141-150. 2011.

SCHIGEL, D. S. Fungivory and host associations of Coleoptera: a bibliography and review of research approaches. **Mycology: An International Journal on Fungal Biology**, Beijing, v. 3, n. 4, p. 258–272. 2012.

SMÂNIA, A.; MARQUES, C. J. S.; SM NIA, E. F. A.; ZANETTI, C. R.; CAROBREZ, S. G.; TRAMONTE, R.; LOGUERCIÓ-LEITE, C. Toxicity and antiviral activity of

cinnabarin obtained from *Pycnoporus sanguineus* (Fr.) Murr. **Phytotherapy Research**, London, v. 17, n. 9, p. 1069–1072. 2011.

SOUZA-GONÇALVES, I & LOPES-ANDRADE, C. Taxonomy of *Xylographellini* (Coleoptera: Ciidae) from the Australian and Oriental regions with descriptions of new species of *Scolytocis* and *Xylographella*. **Zoologia**, v. 34, n. 2008, p. 1–11, 6 jun. 2017.

SOUZA-GONÇALVES, I.; ORSETTI, A.; LOPES-ANDRADE, C. Synopsis of *Cis* Latreille (Coleoptera: Ciidae) from southern Africa. **Insects**, Basel, v. 9, n. 184. p. 1–49. 2018.

SOUZA-GONÇALVES, I.; LOPES-ANDRADE, C.; LAWRENCE, J. F. Three new species of *Hadreule* Thomson (Coleoptera: Ciidae) from the Southern Hemisphere with an identification key to world species. **Austral Entomology**, Richmond, v. 59, n. 1, p. 74–87. 2020.

TEIXEIRA, A. R. **Método para estudo das hifas do basidiocarpo de fungos poliporáceos**. Manual n. 6. Instituto de Botânica, São Paulo. 1995.

THUNES, K. H.; MIDTGAARD, F.; GJERDE, I. Diversity of Coleoptera of the bracket fungus *Fomitopsis pinicola* in a Norwegian spruce forest. **Biodiversity and Conservation**, Amsterdam, v. 9, p. 833–852. 2000.

WATKINSON, S. *et al.* The role of wood decay fungi in the carbon and nitrogen dynamics of the forest floor. **Fungi in Biogeochemical Cycles**, p. 151 - 181. Cambridge University, UK. 2003.

YAMASHITA, S. & HIJII, N. Effects of mushroom size on the structure of a mycophagous arthropod community: Comparison between infracommunities with different types of resource utilization. **Ecological Research**, v. 18, p. 131-143. 2003.

YAMASHITA, S. K. ANDO, H. HOSHINA, N. ITO, Y. KATAYAMA, M. KAWANABE, M. MARUYAMA & T. ITIOKA. Food web structure of the fungivorous insect community on bracket fungi in a Bornean tropical rain forest. **Ecological Entomology**, v.40, p. 390–400. 2015.