

PAULA VIEIRA BORLINI

**EFEITO DA INTERAÇÃO ENTRE BESOUROS E FUNGOS
POLIPOROIDES SOBRE A FAUNA DE BESOUROS DE SERRAPILHEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

B735e
2017
Borlini, Paula Vieira, 1992-
Efeito da interação entre besouros e fungos poliporoides sobre a
fauna de besouros de serrapilheira / Paula Vieira Borlini. - Viçosa, MG,
2017.
v, 33f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Cristiano Lopes Andrade.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.21-26.

1. Besouro. 2. Fungos. 3. Relação inseto-fungo. 4. Ecologia. I.
Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia. II. Título.

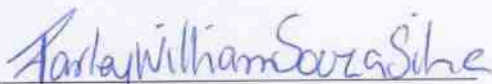
CDD 22 ed. 595.76

PAULA VIEIRA BORLINI

**EFEITO DA INTERAÇÃO ENTRE BESOUROS E FUNGOS
POLIPOROIDES SOBRE A FAUNA DE BESOUROS DE SERRAPILHEIRA**

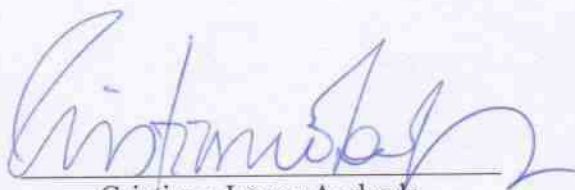
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de outubro de 2017.


Farley William Souza Silva


José Henrique Schoereder


Lucimar Soares Araújo
(Coorientadora)


Cristiano Lopes Andrade
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação da Ecologia, por possibilitarem a realização do meu mestrado.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da banca, que aceitaram fazer parte desta realização.

Ao Prof. Cristiano Lopes Andrade, por compartilhar com seus orientados os conhecimentos acadêmicos e da vida. Por estar disponível a nos ajudar até mesmo quando não se tem tempo, pelos conselhos e pela paciência.

À Prof.^a Lucimar Soares de Araújo, por me ajudar desde o experimento que não deu certo até o trabalho de campo, pelas ideias e conhecimento compartilhados e por estar presente mesmo à distância!

Ao LabCol, meu laboratório lindo, por me oferecer a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto.

Aos meninos Artur, Igor, Ítalo e Sergio por me ajudarem com algumas (ou muitas) identificações e à Patrícia por me ajudar a triar tantas amostras de serrapilheira e a separar milhares de besouros dos fungos.

Às pessoas maravilhosas do lab, que me receberam tão bem, como se eu os conhecesse há tempos, e que colaboraram com o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço a vocês pela amizade, por todas as informações compartilhadas e pelos inúmeros momentos de descontração, dentro e fora do laboratório.

Ao José Eduardo pela companhia de longa data e também em vários sábados e domingos no laboratório. Obrigada por me ajudar a desconstruir os pensamentos de que “está tudo dando errado”.

Aos meus pais, Paulo e Elizabeth, e aos meus irmãos Daniel, Tobias e Maria de Fátima pelo apoio e, que apesar da saudade, sempre compreenderam a necessidade de eu estar longe. Agradeço a Deus e também à família pelas bênçãos e orações destinadas a mim.

RESUMO

BORLINI, Paula Vieira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2017. **Efeito da interação entre besouros e fungos poliporoides sobre a fauna de besouros de serrapilheira.** Orientador: Cristiano Lopes Andrade. Coorientadora: Lucimar Soares de Araujo.

A degradação de madeira e matéria orgânica é realizada pela ação conjunta de organismos detritívoros e decompositores, como besouros e fungos, através da fragmentação e modificação química desses materiais. Os fungos basidiomicetos são capazes de reter nutrientes nas hifas e nos basidiomas, o que os torna uma fonte de alimento muito rica para muitos organismos. Os besouros micetobiontes, como os Ciidae, utilizam os basidiomas diretamente como habitat e fonte de alimento. Esta atividade pode facilitar a liberação dos nutrientes retidos no basidioma, tornando-os acessíveis para outros níveis tróficos, como os organismos de serrapilheira. O objetivo deste trabalho é verificar se a presença de besouros micetócolos, que utilizam o fungo de alguma forma, influencia na composição de espécies de besouros da serrapilheira. Também objetiva-se saber se fatores diretos e indiretos aos besouros interferem na riqueza e na abundância destes dentro dos basidiomas. Enquanto a riqueza só respondeu à área superficial e ao estágio de decaimento dos basidiomas, que são fatores diretos, a abundância respondeu à área superficial dos basidiomas e ao diâmetro dos troncos, que é fator direto e indireto, respectivamente. Fungos com maiores áreas têm maior disponibilidade de nichos e de recursos, o que permite que diferentes espécies colonizem o mesmo basidioma e, também, o desenvolvimento de populações numerosas. Fungos mais degradados têm menos compostos de defesa, o que possibilita que espécies polífagas, que são a maioria, os colonizem. Troncos com maiores diâmetros têm mais recurso disponível para o desenvolvimento dos basidiomas, e maiores basidiomas podem manter maior abundância de besouros. A composição dos besouros de serrapilheira foi diferente entre áreas sem basidioma, com basidioma e basidioma colonizado. Houve maior riqueza de besouros de serrapilheira próximo aos basidiomas e próximo aos basidiomas colonizados. Isso indica que os fungos e os besouros micetócolos são importantes para o sistema onde estão inseridos, pois a presença e, conseqüentemente as atividades que desempenham, interferem na comunidade de besouros de serrapilheira de suas proximidades.

ABSTRACT

BORLINI, Paula Vieira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2017.
Effect of interaction between beetles and bracket-fungi on leaf-litter beetles.
Adviser: Cristiano Lopes Andrade. Co-adviser: Lucimar Soares de Araujo.

The integrated action of detritivores and decomposers, as beetles and fungi, decompose wood and organic matter by means of materials fragmentations and chemical modifications. Bracket-fungi are able to retain nutrients in hyphaes and basidiomes, becoming a rich resource to other organisms. Mycetobiont beetles, as Ciidae, use the basidiomes as habitat and food. This activity can facilitate nutrient release, making them available to other trophic-levels, as leaf-litter organisms. The objective of the present work is to check whether the presence of beetles associated with bracket-fungi influences on the composition of leaf-litter beetle species. Other objective is to know evaluate direct and indirect factors influencing richness and abundance of beetles inside basidiomes. While species richness was positively related to superficial area and to bracket-fungi decaying stage, both direct factors, abundance was positively related to superficial area, and to trunk diameter, direct and indirect factors, respectively. Bracket-fungi with the largest areas provide more niches and resources, which allows different species colonize the same basidiome and sustain bigger populations. Most decayed fungi have less defense compounds, which allow colonization by polyphagous (the majority of species). Trunks with the largest diameters have more resource to bracket-fungi's development, and the largest basidiomes can keep greater beetle abundance. The composition of leaf-litter beetles was different between areas without bracket-fungi, with bracket-fungi and with bracket-fungi colonized. The highest leaf-litter beetles' richness was closer to basidiomes and to colonized basidiomes. This indicates that the fungi and the beetles associated with bracket-fungi are important to their environment system, because their presence, and consequently the activities they perform, interfere on the community of leaf-litter beetles.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS	4
MATERIAL E MÉTODOS	4
Área de Estudo	4
Delineamento amostral	5
Coleta, manutenção e identificação dos basidiomas	5
Coleta da serrapilheira	7
Triagem e identificação dos besouros	7
Análise de dados.....	8
RESULTADOS	8
Fungos e besouros micetócolos	8
Besouros da serrapilheira	13
DISCUSSÃO.....	15
Fungos e besouros micetócolos	15
Besouros da serrapilheira	17
CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS.....	21
TABELAS.....	27

INTRODUÇÃO

Em ambientes florestais, as principais fontes de matéria orgânica do solo são os troncos de árvores caídos e outros materiais de origem vegetal presentes na serrapilheira, como folhas e galhos (OSMAN, 2013). A decomposição desses recursos mantém a produtividade das florestas através da ciclagem de nutrientes e da incorporação destes no solo (DIDHAM, 1998a; OSMAN, 2013) e é a atividade integrada de microorganismos, invertebrados e fungos que realiza esse processo (SWIFT, 1977).

Os invertebrados de solo podem ser categorizados em grupos funcionais (guildas) de predadores e de decompositores, os quais são compostos majoritariamente por artrópodes (COLEMAN; CROSSLEY; HENDRIX, 2004). Além disto, os besouros representam grande parte da composição total de artrópodes (ERWIN, 1982) e, no ambiente edáfico, podem ocupar diversos habitats, desde solo e serrapilheira até embaixo ou na superfície de cascas e de troncos em decomposição (LAWRENCE; SLIPINSKI, 2013).

O grupo funcional de predadores, por exemplo, é formado por besouros Carabidae e Staphylinidae, os quais vivem em troncos e serrapilheira e são extremamente diversos. Estes são predadores em sua maioria, mas existem os saprófagos, ambos encontrados em serrapilheira, podendo ser encontrados também em troncos (COLEMAN; CROSSLEY; HENDRIX, 2004; LAWRENCE; SLIPINSKI, 2013; NEWTON; GUTIÉRREZ; CHANDLER, 2005). Por outro lado, os ‘transformadores de serrapilheira’ incluem besouros adultos e imaturos da mesofauna (0,3–2mm) e macrofauna (>2mm), como os Staphylinidae e alguns Tenebrionidae. Esses organismos transformam a matéria orgânica em *pellets* fecais mantendo sua composição, enquanto os ‘engenheiros de ecossistema’ mineralizam os nutrientes (COLEMAN; CROSSLEY; HENDRIX, 2004; LAVELLE, 1996).

Através da ingestão, fragmentação e modificação da matéria orgânica por esses insetos, nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são disponibilizados ao ambiente e incorporados ao solo (BODDY; WATKINSON, 1995; OSMAN, 2013; SWIFT, 1977). Dessa forma, a atuação de organismos saprófagos na decomposição da serrapilheira se mostra fundamental para a ciclagem de nutrientes.

Outros organismos de grande importância na ciclagem de nutrientes são os fungos, principalmente os do filo Basidiomycota, por serem predominantemente saprotróficos e estarem relacionados à degradação de madeira e de serrapilheira (WEBSTER; WEBER, 2007).

A classe Agaricomycetes, pertencente ao filo Basidiomycota, é constituída por 17 ordens, como por exemplo, Auriculariales, Hymenochaetales, Polyporales e Russulales (KIRK et al., 2008). Esses organismos formam estruturas reprodutivas conhecidas por basidioma ou basidiocarpo, que podem ter himenóforo poroide, lamelado, hidnoide, dentre outros (WEBSTER; WEBER, 2007). Os fungos considerados poliporoides são os que apresentam himenóforo poroide e são conhecidos popularmente como ‘orelhas-de-pau’.

Os Agaricomycetes são capazes de decompor celulose, hemicelulose e lignina; alguns podem degradar o tronco completamente, causando podridão-branca, outros parcialmente, sem decompor lignina, causando podridão marrom (BODDY; WATKINSON, 1995; SCHIGEL, 2016; WEBSTER; WEBER, 2007). Durante a decomposição de matéria orgânica, os nutrientes são incorporados nas hifas e nos basidiomas, mas armazenados em maior concentração neste último (CROMACK et al., 1977; SCHIGEL, 2009). Grande parte da composição do basidioma é carbono e nitrogênio, mas também são encontrados minerais como fósforo e potássio (MARTIN, 1979).

A transformação de componentes orgânicos torna os fungos palatáveis para muitos animais (SCHIGEL, 2011). Assim, artrópodes como os Acari, Collembola, Diptera e Coleoptera estabelecem interações com fungos, podendo utilizar os basidiomas e outras estruturas fúngicas como fonte de alimento ou como local de reprodução e oviposição (BODDY; JONES, 2008; MARTIN, 1979). Os fungos poliporoides, por exemplo, são geralmente perenes e fornecem habitat para muitos artrópodes, principalmente besouros, que utilizam esses fungos durante um período ou todo o ciclo de vida (GRAVES, 1960; LAWRENCE, 1973).

Os animais que se associam a fungos são denominados micetócolos e são usualmente separados em três grupos funcionais: (i) Micetoxenos, que visitam o fungo ocasionalmente; (ii) Micetófilos, que são polípagos e se alimentam de recursos em decomposição ou são predadores de outros insetos habitantes do fungo; (iii) Micetobiontes, cuja associação com o fungo é obrigatória, onde as larvas e os adultos dependem exclusivamente do fungo como alimento (NAVARRETE-HEREDIA;

MIRANDA, 1997). Enquanto os micetócolos são representados por grandes táxons de artrópodes, os micetobiontes são representados por alguns táxons de Diptera e de besouros como Dorcatominae (Ptinidae), Diaperini (Tenebrionidae) e Ciidae (JONSELL; NORDLANDER, 2002; KOMONEN, 2003).

Os besouros micetobiontes mais bem estudados atualmente são os ciídeos. Os Ciidae têm distribuição cosmopolita e são bastante diversos, com cerca de 700 espécies descritas, distribuídas em 51 gêneros (LAWRENCE, 2016; SOUZA-GONÇALVES; LOPES-ANDRADE, 2017a, b), dos quais 11 gêneros e 56 espécies são encontrados no Brasil (LOPES-ANDRADE; SANDOVAL-GÓMEZ, 2017).

Os ciídeos têm uma relação estreita com fungos basidiomicetos, desde a reprodução dos besouros até o desenvolvimento de imaturos e adultos (LAWRENCE, 1973). Enquanto algumas espécies de Ciidae são generalistas e utilizam basidiomas em estágios mais avançados de decaimento, outras são especializadas em determinada espécie ou táxon de fungos hospedeiros e são capazes de colonizar basidiomas ainda vivos (GUMIER-COSTA, F.; LOPES-ANDRADE; ZACARO, 2003; JONSELL; NORDLANDER, 2004; ORLEDGE; REYNOLDS, 2005; PECCI-MADDALENA; LOPES-ANDRADE, 2017).

Por utilizarem predominantemente fungos perenes, os Ciidae podem manter várias gerações em um mesmo basidioma (HANSKI, 1989). Devido ao número elevado de indivíduos consumidores em um único basidioma, esses besouros contribuem consideravelmente para a degradação de tais estruturas, (LAWRENCE, 1973), auxiliando na liberação de nutrientes para o ambiente.

Embora atualmente as interações ecológicas entre ciídeos e fungos sejam relativamente bem conhecidas (GUEVARA; RAYNER; REYNOLDS, 2000; JONSELL et al., 2016; JONSELL; NORDLANDER, 2002; KOMONEN, 2003; LAWRENCE, 1973; ORLEDGE; REYNOLDS, 2005; ORLEDGE; SMITH; REYNOLDS, 2010; SCHIGEL, D. S., 2011, 2012), esses estudos em regiões tropicais e subtropicais ainda são incipientes (ARAUJO; KOMONEN; LOPES-ANDRADE, 2015; GRAF-PETERS et al., 2011). Assim, busca-se compreender um pouco mais sobre o papel ecológico dos besouros micetócolos, pois é possível que suas atividades acarretem efeitos cascata sobre outros níveis tróficos.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar se fatores diretos e indiretos influenciam a estrutura da comunidade de besouros nos fungos-hospedeiros. Para isso, busca-se responder a seguinte pergunta:

1. Fatores diretos (área superficial, decaimento e número de basidiomas) e indiretos (diâmetro e decaimento dos troncos) influenciam a riqueza e abundância dos besouros micetócolos nos basidiomas?

Espera-se que esses fatores influenciem positivamente a riqueza e a abundância dos besouros micetócolos: os fungos por serem recursos diretos aos besouros, pois são utilizados como fonte de alimento e habitat; e os troncos por serem recursos diretos dos fungos, que são recursos dos besouros.

Além disso, objetiva-se verificar se os fungos e a atividade dos besouros micetócolos exercem algum efeito na comunidade adjacente de besouros na serrapilheira. Por isso, pergunta-se também:

2. A presença de basidiomas e dos besouros micetócolos afeta a composição de espécies de besouros da serrapilheira?

Espera-se que a composição da fauna da serrapilheira seja diferente entre os locais sem basidiomas, com basidiomas e com basidiomas colonizados por besouros micetócolos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental (EPTEA) Mata do Paraíso (20°80'19'' S e 42°85'86'' W), uma área de reserva pertencente à Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. A área possui 194 ha de vegetação secundária de Mata Atlântica em estágio tardio de sucessão, caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual (Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2012). O local possui temperatura média de 19°C (SILVA; VIEIRA; AMARAL, 2010) e o clima se enquadra na categoria Cwb pela classificação de Köppen-Geiger por apresentar verões chuvosos e invernos secos (PEEL; FINLAYSON; McMAHON, 2007).

Delineamento amostral

O total de 25 parcelas foi distribuído com o uso de transectos na área da Mata do Paraíso. O transecto (Figura 1) consistiu em cinco unidades amostrais de 5m x 5m, com uma distância mínima de 15 metros entre uma parcela e outra (GUMIER-COSTA, 2004). As parcelas foram instaladas de modo que houvesse ao menos um basidioma poroide em cada unidade amostral (GUMIER-COSTA, 2004, adaptado por ARAUJO; KOMONEN; LOPES-ANDRADE, 2015).

Figura 1



Figura 1: Transecto utilizado no delineamento amostral.

Coleta, manutenção e identificação dos basidiomas

Os fungos poliporoides da classe Agaricomycetes encontrados em troncos ou em solo, desde que dentro dos limites das parcelas, foram coletados. Os basidiomas foram armazenados provisoriamente em sacos de papel e etiquetados adequadamente. Posteriormente, no laboratório, os basidiomas foram realocados em potes plásticos, mantendo as informações das etiquetas de campo.

Dos troncos onde os fungos foram retirados, foi medido o diâmetro utilizando uma fita métrica. Também foi avaliado o decaimento (estágio de decomposição) dos troncos com o auxílio de uma faca de aço carbono, utilizando os seguintes níveis de classificação: (I) madeira dura/ faca entra poucos milímetros na madeira; (II) madeira ainda dura/ faca entra 1-2 cm; (III) exterior macio e interior duro/ faca entra 3-5 cm; (IV) tronco macio/ faca entra por completo na madeira; (V) tronco muito macio ou desmanchando (MÄKIPÄÄ; LINKOSALO, 2011).

Já em laboratório, o decaimento dos basidiomas foi aferido e classificado em quatro estágios: (I) imaturo; (II) fresco; (III) parcialmente decomposto; (IV) inteiramente decomposto (YAMASHITA et al., 2015). Os basidiomas similares coletados em um mesmo tronco foram considerados como um único indivíduo (GRAF-PETERS et al., 2011). Porém, ainda que oriundos do mesmo indivíduo, os

basidiomas que apresentaram diferentes estágios de decaimento foram acondicionados separadamente (Figura 2). A avaliação dos estágios de decaimento, tanto dos troncos quanto dos fungos, foram realizados por apenas uma pessoa para evitar subjetividade.



Figura 2: Indivíduo de *Inonotus* sp.3 com basidiomas em diferentes estágios de decaimento. Seta vermelha indica estágio II e seta amarela indica estágio IV.

Para calcular a área superficial aproximada de cada basidioma, foram medidos o maior e o menor diâmetro de cada basidioma. As medidas foram aplicadas em uma fórmula para áreas elípticas, $P = (D \times d) \div 4$, onde “P” equivale à área calculada, “D” e “d” ao maior e menor diâmetro do basidioma, respectivamente (KLIMASZEWSKI; PECK, 1987). A fim de se obter a área total do indivíduo, foram somadas as áreas dos basidiomas, e para se obter a área média, foi utilizada a área total $\div$ número de basidiomas da amostra. Para as análises de área média, foi calculada, também, a abundância média dos besouros, a fim de tornar os valores proporcionais. Assim, a abundância média de besouros nos basidiomas foi abundância de besouros no fungo $\div$ número de basidiomas.

Os fungos foram mantidos durante dois meses até a triagem, para permitir o desenvolvimento dos besouros nos fungos já colonizados. Durante esse tempo, a umidade nos potes foi controlada com a adição e a troca regular de sílica e/ou a retirada do excesso de água com papel-toalha (GRAF-PETERS et al., 2011; SCHIGEL, 2008)

Para a identificação dos fungos, foram analisadas as características externas como forma do basidioma, cores, superfície himenial, tamanho e formato dos poros. Quando necessário, foram feitas lâminas para observar estruturas microscópicas,

utilizando soluções de KOH 5% e Floxina aquosa 1% ou Melzer (RYVARDEN, 1991). Além disso, para auxiliar na identificação, foram feitos registros fotográficos em campo de todos os espécimes recolhidos, com os códigos das imagens anotados juntos aos dados de coleta do fungo. As literaturas utilizadas para identificação foram: Guzmán, Piepenbring (2011), Meijer (2008), Neves et al. (2013), Wright, Albertó (2002) e Wright, Lechner, Popoff (2008). Os nomes científicos e a classificação atual dos fungos foram verificados na base de dados Index Fungorum.

Coleta da serrapilheira

A serrapilheira foi recolhida em quadrantes de 30 x 30 centímetros. Para cada amostra de serrapilheira coletada no interior da parcela – próxima aos basidiomas de um ou mais indivíduos fúngicos – foi coletada uma amostra-controle fora da parcela. Cada amostra foi armazenada separadamente em sacos plásticos e etiquetada com as informações de área, parcela, código do fungo e se era amostra da parcela ou controle.

Em laboratório as amostras de serrapilheira foram colocadas em Berlese-Tüllgren sob lâmpadas de 40 watts, para a extração inicial dos espécimes, permanecendo por 24h. Os espécimes foram preservados em solução álcool 70% até a triagem.

Triagem e identificação dos besouros

Após permanecerem dois meses acondicionados, os fungos foram examinados e fragmentados para quantificar os besouros presentes nos basidiomas. Todos os besouros, vivos ou mortos, encontrados nos fungos foram retirados e armazenados em álcool 70%. Os besouros de serrapilheira extraídos em Berlese-Tüllgren foram triados em estereomicroscópio ZEISS DV4, separados dos demais organismos e guardados em solução álcool 70% até a montagem.

Posteriormente, tanto os besouros retirados do fungo, quanto os da serrapilheira foram montados e separados em morfoespécies. A partir disso, todos os besouros foram identificados em nível de família, chegando, sempre que possível, a níveis taxonômicos mais inferiores. Para a identificação de táxons supragenéricos, foram utilizadas chaves interativas e disponibilizadas online (FERRO et al., 2015; LAWRENCE et al., 1999; LEGNER, 2017). Quando possível, gêneros e espécies

foram identificados após consulta de extensa bibliografia especializada para cada família de Coleoptera.

Análise de dados

As variáveis explicativas contínuas foram diâmetro do tronco, número e área de basidiomas, e as categóricas foram decaimento dos basidiomas e dos troncos. As variáveis respostas foram riqueza e abundância de besouros.

Foram construídos modelos lineares generalizados (GLM), comparados através de ANOVA. Por utilizar dados de contagem, os modelos foram ajustados com distribuição Poisson e corrigidos com Quasipoisson, quando verificada a sobredispersão. Para verificar a adequação dos modelos, foi realizada análise de resíduos. Além disso, para verificar se existiam diferenças entre níveis das variáveis explicativas categóricas foram realizadas análises de contraste (CRAWLEY, 2015).

Para observar a distribuição da fauna de besouros da serrapilheira entre amostras com presença e ausência de basidiomas e entre basidiomas colonizados e não colonizados, foi feita uma análise multivariada de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Foi utilizado o índice de dissimilaridade Jaccard e uma matriz de dados binários contendo as espécies de besouros e os locais de coleta (perto e longe dos basidiomas e perto de basidiomas colonizados e não colonizados). Foi realizada uma Análise Multivariada de Variância Permutacional (PERMANOVA) para determinar se as diferenças na composição de espécies entre os tratamentos foram significativas (ANDERSON; WALSH, 2013).

As análises foram conduzidas no software R (R Core Team, 2015), com uso do pacote *vegan* na análise de composição em nível de significância 0,05% (OKSANEN et al., 2017).

RESULTADOS

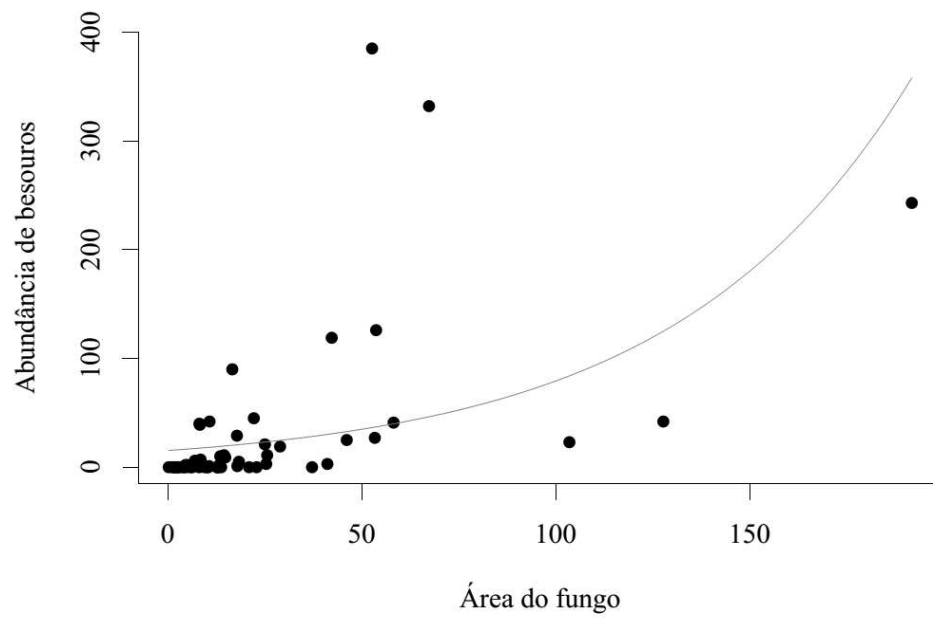
Fungos e besouros micetócolos

Foram coletados 60 indivíduos fúngicos, pertencentes a 28 espécies. Desse total, 36 indivíduos (60%) de 17 espécies (60,71%) estavam colonizados por besouros. As famílias de fungos mais representativas foram Hymenochaetaceae (31,67%) e Ganodermataceae (18,33%), seguidas de Meruliaceae (13%) e Polyporaceae (13%). Enquanto Hymenochaetaceae e Ganodermataceae representaram juntos mais da metade dos fungos com registros de besouros (27,78%

e 25%, respectivamente), Polyporaceae foi a menos representativa (8,33%). As espécies de fungos com mais registros de besouros foram *Ganoderma applanatum* (13,89%) e *Phellinus* sp.1 (13,89%), onde todos os indivíduos coletados estavam colonizados, e *Stereum ostrea* (11,11%) onde quatro dos seis indivíduos coletados continham besouros micetócolos.

Nos fungos, foram encontrados 1.773 besouros pertencentes a 12 famílias e 38 espécies. A família mais abundante foi Ciidae (94,75%) com 1680 indivíduos, seguida de Corylophidae (1,52%), Ptinidae (1,18%), Tetratomidae (0,73%) e Tenebrionidae (0,62%), enquanto as outras famílias foram representadas por menos de dez indivíduos cada. Ciidae também apresentou maior riqueza (42,11%), com 16 espécies, seguida de Staphylinidae (13,16%) e Tenebrionidae (10,53%), com cinco e quatro espécies, respectivamente. As espécies mais representativas de Ciidae foram *Xylographus* sp.1 (50,20%), com 890 indivíduos, e *Ceracis* sp.1 (25,94%), com 460 indivíduos. Os dados de abundância de cada espécie de besouro nos fungos hospedeiros estão na Tabela 1.

A abundância e a riqueza dos besouros responderam positiva e significativamente à área superficial total dos basidiomas (Abundância: $F_{1,58}=14,055$; $P<0,001$ – Figura 3; Riqueza: ($\chi^2_{60}=92,96$; $P<0,001$ – Figura 4). Na área superficial média dos basidiomas, a abundância média de besouros ($F_{1,58}=136,26$; $P<0,001$ – Figura 5) e a riqueza ($\chi^2_{60}=96,074$; $P<0,001$ – Figura 6) também responderam de forma positiva e significativa.



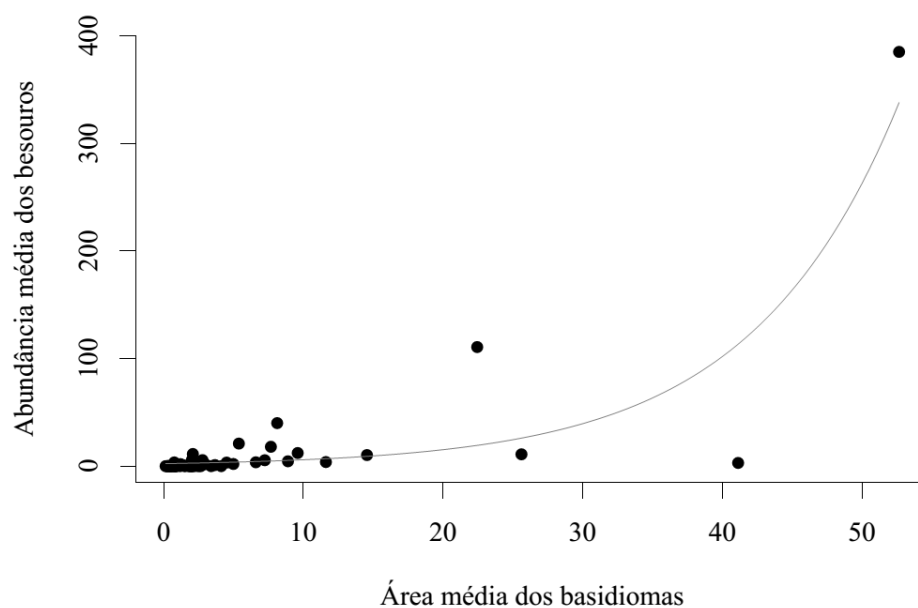


Figura 5: Abundância média dos besouros em relação à área média dos basidiomas. $F_{1,58}=136,26$; $P < 0,001$.

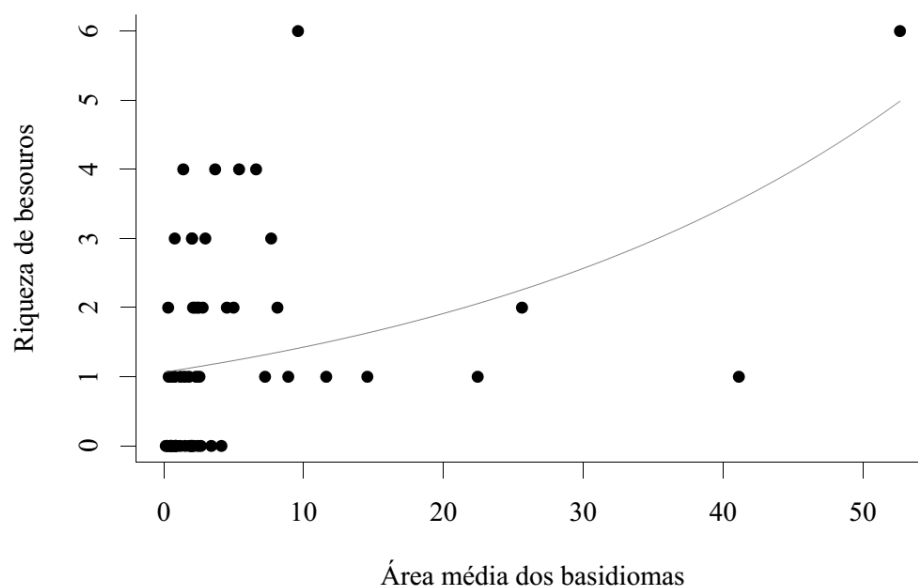


Figura 6: Riqueza dos besouros em relação à área média dos basidiomas. $\chi^2_{60}=96,074$; $P < 0,001$.

A abundância de besouros não respondeu significativamente ao estágio de decaimento dos basidiomas ($F_{3,69} = 1,7223$; $P=0,1705$), enquanto a resposta da riqueza foi significativa ($\chi^2_{73} = 70,448$; $P < 0,001$ – Figura 7). Os estágios de

decaimento I e II não diferiram entre si ($\chi^2_{73} = 70,448$; $P = 0,1211$), da mesma forma com os estágios de decaimento III e IV ($\chi^2_{73} = 70,448$; $P = 0,08622$). No entanto, a análise de contraste indicou diferença significativa da riqueza entre os dois estágios iniciais para os dois estágios finais de decaimento ($\chi^2_{73} = 70,448$; $P < 0,001$).

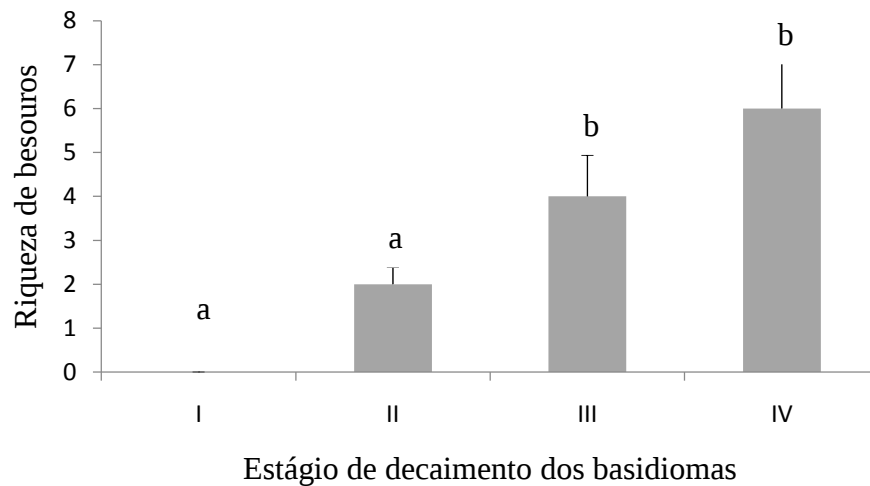


Figura 7: Riqueza de besouros em relação ao estágio de decaimento dos basidiomas. $\chi^2_{73}=70,448$; $P<0,001$.

A abundância de besouros não foi significativa para o número de basidiomas ($F_{1,58}=0,4$; $P=0,5296$). A abundância média ($F_{1,58} = 3,6894$; $P=0,05968$) e a riqueza de besouros ($\chi^2_{60}=205,29$; $P=0,1766$) também não foram significativas.

A abundância de besouros respondeu significativamente ao diâmetro dos troncos ($F_{1,43}=10,329$; $P<0,001$ – Figura 8), enquanto a riqueza não foi significativa ($F_{1,43}=4,0283$; $P=0,05106$). Tanto a abundância ($F_{4,37}=0,6185$; $P=0,6521$) quanto a riqueza de besouros ($F_{4,37}=1,5542$; $P=0,2069$) não foram significativas para o estágio de decaimento dos troncos.

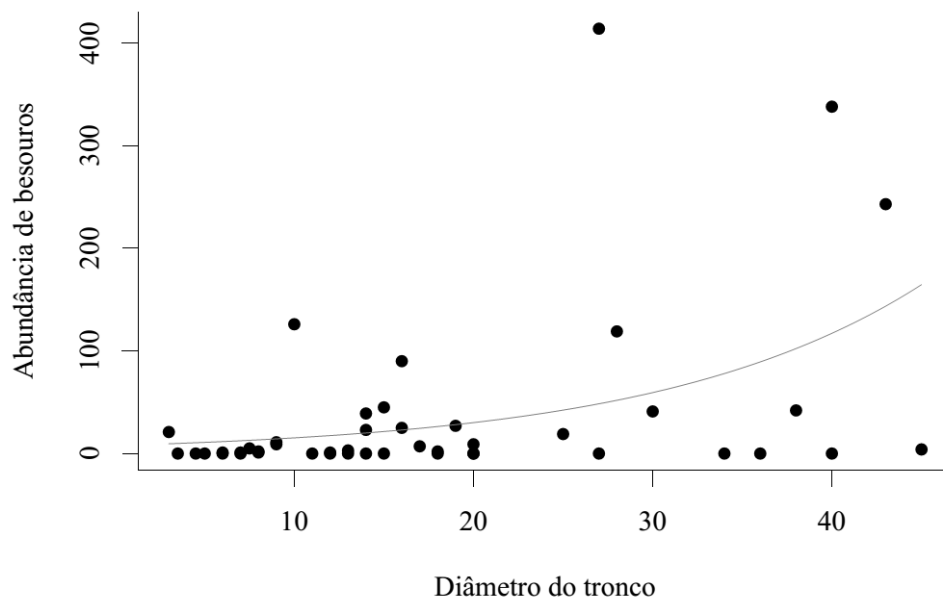


Figura 8: Abundância dos besouros em relação ao diâmetro dos troncos. $F_{1,43}=10,329$; $P<0,001$.

Besouros da serrapilheira

Foram analisadas 84 amostras de serrapilheira. Nestas, foi registrada a presença de 468 besouros, totalizando 128 espécies e 13 famílias. As famílias com maior número de registros foram Staphylinidae (64,74%) e Ptiliidae (27,78%), as quais também apresentaram maior riqueza, Staphylinidae com 87 espécies (67,97%) e Ptiliidae com 13 (10,16%). As outras 11 famílias apresentaram de uma a quatro espécies e foram observados até cinco registros para cada, exceto Carabidae, que obteve sete registros (1,5%). Dentre os Staphylinidae, a subfamília com maior riqueza foi Scydmaeninae (43,68%, $n=38$), seguida de Pselaphinae (17,24%, $n=15$) e Paederinae (11,49%, $n=10$), enquanto o número de registros foi maior para Pselaphinae (26,73%, $n=81$), Scydmaeninae (19,80%, $n=60$) e Aleocharinae (13,20%, $n=40$).

Do total de espécies de besouros, 42,97% ($n=55$) foram coletadas próximas aos basidiomas e 30,47% ($n=39$) coletadas distantes, enquanto 26,56% ($n=34$) das espécies foram encontradas tanto perto quanto longe dos basidiomas (Tabela 2). Algumas espécies como Aleocharinae sp.1, Oxytelinae sp.1, Osoriinae sp.5, Ptiliidae sp.11 e *Micridium* sp.1, das famílias Staphylinidae e Ptiliidae, foram muito representativas nos dois tipos de áreas, com mais de 25 registros para cada espécie.

Enquanto a família Scarabaeidae só foi registrada longe do basidioma, Leiodidae, Corylophidae, Dermestidae e Ciidae foram encontradas apenas próximas aos basidiomas. Nas amostras próximas aos basidiomas foram coletadas 89 espécies de besouros, as quais 46,1% (n=41) estavam próximas a basidiomas colonizados, 32,6% (n=29) próximas a basidiomas não colonizados e 21% (n=19) em ambas as áreas. Das famílias de besouro encontradas apenas próximas aos basidiomas, as espécies *Pseudoliodini* sp.1, *Cholevinae* sp.1 (Leiodidae), *Corylophidae* sp.2, sp.3 e sp.4, e *Cis* gp. *taurus* sp.1 (Ciidae) foram encontradas próximas a fungos colonizados, enquanto *Corylophidae* sp.1, *Ceracis limai* e *Cis* gp *taurus* sp.2 (Ciidae) estavam próximas a basidiomas não colonizados. Dermestidae sp.1 foi encontrada tanto próximo a fungos colonizados por besouros quanto não colonizados.

A análise de composição de espécies dos besouros entre áreas com basidiomas e áreas sem basidiomas foi significativa (PERMANOVA $F_{1,81}=2,3205$, $P=0,001$ – Figura 9). Além disso, a análise entre áreas com basidiomas colonizados por besouros micetócolos e basidiomas não colonizados também foi significativa (PERMANOVA $F_{1,40}=1,4734$, $P=0,04$), indicando diferença na composição de espécies de besouros na serrapilheira entre essas áreas.

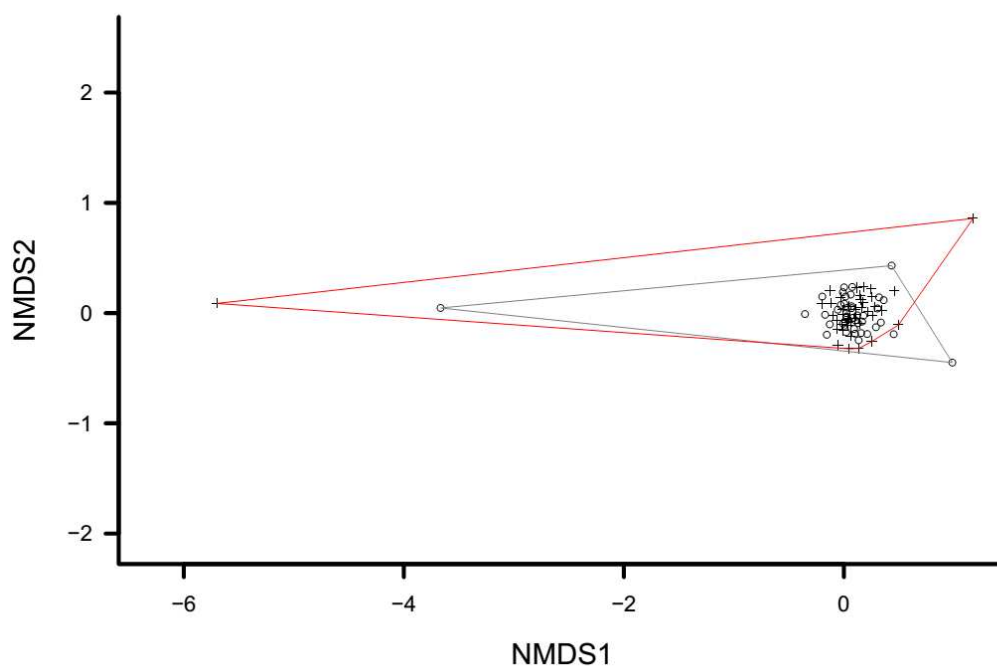


Figura 9: Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a composição das espécies de besouros na serrapilheira em relação à proximidade dos basidiomas (em vermelho) e à distância (em cinza). Stress=0,12; $F_{1,81}=2,3205$; $P=0,001$.

DISCUSSÃO

Fungos e besouros micetócolos

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 micetócolos. Este resultado segue o padrão espécie-área, o qual já foi estudado em diversos táxons e sistemas (CONNOR, McCOY, 1979; GOTELLI, 2004, ver ARAUJO; KOMONEN; LOPES-ANDRADE, 2015; STEFFAN-DEWENTER, 2003), e além disso, alguns estudos também observaram a relação positiva entre área e abundância de organismos (ver BURKE; GOULET, 1998; STEFFAN-DEWENTER, 2003). Embora esses estudos sejam realizados em escalas de paisagem, é possível traçar um comparativo com o presente trabalho, pois o fator limitante nesses casos é a área disponível de habitat.

No estágio de decaimento dos basidiomas não houve resposta significativa para a abundância dos besouros, porém a relação com o número de espécies foi positiva. Foi encontrada maior riqueza de besouros em basidiomas com estágio de decaimento avançado do que em basidiomas em estágios iniciais, assim como observado por Jonsell et al. (2016). Isso provavelmente se deve ao fato de que os fungos mais degradados possuem menos defesas químicas, o que permite a chegada de várias espécies de besouros, visto que grande parte dos fungívoros são polívoros (HANSKI, 1989; JONSELL, NORDLANDER, 2004). A alteração natural dos compostos químicos durante o desenvolvimento do basidioma também permite o particionamento de recursos ao longo do tempo, de modo que espécies de besouros possam colonizar o mesmo fungo-hospedeiro, mas em diferentes estágios de desenvolvimento do basidioma (GUEVARA et al., 2000b). Além disso, fungos que permanecem muito tempo no ambiente tendem a ser mais velhos e a ter mais chances de serem colonizados por besouros micetócolos devido ao longo período de exposição.

A abundância e a riqueza de besouros micetócolos não respondeu de forma significativa ao número de basidiomas. Pelo fato dos basidiomas serem um recurso essencial para os organismos micetócolos (GRAVES, 1960; LAWRENCE, 1973; PAVIOUR-SMITH, 1960), esperava-se que um maior número de basidiomas fosse

manter mais espécies e indivíduos de besouros. No entanto, os fungos que apresentaram maior número de basidiomas foram os *Hymenochaete luteobadia* (Figura 10), e nenhum estava colonizado. Por outro lado, fungos como *Fuscoporia* (Figura 11) e *Ganoderma* (Figura 12), geralmente grandes e encontrados em menor número de basidiomas, mantiveram alta riqueza e abundância de besouros, respectivamente. Embora o número de basidiomas possa afetar a área total do fungo, a riqueza e a abundância de besouros responderam apenas à área. Dessa forma, é possível que a conectividade entre os basidiomas influencie a distribuição dos besouros micetócolos, onde basidiomas isolados são mais colonizados e conseguem manter mais besouros do que basidiomas com padrão de crescimento agregado.



Figura 10: Indivíduo de *Hymenochaete luteobadia* com muitos basidiomas.



Figura 11: Indivíduo de *Fuscoporia* sp.1 com um basidioma.



Figura 12: Indivíduo de *Ganoderma applanatum* com três basidiomas

A riqueza de besouros micetócolos não respondeu significativamente ao diâmetro dos troncos, enquanto a abundância dos besouros foi responsiva. Em estudo anterior foi encontrado resultado diferente a este, com resposta positiva entre a riqueza de besouros e a circunferência de troncos (ARAUJO et al., 2015). Troncos maiores, tanto em comprimento quanto em diâmetro, podem manter maior diversidade de fungos devido à maior área disponível para crescimento dos basidiomas (HEILMANN-CLAUSEN E CHRISTENSEN, 2003). Troncos largos mantêm muito recurso para o crescimento de basidiomas, o que pode ter permitido a formação basidiomas maiores e, assim, a manutenção de populações numerosas de besouros micetócolos.

A riqueza de besouros micetócolos e a abundância não responderam significativamente ao decaimento dos troncos. Esperava-se que a riqueza e a abundância de besouros fossem responder positivamente, pois os basidiomas se formam enquanto o fungo degrada o tronco e os basidiomas são recursos diretos dos besouros. Apesar dos fungos serem encontrados com maior riqueza em estágios intermediários-finais de decaimento do tronco (HEILMANN-CLAUSEN E CHRISTENSEN, 2003), os besouros não apresentaram relação com o decaimento o tronco.

Besouros da serrapilheira

Os táxons mais abundantes em serrapilheira neste trabalho, que foram as famílias Staphylinidae e Ptiliidae, estiveram presentes nas três áreas – sem basidiomas, basidiomas colonizados e basidiomas não colonizados. Essas duas

famílias também são as mais abundantes em outros estudos sobre a fauna de serrapilheira (ver ANU et al., 2009; DIDHAM et al., 1998b). Além de ser o táxon mais diverso e abundante de Coleoptera, com cerca de 60 mil espécies descritas, os Staphylinidae são conhecidos pela variedade de hábitos alimentares, com espécies micetócolas, mirmecófilas, termitófilas, predadoras e até mesmo foréticas de mamíferos (LAWRENCE; SLIPINSKI, 2013; NEWTON; GUTIÉRREZ; CHANDLER, 2005). O principal macrohábitat dos Staphylinidae é a serrapilheira e os recursos que ficam em contato direto ou próximo ao solo, como troncos em decomposição e basidiomas de fungos. Devido à especialização de hábitos e microhábitats, já era esperado que a composição de Staphylinidae fosse muito variável. Os Ptiliidae são relativamente abundantes onde há matéria orgânica em decomposição, como em serrapilheira, montes de compostagem, troncos podres, buracos de árvores e esterco, onde sua principal fonte de alimento são esporos e hifas de fungos. Além disso, algumas espécies de ptilídeos Nanosellini vivem dentro dos tubos de esporóforos de fungos orelhas-de-pau, onde se alimentam de esporos em desenvolvimento (LAWRENCE; SLIPINSKI, 2013). Também é possível associar a ampla distribuição dos Ptiliidae com o crescimento das hifas dos fungos, pois as hifas vegetativas podem se espalhar no solo além do substrato de crescimento do basidioma.

Das famílias de besouro encontradas na serrapilheira e que foram coletadas só em amostras próximas aos basidiomas, Leiodidae foi a única encontrada apenas em amostras com basidiomas colonizados. Todas as subfamílias de Leiodidae são comumente encontradas em serrapilheira e muitos dos seus indivíduos apresentam hábitos detritívoros ou fungívoros (CHANDLER; PECK, 1992; LAWRENCE; SLIPINSKI, 2013). Muitos Corylophidae se alimentam de esporos ou hifas de microfungos, mas também podem ser encontrados associados a fungos basidiomicetos (SLIPINSKI; LAWRENCE; CLINE, 2010). Os Ciidae, encontrados próximos a fungos, foram amostrados tanto em amostras com fungos colonizados quanto não colonizados. Algumas espécies ápteras de Ciidae podem ser coletadas em serrapilheira (LOPES-ANDRADE, 2007), mas nenhuma foi encontrada neste estudo. No entanto, três espécies macrópteras de Ciidae foram registradas na serrapilheira: *Ceracis limai* e duas espécies de *Cis* do grupo *taurus*. Embora o registro de *Cer. limai* seja de uma área onde os basidiomas não estavam colonizados por besouros, o fungo de referência da amostra é um *Hymenochaete luteobadia*

(Hymenochaetaceae). Um estudo anterior considerou *Cer. limai* como oligófago para fungos dessa família de fungo, pois foi registrado quase que exclusivamente em espécies de fungos Hymenochaetaceae (GRAF-PETERS et al. 2011). Visto que os ciídeos localizam seus fungos-hospedeiros por compostos odoríferos (GUEVARA; RAYNER; REYNOLDS, 2000), a presença desse besouro em uma amostra de serrapilheira próxima à *H. luteobadia* pode indicar a procura do fungo para colonização. As duas espécies de *Cis* do grupo *taurus* são espécies novas (C. LOPES-ANDRADE, com. pes.) e nada se sabe sobre seus hábitos alimentares. O grupo *taurus* de *Cis* é considerado o maior grupo de espécies de Ciidae na região Neotropical, com 11 espécies descritas e cerca de 90 espécies novas presentes em coleções científicas (OLIVEIRA; LOPES-ANDRADE; LAWRENCE, 2013; C. LOPES-ANDRADE, com. pes.).

A composição de espécies de besouros na serrapilheira foi diferente entre todas as áreas analisadas: áreas sem basidiomas, áreas com basidiomas colonizados por besouros micetócolos e áreas com basidiomas não colonizados. Além disso, foi observada maior riqueza de besouros de serrapilheira em áreas com a presença de basidiomas e em áreas com basidiomas colonizados. Já se sabe que os fungos decompositores são capazes de reter nutrientes em suas hifas e principalmente nos basidiomas (BODDY, L.; WATKINSON, 1995), e que a atividade dos besouros micetócolos auxilia na degradação desses fungos (SCHIGEL, 2011), inclusive dos mais persistentes. A resposta positiva dos besouros de serrapilheira à presença dos basidiomas e dos besouros micetócolos indica que estes desempenham atividades importantes no sistema a qual estão integrados, possivelmente através da modificação e liberação de nutrientes ao ambiente e, posteriormente, utilizados por outros níveis tróficos.

CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que troncos largos possibilitam a permanência de maior abundância de besouros micetócolos e, que através dos fungos, podem influenciar o número de espécies destes besouros. A diferença na distribuição dos besouros de serrapilheira indica que os fungos e os besouros micetócolos podem auxiliar a distribuição de nutrientes e/ou facilitar o acesso de material fúngico para outros organismos. Assim, nota-se a existência de um sistema integrado por

organismos com diferentes funções ecológicas, onde a ausência de um pode desencadear efeitos cascata sobre os outros.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. J.; WALSH, D. C. I. PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? *Ecological Monographs*, v. 83, n. 4, p. 557–574, nov. 2013.
- ALLOUCHE, O.; KALYUZHNY, M.; MORENO-RUEDA, G.; PIZARRO, M.; KADMON, R. Area-heterogeneity tradeoff and the diversity of ecological communities. *PNAS*. v. 109, n. 43. 2012.
- ANU, A.; SABU, T. K.; VINEESH, P. J. Seasonality of litter insects and relationship with rainfall in awet evergreen forest in south Western Ghats. *Journal of Insect Science*. v. 9, p.1-10, 2009.
- ARAUJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, v. 191, p. 659–666, nov. 2015.
- BODDY, L.; JONES, T. H. Interactions between Basidiomycota and Invertebrates. In: BODDY, L.; FRANKLAND, J. C.; VAN WEST, P. *Ecology of saprotrophic basidiomycetes*. London: Academic Press, 2008. p. 156–174.
- BODDY, L.; WATKINSON, S. C. Wood decomposition, higher fungi, and their role in nutrient redistribution. *Canadian Journal of Botany*, v. 73, 1995.
- BURKE, D.; GOULET, H. Landscape and area effects on beetle assemblages in Ontario. *Ecography*. v. 21, p. 472-479, 1998.
- CHANDLER, D. S.; PECK, S. B. Diversity and seasonality of leiodid beetles (Coleoptera: Leiodidae) in an old-growth and a 40-year-old Forest in New Hampshire. *Environ. Entomo.* v. 21, p. 1283-1293, 1992.
- COLEMAN, D.; CROSSLEY, J. D.; HENDRIX, P. F. Secondary Production: Activities of Heterotrophic Organisms — The Soil Fauna. *Fundamentals of Soil Ecology*. 2. ed. California, EUA: Academic Press, 2004. p. 79–185.
- CONNOR, E. F.; McCOY, E. D. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist*. v. 113, n. 6, 1979.
- CRAWLEY, M. J. *Statistics: an introduction using R*. 2. ed. London: Wiley, 2015.
- CROMACK JR., K. *et al.* Soil Microorganism - Arthropod Interactions: Fungi as Major Calcium and Sodium Sources. In: MATTSON, W. J. *The Role of Arthropods in Forest Ecosystems*. New York: Springer-Verlag, 1977. p. 78–84.
- DIDHAM, R. K. Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. *Oecologia*, v. 116, p. 397–406, 1998a.
- DIDHAM, R. K.; HAMMOND, P. M.; LAWTON, J. H.; EGGLETON, P.; STORK, N. E. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. *Ecological Monographs*. v. 68(3), p. 295-323, 1998b.

ERWIN, T. L. TROPICAL FORESTS : THEIR RICHNESS IN COLEOPTERA AND OTHER ARTHROPOD SPECIES. *The Coleopterists Bulletin*, v. 36, n. 1, p. 74–75, 1982.

FERRO, M. L.; THAYER, M. K.; NEWTON, A. F. Jr.; PARK, J. S. *Key to North American Staphylinidae subfamilies*. 2015. Disponível em: <<http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/nastaphylinidae>> Acesso em: Maio de 2017

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. *Florida Entomologist*, v. 94, n. 3, p. 553–566, 2011.

GRAVES, R. C. Ecological observation on the insects and other inhabitants of woody shelf fungi (Basidiomycetes: Polyporaceae) in the Chichago area. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, v. 53, p. 61–78, 1960.

GOTELLI, N. J. *Ecologia*. 4. ed. Londrina: Editora Planta. 2004.

GUEVARA, R.; RAYNER, A. D. M.; REYNOLDS, S. E. Orientation of specialist and generalist fungivorous ciid beetles to host and non-host odours. *Physiological Entomology*, v. 25, p. 288–295, 2000.

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. *Influência de alterações antrópicas em besouros ciídeos de Floresta Amazônica*. Universidade Federal de Viçosa, 2004.

GUMIER-COSTA, F.; LOPES-ANDRADE, C.; ZACARO, A. A. Association of *Ceracis cornifer* (Mellié) (Coleoptera: Ciidae) with the Bracket Fungus *Pycnoporus sanguineus* (Basidiomycetes: Polyporaceae). *Neotropical Entomology*, v. 32, n. 2, p. 359–360, 2003.

GUZMÁN, G.; PIEPENBRING, M. *Los hongos de Panamá: Introducción a La identificación de los macroscópicos*. 1.ed. México: Instituto de Ecología, A. C., 2011. 372 p.

HANSKI, I. Fungivory: fungi, insects and ecology. In: WILDING, N. *et al.* (Org.). *Insect-fungus interactions*. London: Academic Press, 1989. p. 25–68.

HEILMANN-CLAUSEN, J.; CHRISTENSEN, M. Fungal diversity on decaying beech logs - implications for sustainable forestry. *Biodiversity and Conservation*. v.12, p.953-973, 2003.

INDEX FUNGORUM. Disponível em: <<http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>> Acesso em: Maio de 2017.

JONSELL, M. *et al.* Structure of insect community in the fungus *Inonotus radiatus* in riparian boreal forests. *Journal of Natural History*, v. 50, n. 25–26, p. 1613–1631, 10 jul. 2016.

JONSELL, M.; NORDLANDER, G. Host selection patterns in insects breeding in bracket fungi. *Ecological Entomology*. [S.l: s.n.], 2004. v. 29. p. 697–705.

JONSELL, M.; NORDLANDER, G. Insects in polypore fungi as indicator species: A comparison between forest sites differing in amounts and continuity of dead wood. *Forest Ecology and Management*, v. 157, p. 101–118, 2002.

Keys for the identification of British Coleoptera. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/mikesinsectkeys/Home>>. Acesso em: Maio de 2017.

KIRK, P. M. *et al.* *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. 10. ed. Wallingford: CAB international, 2008.

KLIMASZEWSKI, J.; PECK, S. B. Succession and phenology of beetle faunas (Coleoptera) in the fungus *Polyporellus squamosus* (Huds.:Fr.) Karst. (Polyporaceae) in Silesia, Poland. *Can. J. Zool.*, v. 65, n. 1973, p. 542–550, 1987.

KOMONEN, A. Distribution and abundance of insect fungivores in the fruiting bodies of *Fomitopsis pinicola*. *Annales Zoologici Fennici*, v. 40, p. 495–504, 2003.

LAVELLE, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. *Biology International*, v. 33, p. 3–16, 1996.

LAWRENCE, J. F. Host preference in Ciid beetles (Coleoptera: Ciidae) inhabiting the fruiting bodies of Basidiomycetes in North America. *Bulletin Museum of comparative Zoology*, v. 145, p. 163–212, 1973.

LAWRENCE, J. F. *The Australian Ciidae (Coleoptera: Tenebrionoidea): A Preliminary Revision*. v. 4198. 2016

LAWRENCE, J. F.; SLIPINSKI, A. *Australian Beetles: Morphology, Classification and Keys*. Collingwood, Australia: CSIRO, 2013. v. 1.

LAWRENCE, J.F.; HASTINGS, A. M.; DALLWITZ, M. J.; PAINE, T. A. ZURCHER, E. J. *Beetles of the World: a key and information system for families and subfamilies*. Melbourne: CSIRO. CD-ROM, Version 1.0 for MS-Windows, 1999.

LEGNER, E. F. *Keys to subfamily and genera of the Staphylinidae of America North of Mexico (Coleoptera: Staphylinidae)*. Disponível em: <<http://www.faculty.ucr.edu/~legneref/eflpub/efl130b-1.htm>>. Acesso em: Maio de 2017.

LOPES-ANDRADE, C. *Neoapterocis*, a new genus of apterous Ciidae (Coleoptera: Tenebrionoidea) from Chile and Mexico. *Zootaxa*. v. 1481, p. 35–47, 2007.

MÄKIPÄÄ, R.; LINKOSALO, T. A non-destructive field method for measuring wood density of decaying logs. *Silva Fennica*, v. 45, n. 5, p. 1135–1142, 2011.

Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012.

MARTIN, B. Y. M. M. Biochemical implications of insect mycophagy. *Biological*

Reviews, v. 54, p. 1–21, 1979.

MEIJER, A. A. R. *Notable macrofungi from Brazil's Paraná pine forests = Macrofungos notáveis das florestas de Pinheiro-do-Paraná*. 1.ed. Paraná: Embrapa, p. 431. 2008.

NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; MIRANDA, H. E. G. *Escarabajos asociados a basidiomycetes en San José de los Laureles, Morelos, México (Coleoptera: Scarabaeidae)*. *Folia Entomológica Mexicana*. 1997.

NEVES, M. A.; BASEIA, I. G.; DRECHSLER-SANTOS, E. R.; GÓES-NETO, A. *Guide to the common fungi of the semiarid region of Brazil*. Florianópolis: TECC, 2013. 122 p.

NEWTON, A. F.; GUTIÉRREZ, C.; CHANDLER, D. S. Checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) of Colombia. *Biota Colombiana*, v. 6, p. 1–72, 2005.

OKSANEN, J. BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; McGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-4. 2017. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>

OLIVEIRA, E. H.; LOPES-ANDRADE, C.; LAWRENCE, J. Review of the Neotropical Ciidae (Insecta: Coleoptera) in the *Cis taurus* species-group. *Arthropod Systematics & Phylogeny*. v. 71, n. 3, p. 181–210, 2013.

ORLEDGE, G. M.; REYNOLDS, S. E. Fungivore host-use groups from cluster analysis: patterns of utilisation of fungal fruiting bodies by ciid beetles. *Ecological Entomology*, v. 30, n. 6, p. 620–641, dez. 2005.

ORLEDGE, G. M.; SMITH, P. A.; REYNOLDS, S. E. The non-pest Australasian fungivore *Cis bilamellatus* Wood (Coleoptera: Ciidae) in northern Europe: Spread dynamics, invasion success and ecological impact. *Biological Invasions*, v. 12, p. 515–530, 2010.

OSMAN, K. T. *Forest Soils: Properties and Management*. Nova Iorque: Springer International Publishing, 2013.

PAVIOUR-SMITH, K. The Fruiting-Bodies of Macrofungi as Habitats for Beetles of the Family Ciidae (Coleoptera). *Nordic Society Oikos*. v. 11, p. 43–71. 1960.

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, n. 3, p. 70, 2017.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 11, n. 5, p. 1633–1644. 2007.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: Maio de 2017.

RYVARDEN, L. Genera of polypores—nomenclature and taxonomy. *Synopsis Fungorum* 5, Fungiflora, Oslo, 1991.

SCHIGEL, D. S. Collecting and rearing fungivorous Coleoptera. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, v. 63, n. SUPPL. 10, p. 15–20, 2008.

SCHIGEL, D. S. *Polypore assemblages in boreal old-growth forests, and associated Coleoptera*. 2009. 44 f. University of Helsinki, 2009.

SCHIGEL, D. S. Fungus–beetle food web patterns in boreal forests. *Russian Entomological Journal*, v. 20, n. 2, 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*, v. 3, n. 4, p. 258–272, 2012.

SCHIGEL, D. Beetles versus Fungi: Trophic Interactions in Boreal Forests. In: DRUZHININA, I. S.; KUBICEK, C. P. *The Mycota - Environmental and Microbial Relationships*. 3. ed. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 269–278.

SILVA, C. A.; VIEIRA, M. F.; AMARAL, C. H. DO. Floral attributes, ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33, n. 2, p. 207–213, 2010.

SLIPINSKI, A.; LAWRENCE, J. F.; CLINE, A. R. Corylophidae. In: LESCHEN, R. A. B.; BEUTEL, R. G.; LAWRENCE, J. F. *Handbook of Zoology*. Walter de Gruyter: Berlin. p. 472–481. 2010.

SOUZA-GONÇALVES, I.; LOPES-ANDRADE, C. Seven new species of *Cis* Latreille (Coleoptera: Ciidae) from southern Africa. *Entomological Science*, v. 20, p. 338–356, 29 maio 2017a.

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. 2017b.

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented Orchard Meadows. *Conservation Biology*, v. 17, n. 4, p. 1036–1044, 2003.

STEIN, A.; GERSTNER, K.; KREFT, H. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*. 2014.

SWIFT, M. J. The ecology of wood decomposition. *Science Progress*, v. 64, n. 254, p. 175–199, 1977.

WEBSTER, J.; WEBER, W. S. *Introduction to Fungi*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

WRIGHT, J. E.; ALBERTÓ, E. *Hongos de la región pampeana*: I. Hongos con laminillas. 1.ed. Buenos Aires: L.O.L.A., 2002. 279 p. SILVA, C. A.; VIEIRA, M. F.; AMARAL, C. H. DO. Floral attributes, ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33, n. 2, p. 207–213, 2010.

WRIGHT, J. E.; LECHNER, B. E. POPOFF, O. *Atlas pictórico del Parque Nacional Iguazu = Pictorial atlas of fungi of Iguazu National Park*. Buenos Aires: L. O. L. A., 2008. 227p

YAMASHITA, S. *et al.* Food web structure of the fungivorous insect community on bracket fungi in a Bornean tropical rain forest. *Ecological Entomology*, v. 40, n. 4, p. 390–400, 2015.

TABELAS

Tabela 1: Registro e abundância de cada espécie de besouro em seus fungos-hospedeiros. Fungos sem besouros (não incluídos na tabela): *Auricularia* sp.1 (Auriculariaceae); *Amauroderma* sp.1 (Ganodermataceae); *Cyclomyces tabacinus*, *Hymenochaete luteobadia*, *Inonotus* sp.2, *Phylloporia* sp.1 (Hymenochaetaceae); *Irpex lacteus* (Meruliaceae); *Peniophora* sp.1 (Peniophoraceae); *Polyporus* aff. *guianensis*, *Trametes* sp.1 (Polyporaceae); *Cotylidia* sp. (Repetobasidiaceae).

	Polyporales Ganodermataceae			Hymenochaetales Hymenochaetaceae			Polyporales Meruliaceae			Polyporales Polyporaceae			Hymenochaetales Schizoporaceae			Polyporales Stereaceae		
Besouros/ Fungos	<i>Amauroderma</i> sp.2	<i>Amauroderma</i> sp.3	<i>Ganoderma applanatum</i>	<i>Fuscoporia</i> sp.	<i>Inonotus</i> sp.1	<i>Inonotus</i> sp.3	<i>Phellinus</i> sp.1	<i>Phellinus</i> sp.2	<i>Phellinus</i> sp.3	<i>Hydnopolyporus fimbriatus</i>	<i>Junghuhnia</i> sp.1	<i>Podoscyptha</i> sp.	<i>Datronia caperata</i>	<i>Fomesfasciatus</i>	<i>Schizopora paradoxa</i>	<i>Oxyporus populinus</i>	<i>Stereum ostrea</i>	
Erotylidae																		
<i>Iphiclus</i> sp.1	1																	
<i>Iphiclus</i> sp.2	1																	
Tenebrionidae																		
<i>Neomida vitula</i>	3			1											1			
<i>Nilio</i> sp.1	4																	
<i>Nilio</i> sp.2	1																	
<i>Diaperini</i> sp.1	1																	
Ciidae																		
<i>Ceracis</i> sp.1	35		35		389						1							

<i>Ceracis bicornis</i>				42					
<i>Ceracis zarathustrai</i>				2				35	
<i>Ceracis</i> spp.(fêmeas)	36	13	4				10	1	
<i>Falsocis brasiliensis</i>			5		3				
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.1									10
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.2						68			
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.3								20	
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.4				1			12		
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.5									14
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.6		2	10						4
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.7	5				5				
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> spp. (fêmeas)	1								1
<i>Xylographus</i> sp.1			481	356	41	11		1	
<i>Xylographus</i> sp.2				18	5	1		1	
<i>Xylographus</i> sp.3					1				
Corylophidae									
Corylophinae sp.1									1
<i>Holopsis</i> sp.1									26
Staphylinidae									
Osoriinae sp.1					1				
<i>Thoracophorus</i> sp.1					1				1
<i>Scaphisoma</i> sp.1							2		
Tachyporinae sp.1					1				
Tachyporinae sp.2					1				
Carabidae									
Bembidiini sp.1									1
Bembidiini sp.2								1	

Scarabaeidae

Aphodiinae sp.1					1
-----------------	--	--	--	--	---

Tetratomidae

Eustrophinae sp.1			13		
-------------------	--	--	----	--	--

Ptinidae

Dorcatominae sp.1	1	18			2
-------------------	---	----	--	--	---

Cerylonidae

Euxestinae sp.1				1	
-----------------	--	--	--	---	--

Euxestinae sp.2				1	
-----------------	--	--	--	---	--

Cleridae

Clerinae sp.1		1			
---------------	--	---	--	--	--

Leiodidae

Leiodidae sp.1			6		
----------------	--	--	---	--	--

Tabela 2: Registro das espécies de besouros de serrapilheira. Número de registros de cada espécie e local onde foi coletada (próximo dos basidiomas, longe dos basidiomas ou em ambos).

Família/Subfamília/Espécie	Nº de registros	Perto	Longe
Staphylinidae			
Aleocharinae			
Aleocharinae sp.1	36	x	x
Aleocharinae sp.2	1		x
Aleocharinae sp.3	1	x	
Myllaenini sp.1	1	x	
Aleocharini sp.1	1	x	
Oxytelinae			
Oxytelinae sp.1	38	x	x
Megalopsidiinae			
<i>Megalopinus</i> sp.1	1		x
Osoriinae			
Osoriinae sp.1	1	x	
Osoriinae sp.2	1	x	
Osoriinae sp.3	4	x	x
Osoriinae sp.4	1	x	
Osoriinae sp.5	27	x	x
<i>Thoracophorus</i> sp.1	1	x	
<i>Thoracophorus</i> sp.2	1	x	
<i>Thoracophorus</i> sp.3	2		x
Paederinae			
aff. <i>Lissobiops</i> sp.1	2	x	x
<i>Scopaeus</i> sp.1	7	x	x
<i>Pinophilini</i> sp.1	4	x	x
Paederinae sp.2	4	x	x
<i>Paederus</i> sp.1	1		x
<i>Thinocharis</i> sp.1	1		x
<i>Thinocharis</i> sp.2	7	x	x
<i>Thinocharis</i> sp.3	1	x	
<i>Thinocharis</i> sp.4	1		x
<i>Rugilus</i> sp.1	1		x
Scaphidiinae			
<i>Scaphisoma</i> sp.1	1	x	
<i>Scaphisoma</i> sp.2	1	x	
<i>Scaphisoma</i> sp.3	2	x	x
Pselaphinae			
Pselaphinae sp.1	1	x	
Pselaphinae sp.2	1	x	
Pselaphinae sp.4	3	x	x
Pselaphinae sp.6	3	x	x
Pselaphinae sp.7	1		x
Pselaphinae sp.8	3	x	x

Pselaphinae sp.9	8	x	x
Pselaphinae sp.10	12	x	x
Pselaphinae sp.11	9	x	x
Pselaphinae sp.12	20	x	x
Pselaphinae sp.13	1	x	
Pselaphinae sp.14	15	x	x
Pselaphinae sp.15	1	x	
Batrisini sp.1	2		x
Batrisini sp.2	1	x	
Scydmaeninae			
Scydmaeninae sp.1	2	x	x
Scydmaeninae sp.2	2	x	
Scydmaeninae sp.3	1	x	
Scydmaeninae sp.4	1		x
Scydmaeninae sp.5	2		x
Scydmaeninae sp.6	1		x
Scydmaeninae sp.7	1		x
Scydmaeninae sp.8	1		x
Scydmaeninae sp.9	1	x	
Scydmaeninae sp.10	2	x	x
Scydmaeninae sp.11	2	x	x
Scydmaeninae sp.13	1		x
Scydmaeninae sp.14	1		x
Scydmaeninae sp.15	1	x	
Scydmaeninae sp.16	1	x	
Scydmaeninae sp.17	2	x	
Scydmaeninae sp.18	1		x
Scydmaeninae sp.19	1	x	
Scydmaeninae sp.20	2	x	
Scydmaeninae sp.21	1	x	
Scydmaeninae sp.22	1	x	
Scydmaeninae sp.23	1		x
Scydmaeninae sp.24	1		x
Scydmaeninae sp.25	1		x
Scydmaeninae sp.26	1	x	
Scydmaeninae sp.27	1	x	
Scydmaeninae sp.28	1	x	
Scydmaeninae sp.30	1		x
Scydmaeninae sp.31	1		x
<i>Scydmaenus</i> sp.1	14	x	x
<i>Scydmaenus</i> sp.2	1		x
<i>Euconnus</i> sp.1	1	x	
<i>Euconnus</i> sp.2	1	x	
<i>Euconnus</i> sp.3	1	x	
<i>Euconnus</i> sp.4	1		x
<i>Stenchnus</i> sp.1	1		x

<i>Microscydmus</i> sp.2	2	x	
<i>Microscydmus</i> sp.3	2		x
Tachyporinae			
Tachyporinae sp.1	1	x	
Tachyporini sp.1	3	x	x
<i>Sepedophilus</i> sp.1	1	x	
<i>Coproporus</i> sp.1	4	x	x
<i>Coproporus</i> sp.2	2		x
<i>Coproporus</i> sp.3	1		x
Tenebrionidae			
Lagriinae			
<i>Goniadera aemymonae</i>	2	x	x
<i>Anaedes</i> sp.1	1		x
Diaperinae			
<i>Gnatocerus cornutus</i>	1	x	
Scarabaeidae			
Melolonthinae			
Melolonthinae sp.1	1		x
Leiodidae			
Leiodinae			
Pseudoliadini sp.1	1	x	
Cholevinae			
Cholevinae sp.1	1	x	
Corylophidae			
Corylophidae sp.1	1	x	
Corylophidae sp.2	1	x	
Corylophidae sp.3	1	x	
Corylophidae sp.4	1	x	
Dermestidae			
Dermestidae sp.1	3	x	
Curculionidae			
Curculionidae sp.1	1	x	
Curculionidae sp.2	1	x	
Scolytinae			
Scolytinae sp.2	1		x
Ciidae			
Ciinae			
<i>Ceracis limai</i>	1	x	
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.1	1	x	
<i>Cis</i> gp. <i>taurus</i> sp.2	1	x	
Histeridae			
Histeridae sp.1	1		x
Histeridae sp.2	1		x
Histeridae sp.3	1	x	
Histeridae sp.4	2	x	
Cleridae			

Cleridae sp.1	1	x	
Nitidulidae			
Nitidulidae sp.1	1		x
Nitidulidae sp.2	1		x
Carabidae			
Harpalinae			
Harpalinae sp.1	1	x	
Pentagonicinae			
<i>Pentagonica</i> sp.1	1	x	
Lebiinae			
Lebiinae sp.1	4	x	x
<i>Apenes</i> sp.1	1		x
Ptiliidae			
Ptiliidae sp.1	7	x	x
Ptiliidae sp.2	19	x	x
Ptiliidae sp.3	2		x
Ptiliidae sp.4	3	x	x
Ptiliidae sp.5	1	x	
Ptiliidae sp.6	3	x	x
Ptiliidae sp.7	3	x	x
Ptiliidae sp.8	1		x
Ptiliidae sp.9	2	x	
Ptiliidae sp.10	1	x	
Ptiliidae sp.11	33	x	x
Ptiliidae sp.12	14	x	x
Ptiliinae			
<i>Micridium</i> sp.1	41	x	x