



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Diversidade de besouros Scarabaeinae (Coleoptera:  
Scarabaeidae) em áreas de Floresta Ombrófila Densa em  
diferentes estágios sucessionais**

**Cássio Batista Marcon**

Florianópolis - SC  
Agosto de 2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Cássio Batista Marcon**

**Diversidade de besouros Scarabaeinae (Coleoptera:  
Scarabaeidae) em áreas de Floresta Ombrófila Densa em  
diferentes estágios sucessionais**

Trabalho referente à disciplina  
BIO7016 - Trabalho de Conclusão  
de Curso II, apresentado como  
requisito parcial para a obtenção do  
grau de Licenciado e Bacharel em  
Ciências Biológicas.

Orientadora: Malva Isabel Medina  
Hernández

Florianópolis - SC  
Agosto de 2011

*A Sebastião (in memoriam) e a Murilo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que colaboraram com o desenvolvimento desse trabalho e, para além do TCC, contribuíram para meu desenvolvimento como pessoa ao longo de toda minha vida e em especial nesse tempo de graduação.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, meus irmãos, Cayo e Murilo, e avós. Muito obrigado por todo o sacrifício, dedicação e amor.

Aos amigos de escola, infância e trabalho. Muito obrigado rapaziada!

Aos amigos da 06.2, a mais legal. Vocês foram a minha família em Florianópolis nos últimos cinco anos. Obrigado Abú, Bob, Barr, Mari, Pv, Primo, Misk, Xitão, Marina, Andressa, Bruna, Anna, Fidel, Sarah e todo mundo. Em especial a Conchinha que tem me aturado nos últimos meses em casa.

Aos amigos do PET, bolsistas, voluntários e à minha querida tutora Tânia. Muito obrigado por mais de três anos de trabalho e diversão. Obrigado aos PETdinos, Félix, Du, Elise, Maíra, Elis, Fêr e demais, aos PETcontemporâneos, Renatinha, Felipe, Laise, Bia, Joice, Letícia, Malu, Mariana, Rêba, e também aos PETcalouros, Vitor, Ari, Bruna, Tati.

Aos amigos da bike. Obrigado Tomaz, Diogo, Max, Panda, Fabiano, Bárbara e companhia, vocês me inspiram e nossa amizade será sempre centrada, lubrificada, regulada e, claro, em movimento.

Aos demais amigos da Bio UFSC, muito obrigado por compartilharem milhares de horas felizes, congressos, palestras, mini-cursos e divertidos anos de UFSC. Obrigado aos veteranos e aos calouros. Ao pessoal do Itambé e do MIP Foot-Ball Club. Aninha, Moniqueta, Mentira, Júlias, Tiri, Kenny, Denso, Hugo, Macca, Rond, Carols, Cecília, Daí, Mineiro, Fernanda, Fernando, Gabi, João, Lês, Renatos, Rafaels. Obrigado a todos que construíram, constroem e construirão o curso mais lindo e apaixonante.

A todos os professores e servidores que colaboraram para o sucesso do curso e para a melhor formação possível de todos os estudantes.

Ao pessoal do Grupo de Estudos e Educação Ambiental, GEABio. É maravilhoso provar na prática que desejo se transforma em ação e que um novo mundo é possível e já existe. Nay, Daniel, May, Júlia L., Camila, os outros que já foram citados e os que não serão. O GEABio estará para sempre na minha memória e em cada uma das minhas ações.

Ao pessoal do LECOTA, em especial a minha grande orientadora e amiga Malva, que foi muito mais do que uma professora, acreditou em mim e puxou minha orelha nas horas certas. Obrigado Gabi, Mítia (*in memoriam*), Kika, Ana Letícia, Andros, Alexandre, Malu, Mariah, Mari, Jungle e Renata.

A todos que contribuíram com o TCC, seja indo a campo, fornecendo dados, identificando os besouros, avaliando o projeto ou o trabalho final e todas as outras formas de ajuda. Obrigado ao Fernando Maciel Brüggemann e ao Hotel Plaza Caldas da Imperatriz, ao Wilson Moreli, ao Felipe e à RPPN Chácara Edith, ao Fernando Z. Vaz-de-Mello e sua equipe de trabalho na UFMT, ao Prof. Benê, ao Prof. Nivaldo e ao Pedro, a Vanessa e “as selvagens”.

Obrigado ao MEC/SESU e ao PIBIC/CNPQ pelas bolsas.

A todos os grandes amores, Michelle, Jade, Júlia, a vida se encheu e se enche de cores na presença de vocês.

Obrigado à Energia Cósmica, Jah, Jeová, Javé, Deus, Todo Poderoso, ao Sol, à Lua, a todos os elementos do Universo e à Primavera que inicia em breve, para nunca esquecer que somos todos um.

“– Esse problema – disse Sidarta – não me preocupa tampouco. Quanto a mim, as coisas podem ser mera aparência, uma vez que, neste caso, também eu sou aparência, e assim serão elas sempre meus iguais. Eis o que as torna para mim tão caras e venerandas: são como eu. Por isso posso amá-las. E com isso te comunico uma doutrina que te fará rir, ó Govinda: tenho para mim que o amor é o que há de mais importante no mundo. Analisar o mundo, explicá-lo, menosprezá-lo, talvez caiba aos grandes pensadores. Mas a mim me interessa exclusivamente que eu seja capaz de amar o mundo, de não sentir desprezo por ele, de não odiar nem a ele nem a mim mesmo, de contemplar a ele, a mim, a todas as criaturas com amor, admiração e reverência.”

Hermann Hesse

## RESUMO

Os besouros da subfamília Scarabaeinae, com cerca de seis mil espécies descritas, são utilizados como indicadores ecológicos devido ao fato de que suas comunidades se modificarem em ambientes alterados pela influência antrópica, com mudanças na abundância, na riqueza e composição de espécies. São insetos que se alimentam, em sua maioria, de matéria orgânica em decomposição, desempenhando importantes funções ecossistêmicas. O objetivo deste trabalho foi analisar as comunidades de Scarabaeinae copro-necrófagos em áreas de Floresta Ombrófila Densa com diferentes estágios sucessionais, relacionando-as com a complexidade ambiental de cada área de estudo. As coletas foram realizadas entre novembro de 2009 e março de 2010 em duas Unidades de Conservação do estado de Santa Catarina: duas áreas no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro - PEST e uma área na Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN - Chácara Edith. Em cada um destes locais foram instaladas 30 armadilhas: 10 em mata conservada, 10 em mata intermediária e 10 em capoeira; sendo 5 iscadas com fezes humanas frescas e 5 com carne suína apodrecida. Para a análise da complexidade ambiental, foi utilizado o método do ponto-quadrante adaptado, onde em cada ponto foram medidas a altura, o DAP/DAT e o diâmetro da copa para as árvores (DAP > 5 cm) e arbustos (> 1 m de altura) que se encontravam à menor distância. A frequência de bromélias de chão e epífitas encontradas nos quadrantes também foi registrada e, em quadrados de 1 m<sup>2</sup>, mediu-se a altura da serapilheira e a porcentagem de cobertura de serapilheira, área verde, área de solo exposto e cobertura do dossel. Foram coletados 3.049 indivíduos de 29 espécies de Scarabaeinae, sendo 1.196 indivíduos de 23 espécies na área do PEST - "Pousada", 1.067 indivíduos de 23 espécies na área PEST - "Cascata" e 786 indivíduos de 16 espécies na RPPN. As comunidades do PEST e da RPPN são típicas comunidades de besouros Scarabaeinae neotropicais, com alta diversidade, poucas espécies dominantes, grande proporção de espécies de hábito alimentar generalista e fazedoras de túneis (paracoprídeas). Quatro espécies foram apontadas como indicadoras de mata conservada e duas de capoeira, com destaque para espécies do gênero *Deltochilum*. As comunidades apresentaram uma tendência de redução da diversidade em estágios sucessionais iniciais quando comparados com estágios mais avançados, destacando-se a alta diversidade beta entre as comunidades separadas espacialmente. A diversidade de besouros apresentou correlação positiva com a altura das árvores, a frequência de bromélias de solo e a cobertura do dossel, sendo também importante a altura da serapilheira e a área basal dos arbustos. Estes resultados vão ao encontro de outros trabalhos que mostram a redução da diversidade de Scarabaeinae em locais em estágios sucessionais recentes e a alta diversidade beta, mesmo entre comunidades próximas geograficamente. Tais resultados são importantes para a compreensão da dinâmica da sucessão ecológica e para o planejamento da conservação ao nível da paisagem.

Palavras-chave: Besouros, bioindicadores, complexidade ambiental, Mata Atlântica, sucessão ecológica.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Pousada” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC..... 32
- Figura 2 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Cascata” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC..... 32
- Figura 3 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC..... 33
- Figura 4 - Distribuição de abundância ( $\text{Log}_{10}X+1$ ) dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Pousada” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC..... 35
- Figura 7 - Dendrograma de agrupamento com base na similaridade de Bray-Curtis das comunidades de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC. .... 39
- Figura 8 - Configuração da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) a partir da similaridade de Bray-Curtis entre as comunidades de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC..... 40



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista taxonômica das espécies de Scarabaeinae copro-necrófagos coletadas em áreas de Mata Atlântica em diferentes estágios sucessionais no estado de Santa Catarina (PEST e RPPN Chácara Edith) entre novembro de 2009 e março de 2010. ..25

Tabela 2 - Grupo funcional e grupo trófico, definida pelo índice padronizado de Levins (B pad) calculado a partir do N em carne e em fezes, dos besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, Santa Catarina, entre novembro de 2009 e março de 2010. (T = tuneleiro, R = roldador e E = endocoprídeo) ..... 27

Tabela 3 - Besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em áreas de três diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, Santa Catarina, entre novembro de 2009 e março de 2010. Cons = Conservada, Int = Intermediária e Cap = Capoeira. .... 29

Tabela 4 - Média ( $\pm$  erro padrão) da abundância das espécies indicadoras em três diferentes estágios sucessionais (mata conservada, intermediária e capoeira) e a probabilidade do teste através da análise Indval..... 31

Tabela 5 - Riqueza observada (S), estimadores de riqueza Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1, com intervalos de confiança de 95%, calculados para as comunidades de besouros Scarabaeinae nos diferentes estágios sucessionais das áreas de coleta no PEST e na RPPN Chácara Edith. .... 34

Tabela 6 - Abundância, riqueza, índice de riqueza de Margalef, índice de diversidade de Shannon-Wiener e índice de equitabilidade de Pielou encontrados para a comunidade de besouros Scarabaeinae nos diferentes estágios sucessionais das áreas de coleta no PEST e na RPPN Chácara Edith..... 38

Tabela 7 - Medidas de tendência central das variáveis de complexidade ambiental nos diferentes estágios sucessionais nas áreas de coleta no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Chácara Edith, Brusque, SC, Brasil. .... 41

Tabela 8 - Valores do teste de Correlação de Spearman entre as medidas de complexidade ambiental e as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae coletada no PEST e na RPPN Chácara Edith, SC, Brasil. .... 42

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	IV
RESUMO.....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
SUMÁRIO.....	X
1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Geral .....	18
2.2. Específicos.....	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1. Áreas de Estudo .....	19
3.2. Método de coleta de besouros Scarabaeinae.....	20
3.3. Coleta de dados de complexidade ambiental.....	21
3.4. Análise de dados .....	22
4. RESULTADOS .....	24
5. DISCUSSÃO .....	43
6. REFERÊNCIAS .....	49

## I. INTRODUÇÃO

A subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) compreende cerca de 6.000 espécies (ScarabNet, 2011); são besouros com forma geralmente ovalada e robusta, apresentam apenas um esporão no ápice da tíbia anterior e a placa pigdial normalmente não está coberta pelos élitros (Morón, 2004). Um grande número de espécies do grupo apresenta marcado dimorfismo sexual, que vai desde as larvas (Martínez e Lumaret, 2003) até os indivíduos adultos (Moczek e Emlen, 2000). As comunidades de escarabeíneos que possuem maior diversidade são as encontradas em florestas tropicais e savanas (Hanski e Cambefort, 1991).

O grupo apresenta espécies com grande variedade de cores e tamanhos (Halffter e Matthews, 1966). Algumas espécies podem, inclusive, apresentar diferenças entre a coloração do pró-torax e dos élitros. Hernández (2002) demonstrou haver relação entre a coloração da espécie e seu horário de atividade, com espécies noturnas preferencialmente de cor preta e espécies diurnas, de tamanho médio a grande, preferencialmente coloridas. No que tange ao tamanho, os gêneros neotropicais *Canthonella*, *Cryptocanthon*, *Scatimus* e *Uroxys* e o gênero com distribuição cosmopolita *Onthophagus* e possuem espécies de entre 3 e 4 mm, enquanto as espécies com os maiores indivíduos pertencem aos gêneros *Heliocopris*, *Coprophaneus* e *Pachylomera*, todos tropicais, possuindo entre 50 e 65 mm (Morón, 2004).

Um padrão para a subfamília é a sazonalidade, principalmente em termos de abundância e de riqueza, afetada pela temperatura e pela pluviosidade (Janzen, 1983; Hernández, 2007; Hernández e Vaz-de-Mello, 2009; Lopes et al., 2011). Em regiões de clima seco, como no bioma Caatinga, a sazonalidade se mostra extrema, com a não ocorrência de indivíduos adultos no período de seca (Hernández, 2007). Essa tendência, contudo, pode inverter-se em algumas comunidades que não estão sujeitas a fortes pressões climáticas, com a abundância dos indivíduos aumentando no período da seca (Filgueiras et al., 2009).

Uma das características mais importantes dentro da subfamília é a utilização de matéria orgânica em decomposição como recurso alimentar pelas diferentes espécies (Halffter e Matthews, 1966; Gill, 1991; Hanski e Cambefort, 1991). A maioria das espécies é coprófaga, se alimentando de fezes, principalmente de mamíferos onívoros e

grandes herbívoros, embora existam espécies que se alimentam de fezes de outros vertebrados terrestres (Halffter e Matthews, 1966; Hanski e Cambefort, 1991; Morón, 2004). Espécies do gênero *Epilissus* são citadas como consumidoras de fezes de aves (Halffter e Matthews, 1966), bem como a espécie *Nesosisyphus pygmaeus* Vinson (Morón, 2004). Como exemplos de espécies consumidoras de fezes de répteis têm-se *Onthophagus falzonii* Goidanich para as fezes da tartaruga terrestre *Testudo graeca ibera* Pall (Halffter e Matthews, 1966), e *Canthon moniliatus* Bates, consumidor das fezes de iguanas (Morón, 2004). Existem também espécies atraídas por fezes de anfíbios, tais como *Ateuchus candezei* Harold, *Canthon lamprimus* Bates (Halffter e Matthews, 1966) e *Uroxys micros* Bates (Morón, 2004).

Os escarabeíneos neotropicais se destacam por usar uma grande gama de recursos alternativos (Gill, 1991). Além do consumo de fezes de vertebrados terrestres existem espécies que podem se alimentar de fezes de invertebrados, tais como *Dichotomius femoratus* Howden e Young e *Uroxys gorgon* Arrow, registrados em fezes de lagartas de lepidópteros (Gill, 1991). Um grupo peculiar são as espécies do gênero *Zonocoprís*, recentemente revisado (Vaz-de-Mello, 2007), as quais apresentam uma relação forética com grandes caracóis terrestres, como os do gênero *Bulimus* e *Megalobulimus*, se alimentando de seu muco ou de suas fezes (Halffter e Matthews, 1966; Gill, 1991).

Além das estratégias alimentares já citadas, outra que possui destaque especial entre os escarabeíneos habitantes das florestas tropicais é a necrofagia (Gill, 1991; Halffter e Matthews, 1966; Hanski e Cambefort, 1991). Halffter e Matthews (1966) propuseram que as principais causas para o surgimento e a grande ocorrência do hábito necrófago nas florestas sulamericanas foram a predominância de florestas sobre as formações de pastagens, a ausência de grandes bandos de mamíferos herbívoros nativos, a raridade de mamíferos de grande porte nas florestas e a pequena importância de outros insetos necrófagos.

Dentre as espécies sulamericanas, com exceção das tribos Eucraniini e Oniticellini (todas coprófagas), todas as outras apresentam representantes necrófagos. Deltocilini, Ateuchini e Phanaeini apresentam um gradiente que vai das espécies exclusivamente coprófagas às exclusivamente necrófagas, com espécies ocupando todos os níveis intermediários (Halffter e Matthews, 1966).

Existe também um grupo de espécies que possui a capacidade de se alimentar de frutos em decomposição, sendo a maioria delas generalista, podendo também se alimentar de outros recursos. Esse grupo inclui espécies de alguns dos gêneros com maior riqueza dentro da subfamília, tais com *Ateuchus*, *Canthon*, *Deltochilum* e *Onthophagus*. Além destes, existem outros recursos alimentares explorados pelas espécies de Scarabaeinae, tais como: (a) outros tipos de restos vegetais em decomposição; (b) fungos; (c) material orgânico depositado no interior do ninho de formigas; e (d) predação de formigas e diplópodes (Halffter e Matthews, 1966; Gill, 1991).

Um comportamento chave que ocorre na subfamília Scarabaeinae, bem como em outras subfamílias de Scarabaeidae e outros grupos de insetos, que está intimamente relacionado ao uso do recurso alimentar é o comportamento de nidificação (Halffter e Matthews, 1966; Cambefort e Hanski, 1991). De acordo com a forma como o recurso é empregado na reprodução, os besouros escarabeíneos podem ser divididos em três grupos funcionais: os residentes, os tuneleiros e os rola-dores. O grupo dos residentes ou endocoprídeos é representado principalmente por espécies do gênero neotropical *Eurysternus*. Neste grupo, os indivíduos adultos alimentam-se no local do recurso (massa fecal) e depositam seus ovos diretamente nele, sem construção de ninho ou câmara. Já os tuneleiros ou paracoprídeos, como o nome sugere, constroem um túnel vertical abaixo ou próximo ao recurso e transportam as fezes para o interior deste. O alimento transportado poderá servir para a nutrição tanto dos adultos quanto das larvas. Diversas tribos de Scarabaeinae, como Ateuchini, alguns Oniticellini, Onthophagini e Phanaeini, são representantes deste grupo. Já as tribos Deltochilini, Gymnopleurini e Sisyphini representam o último grupo, os rola-dores ou telecoprídeos. Neste caso, uma esfera de alimento é formada por um indivíduo ou pelo casal e é transportada a certa distância para ser então enterrada. Os dois últimos grupos funcionais podem ainda ser divididos em vários tipos de padrões de nidificação (Halffter e Matthews, 1966; Halffter, 1977; Cambefort e Hanski, 1991).

Estas características de uso de recurso alimentar e comportamento de nidificação, principalmente nas espécies copro-necrófagas, envolvem a proteção do recurso destinado às larvas no interior do solo, promovendo uma grande gama de

funções ecológicas e serviços ambientais. Nichols e colaboradores (2008) publicaram uma revisão sobre o tema na qual listam e descrevem as principais funções ecológicas nas quais os Scarabaeinae estão envolvidos, sendo elas: (a) ciclagem de nutrientes; (b) bioturbação (movimentação e mistura do solo por organismos vivos), o que aumentaria a aeração do solo e sua permeabilidade à água; (c) aumento no desenvolvimento das plantas (graças à bioturbação e mobilização de nutrientes para o solo); (d) dispersão secundária de sementes; (e) supressão parasitária; (f) dispersão parasitária, podendo seus corpos servirem como transportadores, hospedeiros intermediários ou acidentais; (g) controle de moscas coprófagas; (h) regulação trófica (a predação do besouro *Canthon virens* Mannerheim sobre as formigas cortadeiras do gênero *Atta* pode atuar no controle da população da presa); e (h) polinização, restrita a poucas espécies de plantas; nestes casos, a polinização por Scarabaeinae se torna importante, como descrito por Sakai e Inoue (1999).

Além de sua importância ecológica, as espécies pertencentes à subfamília Scarabaeinae são utilizadas como indicadoras no monitoramento ambiental. A comunidade de escarabeíneos se torna menos diversa em ambientes alterados pelo homem, como em locais onde houve corte seletivo, corte raso ou implantação de pastagens ou monoculturas (Klein, 1989; Halffter e Favila, 1993; Estrada *et al.*, 1998; Halffter e Arellano, 2002; Scheffler, 2005; Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008b). Nesses casos, algumas espécies podem desaparecer enquanto outras, frequentemente espécies pequenas como as do gênero *Canthidium*, podem ter sua abundância aumentada (Hernández e Vaz-de-Mello, 2009). Esse uso como indicador se deve a diversos aspectos apresentados pela subfamília e tidos como necessários para que o grupo possa ser escolhido para monitoramento ambiental, tais como importância em funções ecossistêmicas, resposta a alterações ambientais, conhecimento relativamente extenso de sua biologia, ecologia e taxonomia quando comparado a outros grupos de invertebrados, método de captura simples e pouco dispendioso, grande abundância em todas as épocas do ano em florestas tropicais, além de número satisfatório de taxonomistas especializados no grupo (Halffter e Favila, 1993; Brown, 1997; Gardner *et al.*, 2008a).

A subfamília Scarabaeinae apresenta uma relação estreita com a fauna de mamíferos. Dentro deste contexto, Andresen e Laurance (2007) demonstram que a

estrutura da comunidade dessa subfamília é alterada em um gradiente de caça de mamíferos no Panamá, com menos besouros em áreas com maior caça. Neste caso, o recurso alimentar foi mais determinante tanto na composição quanto na estrutura da comunidade do que a complexidade do habitat. Porém, Halffter e Arellano (2002) propuseram que, comparando ambientes alterados no México, a estrutura do ambiente foi mais importante que o aporte de recursos em áreas ocupadas pelo gado na determinação da composição da comunidade de besouros Scarabaeinae.

Em adição às discussões acerca dos fatores que seriam determinantes na composição e estrutura das comunidades de escarabeíneos nas florestas neotropicais, um trabalho sobre a relação entre os besouros e macacos (*Alouatta palliata*) demonstrou que os besouros eram mais abundantes em lugares onde os macacos eram encontrados, mesmo em habitats alterados por ação antrópica (Estrada *et al.*, 1999). Complementariamente, os mesmos autores identificaram uma correlação positiva entre a riqueza e a abundância de Scarabaeinae e a abundância de mamíferos não-voadores para cada sítio de coleta. Da mesma forma, a média do número de espécies de besouros para cada sítio de coleta teve relação positiva com as medidas de diversidade vertical e horizontal da vegetação em cada sítio (Estrada *et al.*, 1998).

A partir da conclusão de que alterações na comunidade de mamíferos impõem alterações na comunidade de besouros escarabeíneos (Andresen e Laurance, 2007) parte-se para o questionamento dos impactos dessas alterações nas funções ecológicas desempenhadas pelos besouros. A ciclagem de nutrientes, a dispersão secundária de sementes e a bioturbação seriam prejudicadas, enquanto que o controle de moscas coprófagas poderia aumentar devido à maior competição pelo recurso alimentar. Porém, essas consequências funcionais se desenvolvem a partir dos impactos da mudança no perfil de recurso disponível para os besouros, que são impactos variáveis de acordo com as alterações na comunidade de mamíferos e suas relações com a comunidade de Scarabaeinae local (Nichols *et al.*, 2009).

O estado de conhecimento da fauna de Scarabaeinae para o estado de Santa Catarina é pequeno. Segundo Vaz-de-Mello (2000), o estado possui registro de 94 espécies, enquanto que para o Brasil são registradas 618. Existe apenas um trabalho publicado no estado sobre os besouros Scarabaeidae associados a fezes bovinas no município de Jaraguá do Sul (Flechtmann e Rodrigues, 1995), no qual foram levantadas

apenas quatro espécies de Scarabaeinae. Além deste trabalho, foi realizado um estudo no Parque Municipal da Lagoa do Peri, onde foram registradas dezoito espécies, pertencentes a onze gêneros e quatro tribos (Hernández *et al.*, 2010).

O estado de Santa Catarina era originalmente 100% coberto por ecossistemas do Bioma Mata Atlântica; e desse total, 32,9% era composto por Floresta Ombrófila Densa e ecossistemas associados (Medeiros, 2002). Atualmente restam cerca de 22,0% dessa formação florestal no estado, uma porcentagem maior do que a encontrada para todo o território nacional, que varia entre 11,6% a 16,0% (Ribeiro *et al.*, 2009). Essas florestas estão distribuídas em fragmentos de diferentes estágios sucessionais, sendo a maioria deles em estágio médio ou inicial de sucessão, que formam um mosaico de vegetação em diferentes estágios de sucessão (Medeiros, 2002).

No mosaico vegetacional catarinense o processo de sucessão ecológica está ocorrendo e modificando a estrutura e complexidade ambiental através de variações na composição vegetal e nos parâmetros físicos do ecossistema. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1993, 1994) caracteriza o estágio inicial de sucessão da Floresta Ombrófila Densa, como: a) fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta; b) espécies lenhosas com distribuição diamétrica de pequena amplitude; c) epífitas, se existentes, são representadas principalmente por líquenes, briófitas e pteridófitas, com baixa diversidade; d) trepadeiras, se presentes, são geralmente herbáceas; e) serapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não; f) diversidade biológica variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar plântulas de espécies características de outros estágios; g) espécies pioneiras abundantes; h) ausência de sub-bosque.

O próximo estágio da sucessão, o estágio médio ou mata intermediária, é caracterizado por: a) fisionomia arbórea e/ou arbustiva, predominando sobre a herbácea, podendo constituir estratos diferenciados; b) cobertura arbórea, variando de aberta a fechada, com a ocorrência eventual de indivíduos emergentes; c) distribuição diamétrica apresentando amplitude moderada, com predomínio de pequenos diâmetros; d) epífitas aparecendo com maior número de indivíduos e espécies em relação ao estágio inicial, sendo mais abundantes na floresta ombrófila; e) trepadeiras, quando presentes são predominantemente lenhosas; f) serapilheira presente, variando



de espessura de acordo com as estações do ano e a localização; g) diversidade biológica significativa; h) sub-bosque presente (CONAMA, 1993, 1994).

Já o estágio avançado do processo de sucessão vegetal, caracteriza-se por: a) fisionomia arbórea, dominante sobre as demais, formando um dossel fechado e relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes; b) espécies emergentes, ocorrendo com diferentes graus de intensidade; c) copas superiores, horizontalmente amplas; d) distribuição diamétrica de grande amplitude; e) epífitas, presentes em grande número de espécies e com grande abundância, principalmente na floresta ombrófila; f) trepadeiras, geralmente lenhosas, sendo mais abundantes e ricas em espécies na floresta estacional; g) serapilheira abundante; h) diversidade biológica muito grande devido à complexidade estrutural; i) estratos herbáceo, arbustivo e um notadamente arbóreo; j) florestas neste estágio podem apresentar fisionomia semelhante à vegetação primária; l) sub-bosque normalmente menos expressivo do que no estágio médio; m) dependendo da formação florestal, pode haver espécies dominantes (CONAMA, 1993, 1994).

As gradativas variações na complexidade ambiental que ocorrem durante o processo de sucessão influenciam a diversidade e o funcionamento das comunidades animais associadas a esses ambientes, em especial a comunidade de besouros Scarabaeinae (Gardner *et al.*, 2008b). A maioria dos trabalhos que discutem a relação entre complexidade ambiental e diversidade animal encontrou uma relação positiva, com aumento da diversidade frente ao aumento da complexidade ambiental. Contudo, essa resposta varia de acordo com o grupo animal estudado, o tipo de habitat e a escala espacial da análise. Dentro do grupo dos invertebrados, os coleópteros são um dos grupos mais usados em estudos que relacionam a complexidade ambiental e a diversidade animal, mas ainda são menos focados do que grupos de vertebrados, como mamíferos e aves (Tews *et al.*, 2004).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Analisar a composição e a estrutura de comunidades de Scarabaeinae copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) em áreas de Floresta Ombrófila Densa, relacionando medidas ecológicas da comunidade com o estágio sucessional.

### **2.2. Específicos**

- Inventariar a fauna de besouros copro-necrófagos da subfamília Scarabaeinae em áreas de Floresta Ombrófila Densa com diferentes estados de sucessão vegetal, na região norte do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Chácara Edith, Brusque;
- Caracterizar as espécies coletadas quanto à guilda funcional e trófica e comparar os resultados com os padrões gerais encontrados em Scarabaeinae;
- Analisar e comparar a estrutura de comunidades de Scarabaeinae em três estágios sucessionais através das medidas ecológicas de riqueza, abundância e diversidade;
- Relacionar as medidas ecológicas da comunidade de escarabeíneos com medidas de complexidade ambiental em cada área amostrada.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Áreas de estudo**

O presente trabalho foi desenvolvido em três áreas de coleta, pertencentes a duas Unidades de Conservação do estado de Santa Catarina. A distância entre essas UCs é de 70 km e não há conexão florestal entre elas.

##### **Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**

Duas áreas de coleta, “Casca” e “Pousada”, distanciadas 1 km entre si, localizam-se no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST), município de Santo Amaro da Imperatriz, estado de Santa Catarina (27° 40'S e 48° 49'O), em áreas próximas do Hotel Plaza Caldas da Imperatriz. O PEST é a maior Unidade de Conservação terrestre do Estado e após recente redefinição conta com 85.500 ha, aproximadamente 1% da área do estado, abrange nove municípios e possui cinco fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa, Restinga, Floresta Ombrófila Mista, Campos de Altitude e Mata Nebular, sendo que as áreas de coleta estão no limite norte do PEST e são cobertas por Floresta Ombrófila Densa. Considerando o sistema de Köppen, o clima na região é classificado como mesotérmico úmido sem estação seca definida e com verão quente (Cfa), ou seja, subtropical. A precipitação média anual é em torno de 1600 mm, com fevereiro como o mês mais chuvoso (média de 211 mm) e o mês mais seco junho (68 mm). Em relação à temperatura anual, a média é 19°C, sendo julho o mês mais frio (15°C) e janeiro o mais quente (23°C) (GAPLAN, 1986).

O histórico de uso e ocupação do solo na região é conhecido. Sabe-se dos locais em que ocorreram desmatamentos durante a campanha de combate a malária em Santa Catarina na década de 1950. De acordo com Reitz (1983), as bromélias foram consideradas focos de mosquitos transmissores da malária e por causa disto foram tomadas medidas de combate às mesmas. Inicialmente, as plantas foram retiradas manualmente, porém, devido ao elevado número de indivíduos e dificuldades de acesso à copa das árvores o método de combate foi ajustado e áreas no entorno das cidades foram completamente desmatadas.

##### **Reserva Particular do Patrimônio Natural Chácara Edith**

A terceira área do estudo localiza-se no município de Brusque, SC (27°5' S e 48°53' O). A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Chácara Edith foi

criada no ano de 2001 e possui área de 509 ha, fazendo parte de um maciço florestal de aproximadamente 1.200 ha. A reserva é coberta por Floresta Ombrófila Densa, apresentando diferentes estágios de sucessão vegetal. A altitude varia de 30 a 243 m e o clima da região é mesotérmico úmido, o mesmo encontrado nas áreas de coleta do PEST.

A ocupação e uso do solo da RPPN Chácara Edith se intensifica em 1923 através da implantação de cultivos de cana-de-açúcar, milho e mandioca, além da implantação de uma serraria e um alambique. A exploração madeireira foi encerrada pouco tempo depois, em 1930 e, entre as décadas de 70 e 80, os cultivos agrícolas localizados no entorno da sede da RPPN foram abandonados e a regeneração natural dessas áreas teve início.

### **3.2. Método de coleta de besouros Scarabaeinae**

Os besouros Scarabaeinae copro-necrófagos foram coletados nas estações quentes do ano, primavera (novembro de 2009) e verão (março de 2010) através do uso de armadilhas de queda (“pitfall”). As armadilhas foram constituídas por recipientes plásticos com capacidade de 1,75 L, enterrados no solo até a borda, contendo cerca de 400 ml de água com detergente; as tampas foram sustentadas no centro da armadilha por hastes de madeira e as iscas foram fixadas na parte inferior das tampas.

Foram instaladas dez armadilhas em três réplicas de áreas com diferentes estágios de sucessão vegetal, totalizando 90 armadilhas por campanha de coleta. Cada área de coleta possuía sítios em estágio de capoeira, apresentando predominantemente espécies arbustivas; em estágio de mata intermediária, com maior número de árvores, lianas e epífitas; e em estágio de mata conservada, com espécies arbóreas de grande porte e ocorrência de Canela Preta (*Ocotea catharinensis* Mez) e palmito Jussara (*Euterpe edulis* Martius), além de grande quantidade de epífitas.

Em cada sítio de amostragem foram dispostos cinco pontos de coleta com duas armadilhas: uma com isca de fezes humanas frescas e outra com isca de carne suína apodrecida, essas duas armadilhas eram separadas entre si por uma distância de 20 metros. As armadilhas foram montadas no período da manhã e retiradas após um período de 48 horas, no mesmo horário.

Os insetos capturados em cada armadilha foram acondicionados em recipientes contendo álcool 70% para posterior triagem no Laboratório de Ecologia Terrestre Animal (LECOTA/ECZ/UFSC). Após a triagem, os espécimes foram montados em alfinetes entomológicos, receberam um número de identificação e secaram em estufa a 45°C. Após isso, os escarabeíneos foram depositados na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas/UFSC e identificados com base na literatura e através de comparação com a coleção de referência. Amostras do material foram analisadas junto ao principal taxonomista do grupo no país, Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello, na Universidade Federal de Mato Grosso, em estágio feito na Coleção Entomológica da UFMT realizado com ajuda do CCB/UFSC durante o ano de 2010.

### **3.3. Coleta de dados de complexidade ambiental**

Para avaliar a complexidade da vegetação em cada sítio de amostragem dos besouros usou-se o método do ponto-quadrante adaptado (Brower *et al.*, 1998). A partir de uma cruz, feita de cano PVC, foram demarcados quatro quadrantes (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste), onde foram feitas medidas da vegetação e do ambiente. Em cada quadrante, para cada árvore (DAP > 5 cm) e arbusto (DAP < 5 cm e altura < 1 m) mais próximos foram medidas suas distâncias até o centro da cruz, a altura, o diâmetro da copa e o diâmetro do tronco. Os dados de diâmetro do tronco e altura foram utilizados para o cálculo da área basal. Esta última medida foi realizada à altura do peito (1,3 m) para as árvores (DAP) e à altura do tornozelo (0,1 m) para os arbustos (DAT). Foi anotada a frequência de bromélias de chão e de bromélias epífitas num raio de cinco metros em cada quadrante.

Além disso, em cada quadrante, dentro de um quadrado de 1m x 1m demarcado no solo com canos de PVC, mediu-se a altura da serapilheira e, através de estimativa visual, as porcentagens de cobertura de serapilheira, área verde e área de solo exposto (sem vegetação ou serapilheira), usando as seguintes classes: 0-5%, 6-25%, 26-50%, 51-75%, 76-95% e 96-100%. Utilizando-se as mesmas classes, estimou-se visualmente a porcentagem de cobertura do dossel nas quatro direções, com o auxílio de um quadrado de papelão cuja área vazada era de 10 x 10 cm, colocado a uma distância de 40 cm do olho do observador, a uma inclinação de 20° em relação ao zênite (Ramos, 2000).

### 3.4. Análise de dados

A largura de nicho alimentar das espécies coletadas foi calculada através do índice padronizado de Levins (B pad), no programa *Ecological Methodology* 5.2 (Krebs e Kenney, 2000). A partir desse índice as espécies foram classificadas em coprófagas, necrófagas, generalistas, coprófagas-generalistas e necrófagas-generalistas. Este índice possui uma variação de zero a um, com espécies completamente especialistas (que alimentam-se de apenas um recurso) apresentando valores próximo ao zero e espécies com um nicho alimentar mais amplo apresentando valores mais elevados. As espécies que apresentaram B pad entre 0,35 e 0,1 foram consideradas generalistas com preferência por determinado recurso.

Para identificar as espécies que são indicadores significantes dos diferentes estágios sucessionais foi usada a análise do Valor Indicador Individual (IndVal), no programa *PC-ORD 5.10* (McCune e Grace, 2002), sendo uma análise que combina o grau de especificidade (padrões de abundância relativa) de uma determinada espécie por um determinado ambiente e sua fidelidade dentro do ambiente (padrões de incidência), usando randomização para testar a significância de cada espécie (Dufrêne e Legendre, 1997).

Foram descritas as medidas de abundância, riqueza, do índice de Margalef, do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equitabilidade (Pielou) por estágio sucessional em cada área de coleta, sendo os índices calculados no programa *Primer 6  $\beta$*  (Clarke e Gorley, 2006). A similaridade entre as comunidades de escarabeíneos provenientes dos diferentes estágios sucessionais foi analisada através do índice de Bray-Curtis e comparada através de uma análise de agrupamento (Cluster) e da configuração da análise de Escalonamento Multidimensional Métrico (MDS), ambas no programa *Primer 6  $\beta$*  (Clarke e Gorley, 2006).

Com os dados de coleta foram construídas curvas de acumulação de espécies para cada uma das três áreas e calculados os estimadores de riqueza Jackknife I, Chao I e Chao 2 no programa *EstimateS v.7.5.2* (Colwell, 2006). Os dados de abundância das espécies foram usados para a confecção de diagramas de abundância, onde os mesmos foram transformados em  $\text{Log}_{10}X+1$ .

A partir das medidas de complexidade ambiental de cada estágio sucessional em cada local de coleta foram calculadas medidas de tendência central de cada variável, sendo escolhidas médias para variáveis que apresentaram distribuição normal e medianas para as variáveis de proporção; as variáveis que mediram frequências foram utilizadas como tal. Estas medidas foram utilizadas para relacionar a comunidade de escarabeíneos com a complexidade ambiental, sendo realizadas correlações de Spearman entre os dados ecológicos dos escarabeíneos e os dados ambientais. Estes cálculos estatísticos foram realizados no programa *Statistica 7* (StatSoft Inc., 2004).

Para complementar as análises da relação entre a comunidade de besouros e o ambiente, foi realizada a análise Bio-Env no programa *Primer 6  $\beta$*  (Clarke e Gorley, 2006), através do cálculo do coeficiente de correspondência entre a matriz de distância euclidiana das variáveis ambientais e a matriz de similaridade de Bray-Curtis da comunidade de besouros. Posteriormente, a análise Bio-Env foi repetida exclusivamente com os resultados do PEST, devido às diferenças que as duas Unidades de Conservação estudadas apresentaram em relação às comunidades de besouros.

#### 4. RESULTADOS

Foram coletados 3.049 indivíduos de besouros escarabeíneos copro-necrófagos nas duas campanhas de coleta realizadas entre novembro de 2009 e março de 2010 no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Chácara Edith, Brusque. Estes indivíduos pertencem a 29 espécies, 11 gêneros e seis tribos (Tabela 1).

Dentre as 29 espécies, 24 (82,8%) foram identificadas até nível específico, enquanto apenas cinco (17,2%) permaneceram ao nível genérico. Estas últimas, incluem espécies do gênero *Uroxys*, que são de difícil identificação, principalmente por apresentarem tamanho diminuto e não possuírem revisão taxonômica recente. As demais espécies ainda não identificadas, pertencentes aos gêneros *Ontherus* e *Canthon*, poderão ainda ser identificadas pois pertencem a gêneros melhor conhecidos.

O gênero que apresentou maior número de espécies foi *Dichotomius*, com seis espécies coletadas, seguido por *Deltochilum* com cinco espécies. Além destes, os gêneros *Canthon* e *Coprophanaeus* merecem destaque por apresentarem uma riqueza de quatro espécies. Somados, estes quatro gêneros correspondem por mais de 65% das espécies do presente trabalho.

As espécies coletadas possuem grande diversidade de tamanho, refletindo a diversidade existente na subfamília. Coletou-se uma espécie que está entre os menores escarabeíneos, *Canthonella catharinensis*, que possui menos de 4 mm de comprimento, bem como uma espécie pertencente ao grupo das maiores espécies da subfamília (subgênero *Megaphanaeus*), *Coprophanaeus bellicosus*, com cerca de 35 mm de comprimento.



Tabela 1 - Lista taxonômica das espécies de Scarabaeinae copro-necrófagos coletadas em áreas de Mata Atlântica em diferentes estágios sucessionais no estado de Santa Catarina (PEST e RPPN Chácara Edith) entre novembro de 2009 e março de 2010.

Subfamília Scarabaeinae		
Tribo	Gênero	Espécie
<b>Ateuchini</b>	<b><i>Uroxys</i></b> Westwood, 1842	<i>Uroxys</i> sp.1
		<i>Uroxys</i> sp.2
<b>Coprini</b>	<b><i>Canthidium</i></b> Erichson, 1847	<i>Canthidium</i> aff. <i>dispar</i> (Harold, 1867)
		<i>Canthidium</i> aff. <i>trinodosum</i> (Boheman, 1858)
	<b><i>Dichotomius</i></b> Hope, 1838	<i>Dichotomius</i> <i>assifer</i> (Eschscholtz, 1822)
		<i>Dichotomius</i> <i>fissus</i> (Harold, 1867)
		<i>Dichotomius</i> <i>mormon</i> (Ljungh, 1799)
		<i>Dichotomius</i> aff. <i>pygidialis</i> (Luederwaldt, 1922)
		<i>Dichotomius</i> <i>quadrinodosus</i> (Felsche, 1901)
		<i>Dichotomius</i> aff. <i>sericeus</i> (Harold, 1867)
	<b><i>Ontherus</i></b> Erichson, 1847	<i>Ontherus</i> sp.
<b>Deltochilini</b>	<b><i>Canthon</i></b> Hoffmannsegg, 1817	<i>Canthon</i> <i>amabilis</i> Balthasar, 1939
		<i>Canthon</i> <i>latipes</i> Blanchard, 1845
		<i>Canthon</i> sp.1
		<i>Canthon</i> sp.2
	<b><i>Canthonella</i></b> Chapin, 1930	<i>Canthonella</i> <i>catharinensis</i> (Pereira & Martínez, 1956)
	<b><i>Deltochilum</i></b> Eschscholtz, 1822	<i>Deltochilum</i> <i>brasiliense</i> (Castelnau, 1840)
		<i>Deltochilum</i> <i>furcatum</i> (Castelnau, 1840)
		<i>Deltochilum</i> aff. <i>irroratum</i> (Castelnau, 1840)
		<i>Deltochilum</i> aff. <i>morbillosum</i> (Burmeister, 1848)
		<i>Deltochilum</i> <i>rubripenne</i> (Gory, 1831)
<b>Oniticellini</b>	<b><i>Eurysternus</i></b> Dalman, 1824	<i>Eurysternus</i> <i>cyanescens</i> Balthasar, 1939
		<i>Eurysternus</i> <i>inflexus</i> (Germar, 1824)
<b>Phanaeini</b>	<b><i>Coprophanaeus</i></b> d'Olsoufieff, 1924	<i>Coprophanaeus</i> <i>bellicosus</i> (Olivier, 1789)
		<i>Coprophanaeus</i> <i>cerberus</i> (Harold, 1869)
		<i>Coprophanaeus</i> <i>dardanus</i> (MacLeay, 1819)
		<i>Coprophanaeus</i> <i>saphirinus</i> (Sturm, 1826)
	<b><i>Phanaeus</i></b> MacLeay, 1819	<i>Phanaeus</i> <i>splendidulus</i> (Fabricius, 1781)
<b>Onthophagini</b>	<b><i>Onthophagus</i></b> Latreille, 1802	<i>Onthophagus</i> aff. <i>catharinensis</i> (Paulian, 1936)

As espécies coletadas se dividem da seguinte maneira em relação aos três grupos funcionais de alocação do recurso alimentar: 17 espécies no grupo funcional dos tuneleiros ou paracoprídeos, que inclui as tribos Ateuchini, Phanaeini e Onthophagini; 10 espécies no grupo dos rola-dores ou telecoprídeos, incluindo as espécies da tribo Deltochilini e duas espécies residentes ou endocoprídeas da tribo Oniticellini (Tabela 2).

Em relação ao hábito alimentar das espécies, a maioria delas apresentou comportamento generalista (12 espécies), dentro das 20 espécies que apresentaram abundância suficiente para o cálculo da largura do nicho alimentar através do Índice de Levins; somente duas foram classificadas como exclusivamente coprófagas: *Dichotomius mormon* e *Onthophagus* aff. *catharinensis* e nenhuma como necrófaga especialista (Tabela 2). As espécies *Dichotomius* aff. *pygidialis* e *Deltochilum furcatum* apresentaram os maiores índices padronizados de Levins, 0,98 e 0,99 respectivamente, sendo as espécies com maior amplitude de nicho coletadas. Além disso, as espécies *Deltochilum* aff. *morbillosum*, *Coprophanaeus dardanus* e *C. saphirinus* foram classificadas como necrófagas-generalistas e as espécies *Dichotomius quadrinodosus*, *Eurysternus inflexus* e *Phanaeus splendidulus* como coprófagas-generalistas, por apresentarem um índice de Levins padronizado igual ou inferior a 0,3 (Tabela 2).

Tabela 2 - Grupo funcional e grupo trófico, definida pelo índice padronizado de Levins (B pad) calculado a partir do N em carne e em fezes, dos besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, Santa Catarina, entre novembro de 2009 e março de 2010. (T = tuneleiro, R = rolator e E = endocoprídeo)

Tribo	Espécie	Grupo funcional	N carne	N fezes	B pad	Grupo Trófico
<b>Ateuchini</b>	<i>Uroxys</i> sp.1	T	2	15	-	-
	<i>Uroxys</i> sp.2	T	0	5	-	-
<b>Coprini</b>	<i>Canthidium</i> aff. <i>dispar</i>	T	3	11	0,508	generalista
	<i>Canthidium</i> aff. <i>trinodosum</i>	T	81	333	0,459	generalista
	<i>Dichotomius</i> <i>assifer</i>	T	1	5	0,385	generalista
	<i>Dichotomius</i> <i>fissus</i>	T	0	1	-	-
	<i>Dichotomius</i> <i>mormon</i>	T	0	84	0	coprófago
	<i>Dichotomius</i> aff. <i>pygidialis</i>	T	6	7	0,988	generalista
	<i>Dichotomius</i> <i>quadrinodosus</i>	T	1	19	0,105	coprófago-generalista
	<i>Dichotomius</i> aff. <i>sericeus</i>	T	171	379	0,750	generalista
	<i>Ontherus</i> sp.	T	0	1	-	-
	<i>Canthon</i> <i>amabilis</i>	R	4	0	-	-
<b>Deltochillini</b>	<i>Canthon</i> <i>latipes</i>	R	153	551	0,516	generalista
	<i>Canthon</i> sp.1	R	0	1	-	-
	<i>Canthon</i> sp.2	R	0	1	-	-
	<i>Canthonella</i> <i>catharinensis</i>	R	4	0	-	-
	<i>Deltochilum</i> <i>brasiliense</i>	R	12	27	0,742	generalista
	<i>Deltochilum</i> <i>furcatum</i>	R	76	66	0,990	generalista
	<i>Deltochilum</i> aff. <i>irroratum</i>	R	57	11	0,372	generalista
	<i>Deltochilum</i> aff. <i>morbillosum</i>	R	342	34	0,197	necrófago-generalista
	<i>Deltochilum</i> <i>rubripenne</i>	R	21	8	0,665	generalista
<b>Oniticellini</b>	<i>Eurysternus</i> <i>cyanescens</i>	E	24	81	0,545	generalista
	<i>Eurysternus</i> <i>inflexus</i>	E	2	23	0,173	coprófago-generalista
<b>Phanaeini</b>	<i>Coprophanaeus</i> <i>bellicosus</i>	T	141	22	0,658	generalista
	<i>Coprophanaeus</i> <i>cerberus</i>	T	3	0	-	-
	<i>Coprophanaeus</i> <i>dardanus</i>	T	42	6	0,280	necrófago-generalista
	<i>Coprophanaeus</i> <i>saphirinus</i>	T	141	22	0,305	necrófago-generalista
	<i>Phanaeus</i> <i>splendidulus</i>	T	15	144	0,206	coprófago-generalista
<b>Onthophagini</b>	<i>Onthophagus</i> aff. <i>catharinensis</i>	T	1	30	0,067	coprófago

Observando as comunidades de escarabeíneos em cada área de coleta, dentro do PEST, na área denominada “Pousada”, foram coletados 1.196 indivíduos pertencentes a 23 espécies de nove gêneros. Nesta área, as espécies mais abundantes

foram *Canthon latipes* (20,3%), *Dichotomius* aff. *sericeus* (18,7%), *Deltochilum* aff. *morbillosum* (16,2%), e *Canthidium* aff. *trinodosum* (14,5%) (Tabela 3). As espécies menos abundantes foram *Canthon amabilis* e *Coprophanaeus cerberus*, ambas com três indivíduos coletados, *Canthidium* aff. *dispar*, *Dichotomius assifer*, *Dichotomius mormon* e *Uroxys* sp.1, com dois indivíduos coletados (*doubletons*) e finalmente *Canthon* sp.2, *Canthonella catharinensis*, *Dichotomius* aff. *pygidialis* e *Dichotomius fissus* com apenas um indivíduo capturado (*singletons*) (Tabela 3).

Na área do PEST denominada “Cascata”, foram coletados 1.067 indivíduos de 23 espécies distribuídas em 11 gêneros (Tabela 3). As espécies mais abundantes, assim como na área anterior, foram *Canthon latipes*, 31,3%, e *Dichotomius* aff. *sericeus*, 25,2%. Estas espécies foram as únicas com abundância relativa superior a 10,0% e juntas somaram 56,5% dos indivíduos capturados. Em relação às espécies pouco abundantes, *Canthonella catharinensis* e *Dichotomius quadrinodosus* foram coletados com uma abundância de três indivíduos, enquanto *Canthon amabilis*, *Canthon* sp.1, *Deltochilum furcatum* e *Ontherus* sp.1 foram *singletons*.

Na RPPN Chácara Edith, foram coletados 786 indivíduos, distribuídos em 16 espécies e sete gêneros (Tabela 3). Neste local, as espécies mais abundantes foram *Canthidium* aff. *trinodosum*, 22,5%, *Canthon latipes*, 16,2% e *Deltochilum furcatum* 12,0%. Juntas, estas espécies somam 50,6% dos indivíduos capturados. A RPPN Chácara Edith apresentou um menor número de espécies pouco abundantes, com *Deltochilum rubripenne*, possuindo uma abundância de três indivíduos, *Dichotomius* aff. *pygidialis* sendo *doubleton* e *Uroxys* sp.1 sendo *singleton*.

Tabela 3 - Besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em áreas de três diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, Santa Catarina, entre novembro de 2009 e março de 2010. Cons = Conservada, Int = Intermediária e Cap = Capoeira.

Área de Coleta	PEST - "Pousada"				PEST - "Cascata"				RPPN Ch. Edith				
Espécie	Cons	Int	Cap	Total	Cons	Int	Cap	Total	Cons	Int	Cap	Total	Total
<i>C. aff. dispar</i>	2	0	0	<b>2</b>	9	2	1	<b>12</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>14</b>
<i>C. aff. trinodosum</i>	50	111	12	<b>173</b>	31	30	3	<b>64</b>	66	29	82	<b>177</b>	<b>414</b>
<i>C. amabilis</i>	1	2	0	<b>3</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>4</b>
<i>C. latipes</i>	105	29	109	<b>243</b>	32	138	164	<b>334</b>	35	11	81	<b>127</b>	<b>704</b>
<i>Canthon</i> sp.1	0	0	0	<b>0</b>	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Canthon</i> sp.2	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>C. catharinensis</i>	1	0	0	<b>1</b>	2	1	0	<b>3</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>4</b>
<i>C. bellicosus</i>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	15	3	4	<b>22</b>	<b>22</b>
<i>C. cerberus</i>	2	1	0	<b>3</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>3</b>
<i>C. dardanus</i>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	18	16	14	<b>48</b>	<b>48</b>
<i>C. saphirinus</i>	32	29	18	<b>79</b>	21	33	9	<b>63</b>	16	5	0	<b>21</b>	<b>163</b>
<i>D. brasiliense</i>	1	6	8	<b>15</b>	3	7	6	<b>16</b>	2	1	5	<b>8</b>	<b>39</b>
<i>D. furcatum</i>	11	30	6	<b>47</b>	0	1	0	<b>1</b>	44	34	16	<b>94</b>	<b>142</b>
<i>D. aff. irroratum</i>	0	3	11	<b>14</b>	4	0	12	<b>16</b>	9	16	13	<b>38</b>	<b>68</b>
<i>D. aff. morbillosum</i>	133	58	3	<b>194</b>	59	40	7	<b>106</b>	49	22	5	<b>76</b>	<b>376</b>
<i>D. rubripenne</i>	26	0	0	<b>26</b>	0	0	0	<b>0</b>	2	1	0	<b>3</b>	<b>29</b>
<i>D. assifer</i>	1	1	0	<b>2</b>	1	3	0	<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>6</b>
<i>D. fissus</i>	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>D. mormon</i>	0	2	0	<b>2</b>	2	2	0	<b>4</b>	40	14	24	<b>78</b>	<b>84</b>
<i>D. aff. pygidialis</i>	0	0	1	<b>1</b>	0	4	6	<b>10</b>	1	1	0	<b>2</b>	<b>13</b>
<i>D. quadrinodosus</i>	0	4	5	<b>9</b>	1	2	0	<b>3</b>	2	2	4	<b>8</b>	<b>20</b>
<i>D. aff. sericeus</i>	42	169	13	<b>224</b>	120	112	37	<b>269</b>	56	0	1	<b>57</b>	<b>550</b>
<i>E. cyanescens</i>	36	12	5	<b>53</b>	17	34	1	<b>52</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>105</b>
<i>E. inflexus</i>	3	7	3	<b>13</b>	6	5	1	<b>12</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>25</b>
<i>Ontherus</i> sp.1	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>O. aff. catharinensis</i>	0	0	0	<b>0</b>	4	1	0	<b>5</b>	10	12	4	<b>26</b>	<b>31</b>
<i>P. splendidulus</i>	28	53	7	<b>88</b>	35	26	10	<b>71</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>159</b>
<i>Uroxys</i> sp.1	0	2	0	<b>2</b>	9	1	4	<b>14</b>	1	0	0	<b>1</b>	<b>17</b>
<i>Uroxys</i> sp.2	0	0	0	<b>0</b>	3	2	0	<b>5</b>	0	0	0	<b>0</b>	<b>5</b>
Abundância	475	519	202	<b>1.196</b>	361	445	261	<b>1.067</b>	366	167	253	<b>786</b>	<b>3.049</b>
Riqueza	17	17	14	<b>23</b>	20	20	13	<b>23</b>	16	14	12	<b>16</b>	<b>29</b>

A partir da distribuição espacial, por área de coleta, foi possível destacar algumas espécies que apresentaram diferenças de ocorrência entre as áreas: *Canthidium* aff. *dispar*, *Canthon* *amabilis*, *Canthon* sp.1, *Canthon* sp.2, *Canthonella* *catharinensis*, *Coprophanaeus* *cerberus*, *Dichotomius* *assifer*, *D. fissus*, *Eurysternus* *cyanescens*, *E. inflexus*, *Ontherus* sp.1, *Phanaeus* *splendidulus* e *Uroxys* sp.2, foram exclusivas das áreas de coleta do PEST. Já *Coprophanaeus* *bellicosus* e *C. dardanus* foram capturadas apenas na área da RPPN Chácara Edith. Cabe destacar também a espécie *Dichotomius* *mormon* que ocorreu com uma abundância muito maior na área da RPPN (N=78) Chácara Edith em comparação às áreas do PEST (N[Pousada]=2; N[Cascata]=4) .

Entre as áreas de coleta do PEST também aparecem diferenças na presença de algumas espécies: *Canthon* sp.2, *Coprophanaeus cerberus*, *Dichotomius fissus* e *Deltochilum rubripenne* estiveram presentes apenas na área “Pousada”; já *Canthon* sp.1, *Ontherus* sp.1 e *Uroxys* sp.2 estiveram presentes apenas na área “Cascata”. As espécies envolvidas nestas diferenças, em geral, foram registradas em abundâncias muito baixas, a exceção de *D. rubripenne* que apresentou uma abundância de 26 indivíduos.

Quando comparadas as espécies presentes nos diferentes estágios sucessionais, algumas se destacam por apresentarem grande variação na abundância relativa. A espécie *Canthon latipes* se tornou altamente dominante em áreas de capoeira, representando 54,0% dos indivíduos nesse estágio sucessional da área “Pousada”, 62,8% na capoeira da área “Cascata” e 32,0% no mesmo estágio sucessional da RPPN Chácara Edith. No sentido inverso, a espécie *Deltochilum morbillosum* apresentou abundância relativa maior quanto mais avançado for o estágio sucessional, representando 28,0%, 16,3% e 13,4% no estágio conservado das áreas “Pousada”, “Cascata” e na RPPN, respectivamente, e 1,5%, 2,7% e 2,0% no estágio de capoeira das mesmas áreas.

Do total de espécies coletadas, seis foram consideradas, pela análise Indval, indicadoras consistentes de um dos três estágios sucessionais amostrados, sendo elas: *Canthidium* aff. *dispar*, *Deltochilum* aff. *morbillosum*, *D. rubripenne* e *Eurysternus cyanescens* indicadoras de matas conservadas; e *Canthon latipes* e *Deltochilum* aff. *irroratum* indicadoras do estágio sucessional de capoeira. As abundâncias médias ( $\pm$  erro padrão) em cada um dos estágios sucessionais dessas espécies e o valor de significância da indicação (*p*) são apresentados da Tabela 4.

Tabela 4 - Média ( $\pm$  erro padrão) da abundância das espécies indicadoras em três diferentes estágios sucessionais (mata conservada, intermediária e capoeira) e a probabilidade do teste através da análise Indval.

Espécie	Indicadora de:	Abundância média			p
		Conservada	Intermediária	Capoeira	
<i>Canthidium aff. dispar</i>	Mata Conservada	0,37 $\pm$ 0,16	0,07 $\pm$ 0,05	0,03 $\pm$ 0,03	0,0282
<i>Deltochilum aff. morbillosum</i>	Mata Conservada	8,03 $\pm$ 1,63	4,00 $\pm$ 0,80	0,50 $\pm$ 0,18	0,0002
<i>Deltochilum rubripenne</i>	Mata Conservada	0,93 $\pm$ 0,33	0,03 $\pm$ 0,03	0,00 $\pm$ 0,00	0,0002
<i>Eurysternus cyanescens</i>	Mata Conservada	1,77 $\pm$ 0,42	1,53 $\pm$ 0,37	0,20 $\pm$ 0,11	0,0206
<i>Canthon latipes</i>	Capoeira	5,73 $\pm$ 1,31	5,93 $\pm$ 1,61	11,80 $\pm$ 1,54	0,0024
<i>Deltochilum aff. irroratum</i>	Capoeira	0,43 $\pm$ 0,21	0,63 $\pm$ 0,24	1,20 $\pm$ 0,29	0,0300

As curvas de acumulação de espécies, confeccionadas a partir da riqueza de espécies em cada amostra nos três diferentes estágios sucessionais em cada área de coleta, indicam que, para a maioria das áreas de coleta, o esforço amostral foi suficiente para coletar grande parte das espécies presentes em cada área, embora novas espécies sejam coletadas com um esforço maior. O estágio onde a suficiência do esforço amostral foi menor foi a mata conservada da área “Pousada”, já as curvas para o estágio de capoeira apresentam uma forte diminuição da inclinação das curvas, indicando esforço amostral suficiente (Figuras 1, 2 e 3).

Para a área de coleta “Pousada” foi observada uma maior riqueza de espécies nos estágios de mata conservada ( $S=17$ ) e mata intermediária ( $S=17$ ) quando comparadas com a capoeira ( $S=14$ ), embora esta diferença não tenha sido significativa quando analisada a partir dos intervalos de confiança da riqueza observada (método Mao Tau), uma vez que ocorre grande sobreposição entre os intervalos de confiança de todos os estágios (Figura 1). Já na área “Cascata” foi possível observar que o estágio capoeira ( $S=13$ ) apresentou uma riqueza significativamente menor do que os outros dois estágios (ambos com  $S=20$ ), que não diferiram entre si (Figura 2), enquanto que na RPPN Chácara Edith foi possível observar que o estágio de capoeira apresentou riqueza menor do que o estágio conservado, sendo que o estágio intermediário apresentou uma riqueza intermediária (Figura 3).

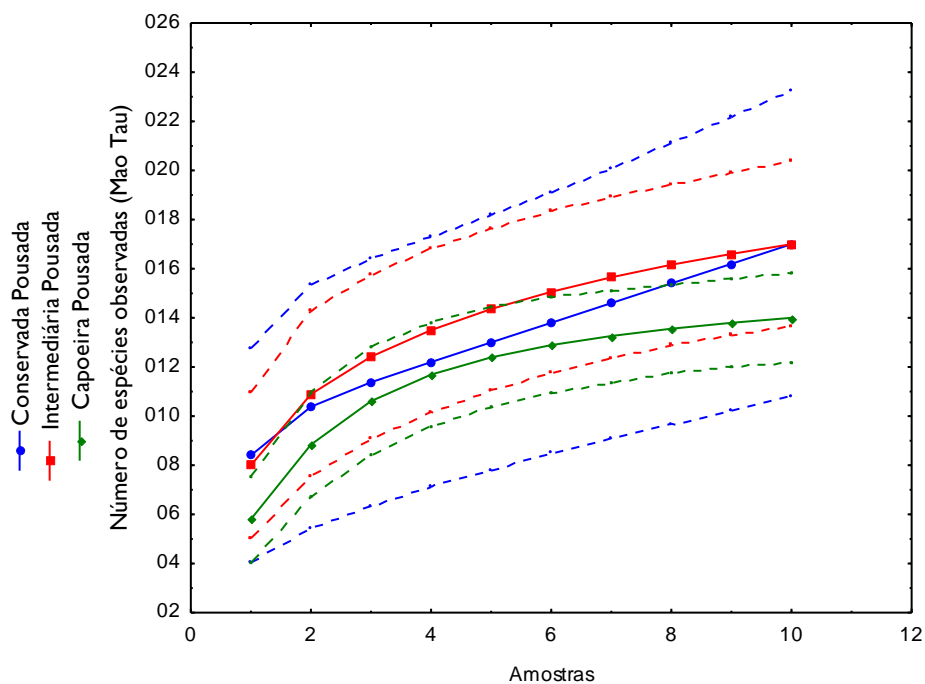


Figura 1 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Pousada” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC.

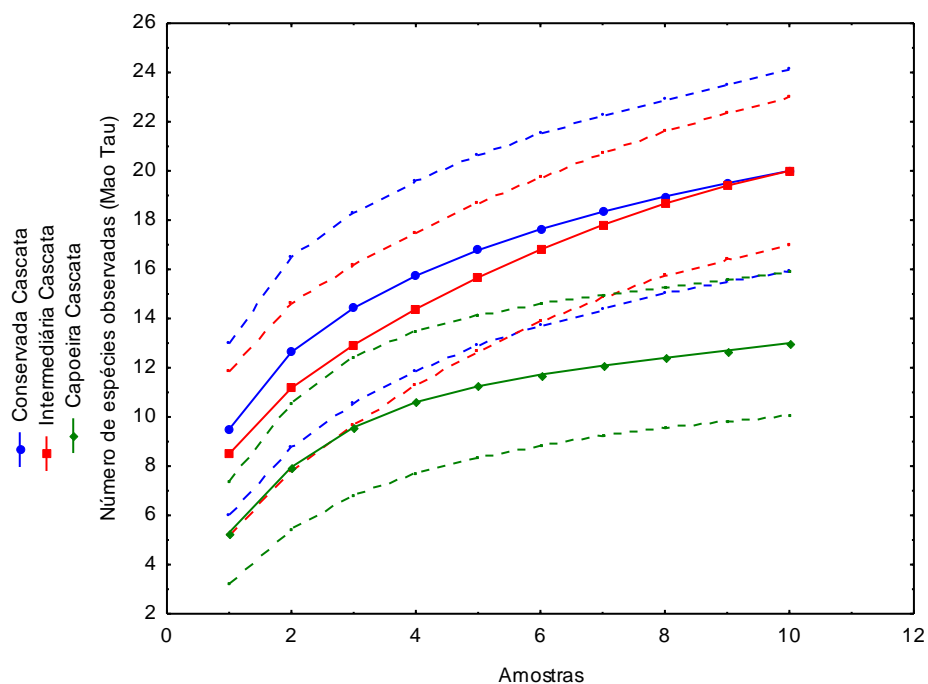


Figura 2 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Cascata” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC.



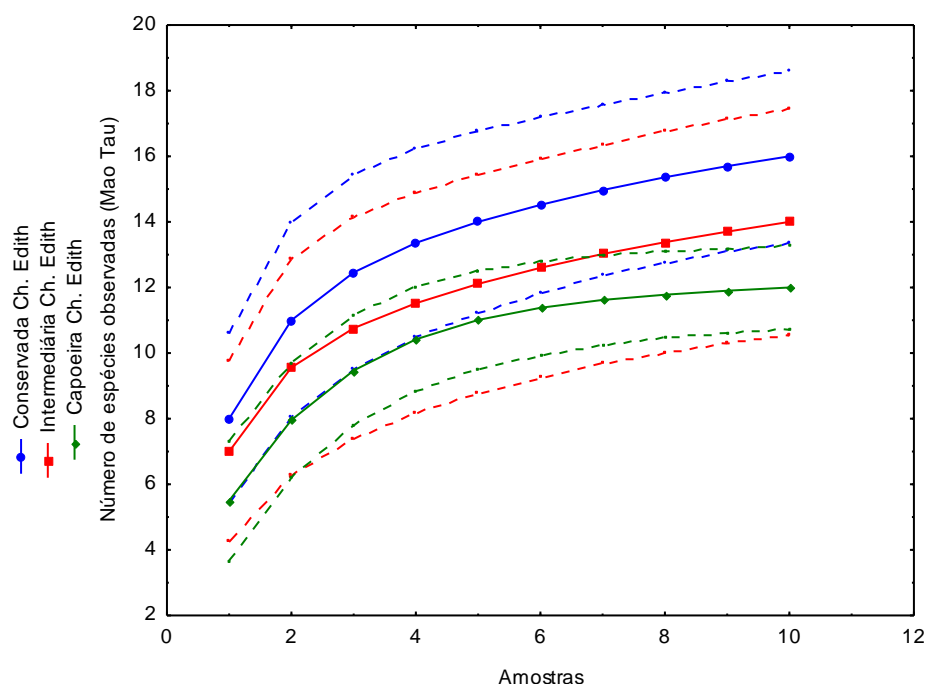


Figura 3 - Curva de acumulação de espécies ( $\pm$  intervalo de confiança de 95%) calculada para os Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC.

Os estimadores de riqueza Jackknife I, Chao 1 e Chao 2 complementam as análises realizadas através das curvas de acumulação de espécies na compreensão da riqueza das comunidades e da suficiência do esforço amostral (Tabela 5). Em todas as áreas de coleta foi observada uma riqueza de espécies de escarabeíneos significativamente maior no estágio de mata conservada (Jackknife[Pousada]= 24,2 (19,8-28,6); Jackknife[Cascata]= 24,5 (20,6-28,4); Jackknife[RPPN]= 18,7 (16,0-21,4)) quando comparada com o estágio de capoeira (Jackknife[Pousada]= 15,8 (12,3-19,3); Jackknife[Cascata]= 15,7 (11,9-19,5); Jackknife[RPPN]= 12,9 (11,1-14,7)). Assim também, em todas as áreas, o estágio intermediário de sucessão recebeu valores intermediários de riqueza estimada pelo método Jackknife, não apresentando diferenças significativas quando comparado aos estágios de mata conservada e capoeira. Somente na área da “Cascata” no PEST, o estágio intermediário obteve um valor (25,4 (21,5-29,3)) semelhante ao estágio conservado (24,5 (20,6-28,4)) e significativamente maior que a riqueza estimada para a capoeira (Tabela 5).

De uma maneira geral, os estimadores reforçam que a suficiência amostral foi satisfatória ao coletar grande parte das espécies das comunidades. Somente o índice Chao 2 apresentou um comportamento discrepante ao estimar uma riqueza de 42,2 espécies no estágio de mata conservada na área da Pousada. Esta superestimativa

ocorreu devido ao grande número de espécies que apareceram em apenas uma ou duas amostras.

Tabela 5 - Riqueza observada (S), estimadores de riqueza Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1, com intervalos de confiança de 95%, calculados para as comunidades de besouros Scarabaeinae nos diferentes estágios sucessionais das áreas de coleta no PEST e na RPPN Chácara Edith.

Área	Estágio	S	Jackknife 1	Chao 1	Chao 2
PEST "Pousada"	Conservada	17	24,2 (19,8 - 28,6)	20,3	42,2
	Intermediária	17	20,6 (16,7 - 24,5)	17,3	18,8
	Capoeira	14	15,8 (12,3 - 19,3)	15,0	14,3
PEST "Cascata"	Conservada	20	24,5 (20,6 - 28,4)	22,0	23,0
	Intermediária	20	25,4 (21,5 - 29,3)	22,0	21,9
	Capoeira	13	15,7 (11,9 - 19,5)	16,0	15,7
RPPN Chácara Edith	Conservada	16	18,7 (16,0 - 21,4)	16,2	16,9
	Intermediária	14	16,7 (12,9 - 20,5)	15,5	15,3
	Capoeira	12	12,9 (11,1 - 14,7)	12,0	12,0

Em relação à composição e abundância relativa das espécies de besouros encontradas nos diferentes estágios sucessionais, na área "Pousada", foram coletados 475 indivíduos no estágio de mata conservada, pertencentes a 17 espécies; no estágio de mata intermediária foram coletadas também 17 espécies, de um total de 519 indivíduos, enquanto que no estágio de capoeira foram coletados 202 indivíduos agrupados em 14 espécies. Os diagramas de distribuição de abundância das espécies (ou diagramas de Whittaker) nos três diferentes estágios sucessionais desta área podem ser visualizados na Figura 4.

Nesta figura se observa que a área de capoeira apresenta uma espécie altamente dominante (*Canthon latipes*) seguida de outras espécies com uma abundância muito menor, além de um menor número de espécies pouco abundantes. Nas áreas de mata conservada e intermediária, o diagrama mostra uma comunidade com uma maior equitabilidade e uma menor dominância, se aproximando de uma distribuição log normal, com poucas espécies com abundância mais alta, um grande número de espécies com abundância intermediária e um pequeno número de espécies pouco abundantes.

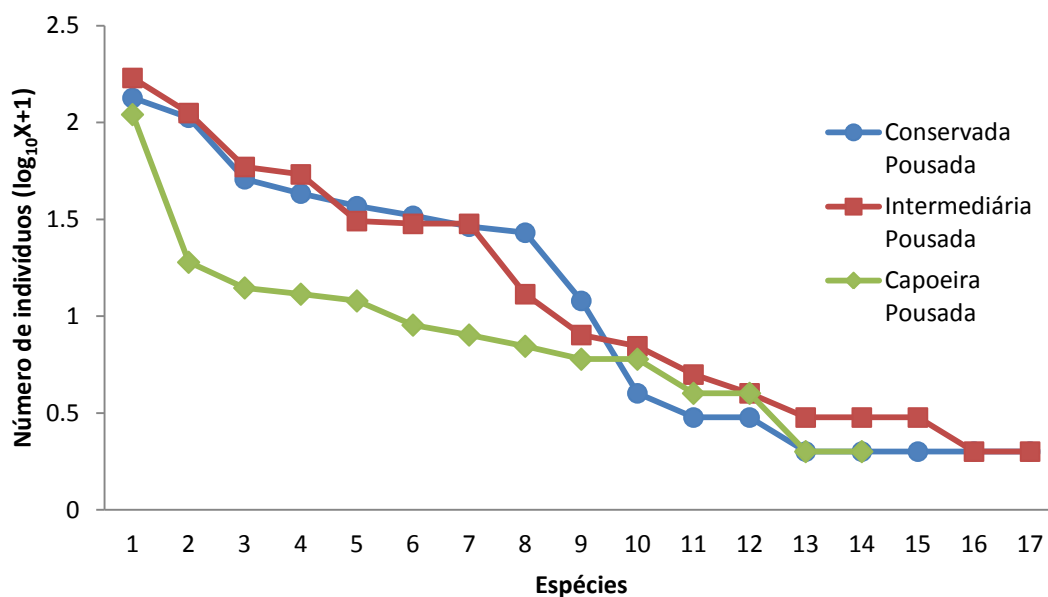


Figura 4 - Distribuição de abundância ( $\text{Log}_{10}X+1$ ) dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Pousada” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC.

Na área “Cascata” foram coletados, no estágio de mata conservada, 361 indivíduos pertencentes a 20 espécies, 445 indivíduos pertencentes a 20 espécies no estágio de mata intermediária e 261 indivíduos pertencentes a 13 espécies no estágio de capoeira. As distribuições de abundância dos três estágios sucessionais da área de coleta “Cascata” podem ser observadas na Figura 5.

É possível observar o mesmo comportamento das distribuições de abundância da área “Pousada” na área “Cascata”. Neste caso, o estágio capoeira apresenta duas espécies mais abundantes (*Canthon latipes*,  $N=167$ , e *Dichotomius* aff. *sericeus*,  $N=37$ ) que dominam a comunidade, sendo seguidas por outras espécies com menor abundância. Em contrapartida, os estágios de mata conservada e intermediária apresentam diagramas de distribuição de abundância semelhantes entre si, com uma ou duas espécies com abundância maior, um grande número de espécies de abundância intermediária e algumas espécies raras. Além disso, a área de capoeira apresentou um menor número de espécies ( $S=13$ ).

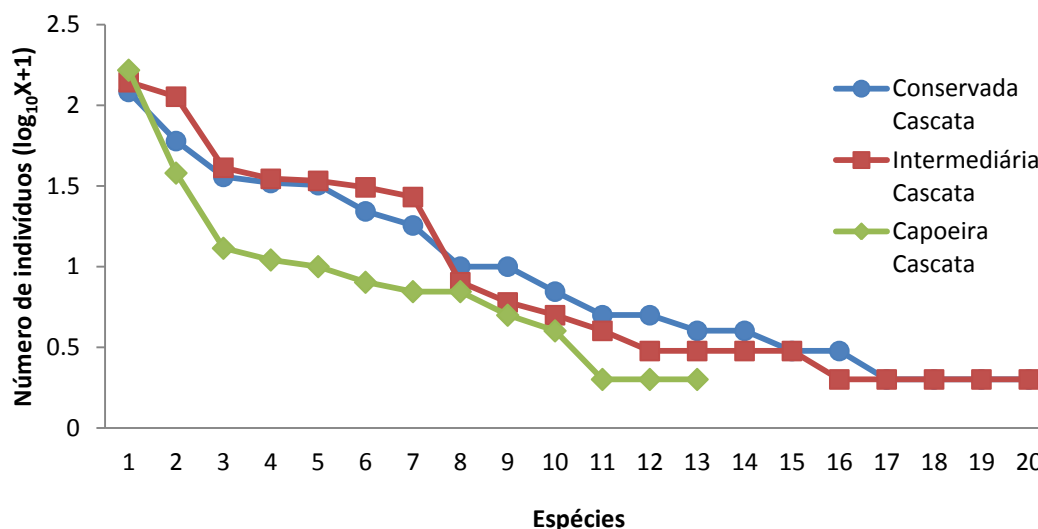


Figura 5 - Distribuição de abundância ( $\log_{10}X+1$ ) dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na área de coleta “Cascata” do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, SC.

Na RPPN Chácara Edith, o estágio de mata conservada apresentou 366 indivíduos de 16 espécies, a área de mata intermediária 167 indivíduos de 14 espécies e a área de capoeira 153 indivíduos de 12 espécies. As curvas de distribuição de abundância das espécies de besouros coletados na RPPN Chácara Edith são apresentadas na Figura 6.

Na RPPN Chácara Edith o padrão anterior se repete. Neste caso o estágio de capoeira apresentou duas espécies altamente dominantes (*Canthidium* aff. *trinodosum*, N=82 e *Canthon latipes*, N=81), seguidas por espécies com abundância muito menor, tendo a terceira espécie (*Dichotomius mormon*) uma abundância de 24 indivíduos. Já as comunidades dos estágios conservado e intermediário apresentaram comunidades com maior equitabilidade, não apresentando nenhuma espécie altamente dominante, muitas espécies com abundância intermediária e poucas espécies raras.

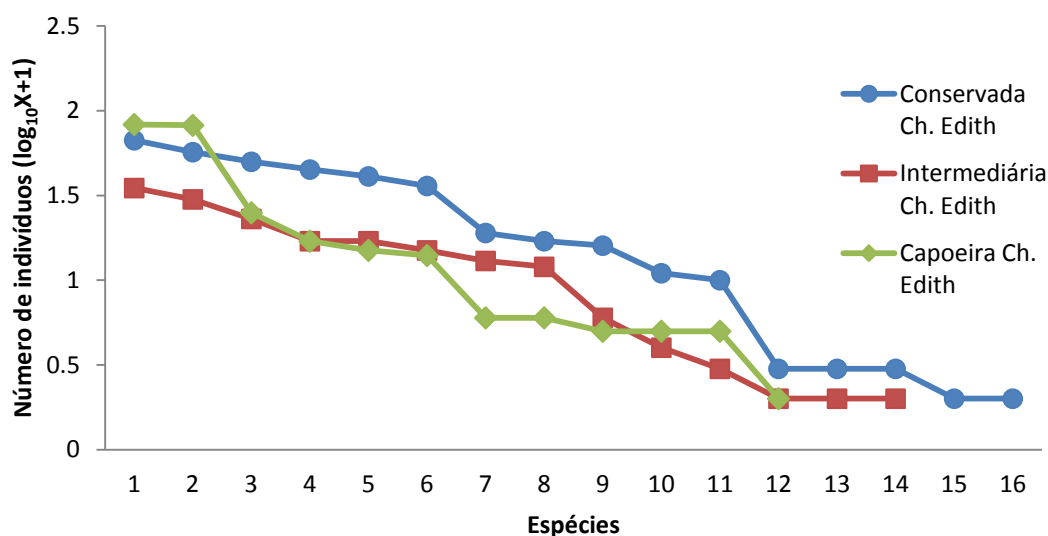


Figura 6 - Distribuição de abundância ( $\log_{10}X+1$ ) dos Scarabaeinae copro-necrófagos coletados entre novembro de 2009 e março de 2010 na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC.

As medidas ecológicas de diversidade ( $H'$ ) e equitabilidade (Pielou) calculadas para os diferentes estágios sucessionais das três áreas de coleta são apresentadas na Tabela 6. Nela é possível observar, assim como nos resultados anteriores, a diminuição da abundância e da riqueza em áreas de capoeira quando comparadas às áreas em estágio conservado e intermediário. Apenas o estágio intermediário da RPPN Chácara Edith ( $N=167$ ) apresentou uma abundância menor do que o estágio capoeira ( $N=253$ ).

Os índices de riqueza de Margalef foram maiores no estágio de mata conservada nas duas áreas do PEST e foram iguais entre as áreas de mata conservada e intermediária na RPPN. Além disso, os estágios de mata intermediária do PEST foram os que apresentaram as maiores abundâncias quando comparados aos outros estágios em suas áreas de coleta. Paralelamente, se observou o aumento dos valores dos índices de diversidade e de equitabilidade de acordo com o avanço da sucessão vegetal em quase todas as áreas de coleta, com exceção do índice de Pielou na RPPN. Os maiores índices de diversidade de Shannon e de equitabilidade de Pielou foram observados na RPPN Chácara Edith, incluindo todos os estágios sucessionais.

Tabela 6 - Abundância, riqueza, índice de riqueza de Margalef, índice de diversidade de Shannon-Wiener e índice de equitabilidade de Pielou encontrados para a comunidade de besouros Scarabaeinae nos diferentes estágios sucessionais das áreas de coleta no PEST e na RPPN Chácara Edith.

Área	Estágio	Abundância	Riqueza	Margalef	Shannon	Pielou
PEST - "Pousada"	Conservada	475	17	2,60	2,07	0,73
	Intermediária	519	17	2,56	2,01	0,71
	Capoeira	202	14	2,45	1,76	0,67
PEST - "Cascata"	Conservada	361	20	3,23	2,18	0,73
	Intermediária	445	20	3,12	2,02	0,67
	Capoeira	261	13	2,16	1,40	0,55
RPPN Chácara Edith	Conservada	366	16	2,54	2,31	0,83
	Intermediária	167	14	2,54	2,24	0,85
	Capoeira	253	12	1,99	1,81	0,73

Analisando a similaridade, medida a partir do índice quantitativo de Bray-Curtis, entre as comunidades de escarabeíneos nas diferentes áreas de coleta divididas em três distintos estágios sucessionais, foi possível observar a formação de dois grandes grupos, um deles incluindo todas as áreas do PEST e outro grupo formado pela RPPN Chácara Edith, com 50% de similaridade entre eles (Figura 7). Isso demonstra a grande diferença existente entre a comunidade de besouros escarabeíneos existente no PEST e a comunidade existente na RPPN Chácara Edith. No grupo formado pelos três estágios sucessionais da Chácara Edith, que apresenta uma similaridade de 78% entre si, as comunidades do estágio conservado e intermediário agruparam-se, enquanto a capoeira apresentou maior diferença das demais. O mesmo padrão se repete no segundo grupo, que corresponde às comunidades do PEST, nos quais os estágios de capoeira agruparam-se com uma similaridade de 78%, estando separados do outro grupo que reuniu as matas em estágio intermediário e conservado, com 65% de similaridade.

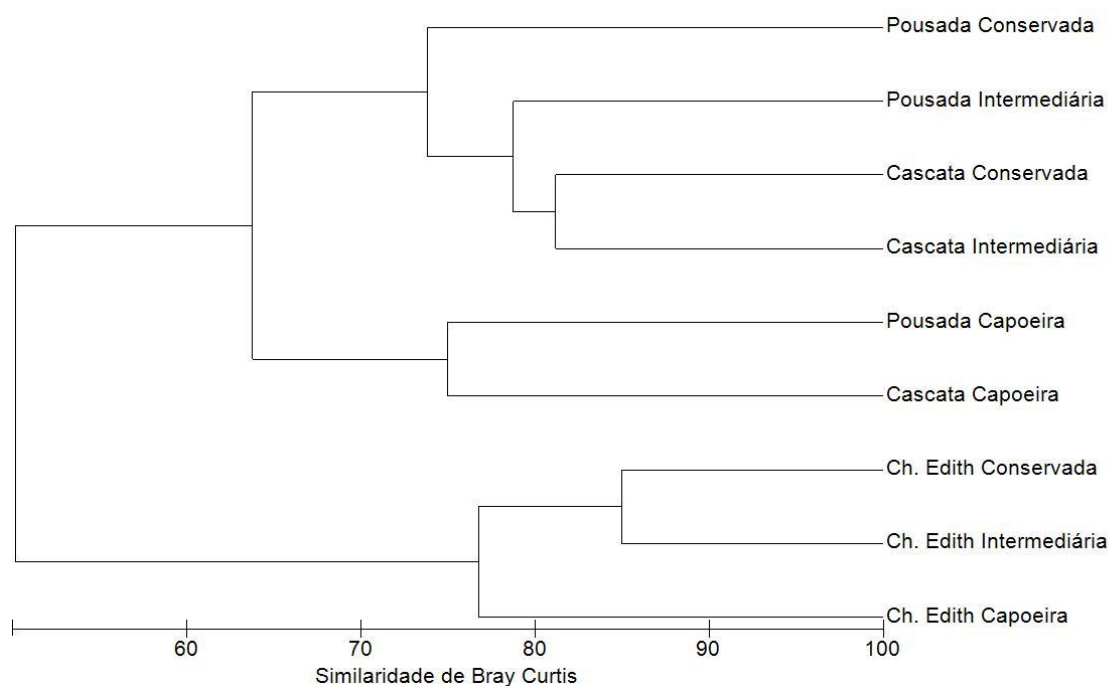


Figura 7 - Dendrograma de agrupamento com base na similaridade de Bray-Curtis das comunidades de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC.

Através da configuração obtida pela análise de Escalonamento Multidimensional Métrico (MDS) ficou mais clara a separação das comunidades em diferentes grupos (Figura 8). A primeira divisão separa as comunidades do PEST da comunidade da RPPN com uma similaridade de 50% (em verde na figura). Os estágios de capoeira do PEST separam-se dos estágios de mata conservada e intermediária com uma similaridade de 65% (em azul na figura), formando dois grupos bem definidos dentro do PEST.

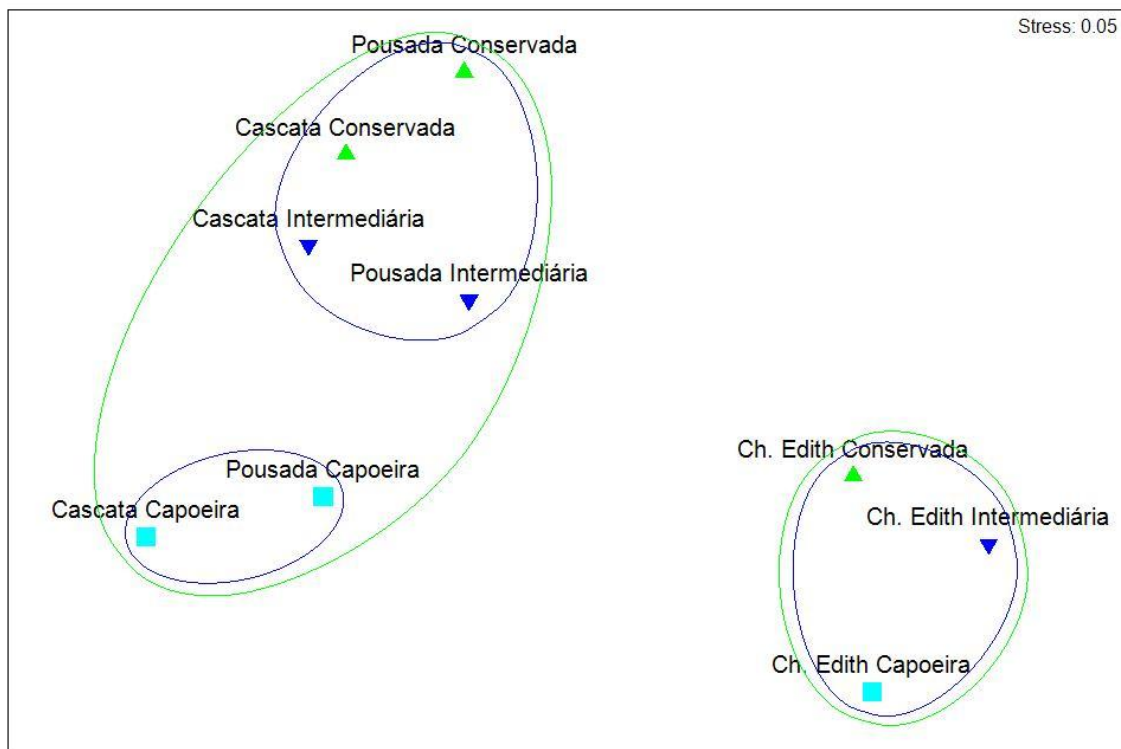


Figura 8 - Configuração da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) a partir da similaridade de Bray-Curtis entre as comunidades de besouros Scarabaeinae copro-necrófagos coletados em diferentes estágios sucessionais no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na RPPN Chácara Edith, Brusque, SC.

As medidas das variáveis ambientais confirmaram o gradiente sucessional das áreas escolhidas para amostragem. A medida da altura das árvores é menor em todas as áreas de capoeira. A área basal das árvores apresentou comportamento semelhante, sendo menor nas áreas de capoeira, com exceção da capoeira do local PEST “Pousada”. Outros fatores que representaram o gradiente de complexidade ambiental foram a frequência de bromélias de chão e de bromélias epífitas, sendo que a quantidade de bromélias epífitas foi menor quanto mais inicial o estágio sucessional. Além disso, a cobertura do dossel foi menor em todas as áreas de capoeira, o que pode representar um fator ambiental importante com uma maior entrada de luz nessas áreas. As medidas de tendência central das quinze medidas ambientais realizadas em cada ponto de coleta estão apresentadas na Tabela 7.



Tabela 7 - Medidas de tendência central das variáveis de complexidade ambiental nos diferentes estágios sucessionais nas áreas de coleta no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santo Amaro da Imperatriz, e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Chácara Edith, Brusque, SC, Brasil.

Local	PEST - "Pousada"			PEST - "Cascata"			RPPN		
Variável ambiental	Cons	Sec	Cap	Cons	Sec	Cap	Cons	Sec	Cap
Distância Árvore (m)	2,4	1,9	2,9	2,9	1,9	2,1	2,8	2,6	2,7
Área Basal Árvore (cm <sup>2</sup> )	137,3	88,7	238,4	306,7	61,0	37,4	181,0	185,6	91,7
Altura Árvore (m)	10,4	10,1	7,8	13,4	8,4	6,4	7,9	9,9	7,4
Diâmetro Copa Árvore (m)	4,8	3,7	4,1	6,5	3,5	3,2	3,6	5,3	2,9
Distância Arbusto (m)	2,0	0,8	1,4	1,4	0,9	1,4	2,2	2,2	0,9
Área Basal Arbusto (cm <sup>2</sup> )	7,2	3,3	3,3	3,6	5,1	6,2	7,1	6,6	3,6
Altura Arbusto (m)	2,5	2,2	2,0	2,3	3,0	2,9	2,5	3,1	2,0
Diâmetro copa Arbusto (m)	1,3	1,0	1,1	0,9	1,1	1,3	1,8	1,5	0,7
Frequência Bromélia Chão	8,0	9,0	0,0	11,0	5,0	0,0	6,0	4,0	1,0
Frequência Bromélia Epífita	9,0	12,0	0,0	12,0	10,0	6,0	12,0	12,0	5,0
Altura Serapilheira (cm)	3,5	2,7	3,0	4,3	2,7	2,3	1,8	1,6	2,8
Cobertura Verde do Solo (%)	37,5	15,0	15,0	37,5	37,5	50,0	32,5	32,5	32,5
Cobertura serapilheira (%)	62,5	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	73,8	85,0
Cobertura área nua (%)	9,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Dossel (%)	85,0	85,0	62,5	85,0	85,0	50,0	85,0	73,8	62,5

Os resultados das correlações entre as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae coletada em cada estágio sucessional de cada local de amostragem e as medidas ambientais mostraram que a riqueza de espécies de besouros está diretamente relacionada com a altura das árvores, a frequência de bromélias de solo e a cobertura do dossel. Já a abundância esteve relacionada positivamente com a frequência de bromélias de solo e a cobertura do dossel, assim com o índice de riqueza de Margalef. O índice de diversidade de Shannon esteve relacionado positivamente com a frequência de bromélias epífitas e com a cobertura do dossel (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores do teste de Correlação de Spearman entre as medidas de complexidade ambiental e as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae coletada no PEST e na RPPN Chácara Edith, SC, Brasil.

Variável da complexidade estrutural da vegetação	Medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae				
	Riqueza	Abundância	Margalef	Pielou	H' Shannon
Distância Árvore	-0,14	-0,50	-0,08	0,25	0,25
Área Basal Árvore	0,15	-0,40	0,22	0,42	0,48
Altura Árvore	0,79*	0,47	0,85*	0,40	0,60
Diâmetro Copa Árvore	0,49	-0,05	0,57	0,37	0,53
Distância Arbusto	-0,14	-0,37	-0,05	0,62	0,60
Área Basal Arbusto	-0,08	0,02	0,02	0,55	0,48
Altura Arbusto	0,19	0,02	0,25	0,25	0,38
Diâmetro copa Arbusto	-0,01	0,00	0,03	0,42	0,50
Frequência Bromélia Chão	0,79*	0,68*	0,82*	0,38	0,61
Frequência Bromélia Epífita	0,55	0,34	0,59	0,52	0,78*
Altura Serapilheira	0,36	0,22	0,37	-0,24	-0,21
Cobertura Verde do Solo	0,18	0,13	0,25	-0,17	-0,02
Cobertura Serapilheira	-0,03	0,02	-0,14	-0,59	-0,39
Cobertura de solo exposto	0,21	0,41	0,27	0,27	0,14
Cobertura do Dossel	0,87*	0,74*	0,88*	0,39	0,68*

(\*significativo, com  $p < 0,05$ )

A análise que relacionou a comunidade de besouros com as variáveis ambientais (Bio-Env) em todas as áreas de coleta indicou que as variáveis, frequência de bromélias de chão, altura serapilheira e cobertura do dossel, foram, em conjunto, as que apresentaram o maior coeficiente de correspondência com as variações de diversidade das comunidades de Scarabaeinae ( $r=0,43$ ). A variável ambiental que isoladamente apresentou o maior coeficiente de correspondência foi a cobertura do dossel ( $r=0,42$ ).

Devido à baixa similaridade apresentada entre as comunidades de besouros das áreas do PEST quando comparadas à área da RPPN (ver Figura 7), foi realizada a análise Bio-Env apenas para as áreas de coleta do PEST, apontando que a área basal do arbusto, em união com a frequência de bromélias de chão e a cobertura do dossel, tiveram um alto coeficiente de correspondência com as variações de diversidade das comunidades de Scarabaeinae ( $r=0,92$ ).

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para as comunidades de Scarabaeinae copro-necrófagos do PEST e da RPPN atestam a consistência da metodologia de coleta. As comunidades apresentaram diversidade e estrutura da guilda comparável à outras comunidades neotropicais. As análises de comparação da diversidade entre diferentes áreas (diversidade beta) e da relação da comunidade de besouros com o estágio sucessional e a complexidade ambiental fornecem subsídios para a discussão da relação desses insetos com o ecossistema em que estão inseridos.

O resultado da análise IndVal, com o aporte de seis espécies indicadoras, quatro de estágios conservados de floresta e duas de estágio inicial de sucessão, vem contribuir com o manejo, monitoramento e planejamento ambiental, uma vez que essas espécies poderão ser amostradas em outras áreas e utilizadas como indicadoras, ajudando na tomada de decisão acerca desses locais. Este método de análise já foi empregado com sucesso para comunidades de Scarabaeinae em outros trabalhos (por exemplo, McGeoch *et al.*, 2002; Barlow *et al.*, 2010) e também se mostrou útil na análise das comunidades do PEST e da RPPN. Destaca-se a presença de três espécies do gênero *Deltochilum* como indicadoras, tanto de áreas conservadas quanto de estágio de capoeira, sugerindo que a dinâmica do processo de substituição de espécies deste gênero na comunidade está relacionada com o processo de sucessão.

A riqueza de espécies de besouros rola-bosta copro-necrófagos encontrada em cada uma das três áreas de coleta (PEST “Pousada”=23; PEST “Cascata”=23; RPPN = 16) foi semelhante à encontrada por Filgueiras e colaboradores (2011) em áreas de Mata Atlântica no estado de Alagoas, onde foram coletadas 23 espécies, à riqueza encontrada por Schiffler e colaboradores (2003) em seis diferentes formações vegetacionais no Delta do Rio Doce e Vale do Suruaca, Espírito Santo, também com 23 espécies e à riqueza encontrada por Silva e colaboradores (2010) em Pernambuco, onde foram registradas 21 espécies em ambiente de floresta. Endres e colaboradores (2007) trabalhando na Reserva Biológica Guaribas, de 4.321 ha, no estado da Paraíba, encontraram, na área de Mata Atlântica em estágio intermediário, uma riqueza de 15 espécies, portanto, menor do que a riqueza observada nas áreas do PEST e semelhante à riqueza observada na RPPN Chácara Edith. No estado de Santa Catarina, o único trabalho realizado em Mata Atlântica obteve 18 espécies em áreas de Floresta

Ombrófila Densa do Parque Municipal da Lagoa do Peri, no sul da Ilha de Florianópolis (Hernández *et al.*, 2010), sendo semelhante à riqueza da RPPN Chácara Edith. Os diversos desenhos amostrais e esforços de captura, contudo, levam a diferenças consideráveis entre as áreas de Floresta Ombrófila Densa no sul e sudeste do Brasil, por exemplo, Hernández e Vaz-de-Mello (2009) coletaram 39 espécies pertencentes a 16 gêneros na Serra do Japi, em São Paulo, enquanto Medri e Lopes (2001) coletaram 32 espécies no Parque Estadual Mata dos Godoy, no norte do Paraná.

Uma possível explicação para a menor riqueza na comunidade da RPPN em relação às áreas do PEST é a grande diferença de tamanho existente entre as duas Unidades de Conservação, aliada ao histórico de uso do solo e degradação ambiental de cada área. A idéia de que fragmentos menores abrigam menos espécies de besouros Scarabaeinae é consistente e encontra grande suporte na literatura (Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008b; Filgueiras *et al.*, 2011). Soma-se a este fato a diminuição de mamíferos de grande porte, o que pode alterar o padrão de disponibilidade de recurso para besouros copro-necrófagos (Klein, 1989; Estrada *et al.*, 1999; Nichols *et al.*, 2009).

Comparando a composição das comunidades estudadas em outros trabalhos com as encontradas no PEST e na RPPN podemos destacar as espécies: *Canthidium* aff. *dispar*, *C. aff. trinodosum*, *Coprophanaeus saphirinus*, *Dichotomius* aff. *sericeus*, *D. aff. pygidialis*, *Canthon amabilis*, *Deltochilum brasiliense*, *D. aff. irroratum*, *D. aff. morbillosum*, *D. rubripenne* e *Phanaeus splendidulus* presentes neste estudo e na Ilha de Santa Catarina (Hernández *et al.*, 2010); *Coprophanaeus bellicosus*, *C. dardanus*, *Deltochilum irroratum*, *Dichotomius fissus*, *D. mormon*, *D. aff. sericeus* presentes neste estudo e em Filgueiras e colaboradores (2011); *Coprophanaeus dardanus* e *Dichotomius* aff. *sericeus*, presentes neste estudo e em Schiffler e colaboradores (2003); *Canthidium* aff. *dispar*, *C. aff. trinodosum*, *Canthon latipes*, *Coprophanaeus saphirinus*, *Deltochilum brasiliense*, *D. furcatum*, *D. aff. morbillosum*, *D. rubripenne*, *Dichotomius assifer*, *D. mormon*, *Eurysternus cyanescens* e *Phanaeus splendidulus*, presentes neste estudo e em Hernández e Vaz-de-Mello (2009); *Canthidium* aff. *trinodosum*, *C. aff. dispar*, *Coprophanaeus saphirinus*, *Deltochilum brasiliense* e *D. aff. morbillosum*, presentes neste estudo e em Medri e Lopes (2001); *Dichotomius* aff. *sericeus* presente nas áreas do PEST e da RPPN e no trabalho de Endres e colaboradores (2007). Essas informações mostram a pequena semelhança, em termos

de composição de espécies, existente entre as comunidades de Scarabaeinae da Mata Atlântica brasileira, pontuada pela presença de algumas espécies com ampla distribuição geográfica.

Em relação à estratégia de alocação do recurso, as comunidades do PEST e da RPPN se organizam de acordo com o padrão geral encontrado em quase todos os trabalhos com besouros Scarabaeinae neotropicais. O padrão consiste em uma maioria de espécies tuneleiras ou paracoprídeas, cerca de metade desse número de espécies roladoras ou telecoprídeas e uma pequena fração de espécies residentes ou endocoprídeas (na Mata Atlântica: Schiffler *et al.*, 2003; Endres *et al.*, 2007; Hernández e Vaz-de-Mello, 2009; Silva *et al.*, 2010 e Lopes *et al.*, 2011; no Cerrado: Almeida e Louzada, 2009; na Amazônia: Andresen, 2002 e em florestas tropicais no México: Halffter *et al.*, 1992; Andresen, 2008). Existem, contudo, registros de comunidades em florestas tropicais onde essa relação pode variar, por exemplo, com o aumento da proporção de espécies roladoras (Estrada e Coates-Estrada, 2002).

O hábito alimentar das espécies coletadas também seguiu o padrão apresentado em diversos estudos com escarabeíneos neotropicais, onde a maioria das espécies é generalista e algumas poucas especialistas (Halffter e Matthews, 1966; Halffter *et al.*, 1992; Hernández, 2007; Silva *et al.*, 2007), diferentemente do apresentado no trabalho de Andresen (2008), onde as espécies coprófagas representaram mais do que o dobro das generalistas e em Almeida e Louzada (2009) onde o número de espécies coprófagas supera o de espécies generalistas. Complementarmente, o número de espécies necrófagas ou coprófagas restritas encontradas no PEST e na RPPN Chácara Edith foi reduzido se comparado com outros estudos (Hernández, 2007; Silva *et al.*, 2007; Andresen, 2008; Almeida e Louzada, 2009).

As espécies apresentam distribuição de abundância nas comunidades do PEST e da RPPN esperada para comunidades de besouros rola-bosta em florestas neotropicais, com algumas espécies muito abundantes seguidas por muitas espécies com abundância reduzida (Halffter, 1991; Estrada e Coates-Estrada, 2002; Gardner *et al.*, 2008b; Lopes *et al.*, 2011). Existem, contudo, diferenças entre as espécies dominantes nas comunidades estudadas neste trabalho quando comparadas entre si e com outras comunidades (Silva *et al.*, 2007; Hernández e Vaz-de-Mello, 2009; Filgueiras *et al.*, 2011; Lopes *et al.*, 2011), com destaque para *Dichotomius* aff. *sericeus*, que,

contrariando a tendência de substituição de espécies dominantes, é relatada como uma espécie fortemente dominante em áreas de mata (Endres *et al.*, 2007; Filgueiras *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2010) chegando a dominar a maioria dos fragmentos de uma paisagem fragmentada (Filgueiras *et al.*, 2011).

A análise das comunidades ao longo do gradiente ambiental de capoeira, mata intermediária e mata conservada, também vai ao encontro de outros resultados da literatura, descrevendo uma forte tendência de diminuição da riqueza, diversidade e equitabilidade, com aumento da dominância, em áreas em estágio sucessional inicial quando comparadas com áreas de mata intermediária e conservada, bem como uma grande semelhança entre as comunidades de estágios sucessionais intermediários com a comunidade de matas conservadas (Halffter e Favila, 1993; Scheffler, 2005; Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008b; Lee *et al.*, 2009).

As medidas de estrutura ambiental refletiram o processo de sucessão descrito nas resoluções do CONAMA (1993, 1994), apesar de não corresponderem exatamente com os valores nelas apresentado. As principais discordâncias entre os dados encontrados nas áreas do PEST e da RPPN com o estabelecido nas resoluções citadas foram nas medidas das alturas e área basal das árvores e na presença e distribuição da serapilheira. As capoeiras apresentaram árvores menores que as áreas de sucessão mais avançada, com copa menor e, com exceção da capoeira da área “Pousada”, com menor área basal. As bromélias epífitas e de chão, características e muito importantes em termos ecológicos na Floresta Ombrófila Densa catarinense, também foram importantes para determinar a diferença entre as áreas, já que foram menos frequentes em áreas de capoeira.

Os resultados dos testes de Correlação de Spearman entre as medidas de complexidade ambiental e as medidas ecológicas da comunidade de Scarabaeinae coletadas no PEST e na RPPN Chácara Edith, em associação com a análise Bio-Env, apontaram aspectos chaves da estrutura ambiental que apresentaram relação positiva com o padrão de sucessão discutido anteriormente. A altura das árvores, a presença de bromélias de chão e epífitas, a altura da serapilheira e a cobertura do dossel são aspectos importantes para a determinação do grau de conservação da área e se mostraram positivamente relacionados com a comunidade de besouros como era esperado. Em outras palavras, ambientes com uma estrutura mais próxima de

ambientes prístinos tendem a apresentar uma maior diversidade de besouros Scarabaeinae.

A importância da estrutura da vegetação para a comunidade de Scarabaeinae já foi destacada em outros trabalhos. Por exemplo, Barlow e colaboradores (2010) demonstraram que áreas com uma menor área basal das árvores apresentaram uma maior proporção de espécies de besouros capturadas com frequência em áreas de *Eucalyptus* (resistentes à matriz) e, conseqüentemente, um menor valor para a conservação. Em adição, Filgueiras e colaboradores (2011) apresentaram resultados que destacam a importância da riqueza e composição da comunidade de árvores na manutenção da diversidade de besouros Scarabaeinae. Esses aspectos dão origem a uma importante discussão em termos de conservação, já que a manutenção da estrutura e da complexidade do ambiente não recebe tanta atenção quanto a manutenção do *status* de proteção das áreas legalmente protegidas.

Neste trabalho analisamos comunidades com grande substituição de espécies no nível da paisagem. Mesmo em comunidades próximas, como é o caso das áreas de coleta do PEST, observa-se uma diferença de composição de sete espécies entre a área “Pousada” e a área “Cascata”. Quando comparamos as comunidades do PEST com a da RPPN Chácara Edith, distantes cerca de 70 km, a diferença de composição entre elas é de 16 espécies, o mesmo número do total de espécies amostradas na RPPN. Grandes taxas de substituição de espécies (diversidade beta) e conseqüentemente maiores diversidades regionais (diversidade gama) já foram reportadas para comunidades de besouros escarabeíneos em diferentes escalas da paisagem, por exemplo, entre diferentes fitofisionomias de cerrado por Almeida e Louzada (2009); entre comunidades de diferentes Parques Nacionais no oeste de Madagascar por Viljanen e colaboradores (2010); em paisagens altamente fragmentadas na região de Chiapas, México, em Arellano e colaboradores (2008); e em regiões da Amazônia por Gardner e colaboradores (2008b). O mesmo padrão não foi observado por Halffter e colaboradores (1992), onde localidades distantes 560 km entre si e localizadas em uma paisagem fragmentada do México apresentaram índices de similaridades superiores aos encontrados entre as comunidades do PEST e da RPPN.

Uma análise baseada simplesmente no número de espécies poderia levar a conclusão de que a comunidade da RPPN Chácara Edith é uma subamostra do *pool*

regional de espécies, que incluiria as espécies presentes no PEST, uma vez que a RPPN faz parte de um fragmento menor e consequentemente mais impactado. Contudo, a presença de espécies de grande porte, como *Coprophanaeus bellicosus*, *Coprophanaeus dardanus* e *Dichotomius mormon*, sendo que as duas primeiras não ocorrem e a última ocorre em baixas abundâncias nas comunidades amostradas no PEST, torna a comunidade da RPPN Chácara Edith importante para a diversidade regional. As duas primeiras espécies são também importantes indicadores no trabalho de Filgueiras e colaboradores (2011), onde *C. bellicosus* foi encontrada apenas no maior fragmento, o qual foi o único a apresentar abundâncias consideráveis de *C. dardanus*. Além disso, Klein (1989) afirmou que os besouros maiores são mais afetados pela fragmentação, de forma que, de acordo com os resultados apresentados, a RPPN Chácara Edith conservaria uma amostra representativa da diversidade existente no local antes do processo de fragmentação.

As comunidades do PEST e da RPPN Chácara Edith são típicas comunidades de besouros Scarabaeinae neotropicais, apresentando diversidade intermediária quando comparadas com comunidades semelhantes, maior número de espécies generalistas, maior número de espécies tuneleiras e poucas espécies dominantes. As comunidades apresentaram uma tendência de redução da diversidade, riqueza e equitabilidade em estágios sucessionais iniciais quando comparados com estágios mais avançados, além de uma alta diversidade beta quando comparadas às comunidades entre áreas distantes.

Assim, esse trabalho contribui para o entendimento do papel de um mosaico de Unidades de Conservação de diferentes tamanhos e com diferentes estágios sucessionais para a conservação da diversidade regional, destacando a necessidade do planejamento da conservação no nível da paisagem, atentando para a estrutura do habitat (Barlow *et al.*, 2010) e para outros fatores, além dos discutidos neste trabalho, como a redução do isolamento e aumento da conectividade dos fragmentos através da inclusão da matriz no planejamento da conservação da biodiversidade (Numa *et al.*, 2009).



## 6. REFERÊNCIAS

- Almeida, S. da S. P. de A. e Louzada, J. N. C. 2009. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**, 38(1): 32-43.
- Andresen, E. 2002. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**, 27: 257-270.
- Andresen, E. 2008. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. **Journal of Insect Conservation**, 12: 639-650.
- Andresen, E. e Laurance, S. G. W. 2007. Possible indirect effects of mammal hunting on dung beetle assemblages in Panama. **Biotropica**, 39(1): 141-146.
- Arellano, L.; León-Cortés, J. L. e Halffter, G. 2008. Response of dung beetle assemblages to landscape structure in remnant natural and modified habitats in southern Mexico. **Insect Conservation and Diversity**, 1: 253-262.
- Barlow, J.; Louzada, J.; Parry, L.; Hernández, M. I. M.; Hawes, J.; Peres, C. A.; Vaz-de-Mello, F. Z. e Gardner, T. A. 2010. Improving the design and management of forest strips in human-dominated tropical landscapes: a field test on Amazonian dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, 47: 779-788.
- Brower, J. E.; Zar, J. H. e Von Ende, C. N. 1998. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**. 4<sup>th</sup> ed., Boston, WCB. McGraw-Hill.
- Brown, K. S. Jr 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, 1: 25-42.
- Cambefort, Y. e Hanski, I. 1991. Dung beetle population biology. In: **Dung Beetle Ecology**. Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds.). Princeton University Press, p. 36-50.
- Clarke, K. R. e Gorley, R. N. 2006. **Primer v6 β**. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Colwell, R. K. 2006. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Versão 7.5.2. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimate>>. Acesso: 13.8.2011
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente/Brasil. 1993. **Resolução nº 10, de 01 de outubro de 1993**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=135>
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente/Brasil. 1994. **Resolução nº 4, de 04 de maio de 1994**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=145>

- Dufrêne, M. e Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, 67(3): 345-366.
- Endres, A. A.; Creão-Duarte, A. J. e Hernández, M. I. M. 2007. Diversidade de Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordestino. **Revista Brasileira de Entomologia**, 51(1): 67-71.
- Estrada, A. e Coates-Estrada, R. 2002. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. **Biodiversity and Conservation**, 11: 1903-1918.
- Estrada, A.; Anzures, A. D. e Coates-Estrada, R. 1999. Tropical Rain Forest fragmentation, howler monkeys (*Alouatta palliata*), and dung beetles at Los Tuxtlas, Mexico. **American Journal of Primatology**, 48: 253-262.
- Estrada, A.; Coates-Estrada, R.; Dadda, A. A. e Cammarano, P. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, 14: 577-593.
- Filgueiras, B. K. C.; Iannuzzi, L. e Leal, I. R. 2011. Habitat fragmentation alters the structure of dung beetle communities in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, 144: 362-369.
- Filgueiras, B. K. C.; Liberal, C. N.; Aguiar, C. D. M., Hernández, M. I. M. e Iannuzzi, L. 2009. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(3): 422-427.
- Flechtmann, C. A. H. e Rodrigues, S. R. 1995. Insetos fimícolas associados a fezes bovinas em Jaraguá do Sul/SC - Besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 39(2): 303-309.
- GAPLAN. 1986. **Atlas de Santa Catarina**. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Rio de Janeiro, Brasil, 173pp.
- Gardner, T. A.; Barlow, J.; Araujo, I. S.; Ávila-Pires, T. C.; Bonaldo, A. B.; Costa, J. E.; Esposito, M. C.; Ferreira, L. V.; Hawes, J.; Hernandez, M. I. M.; Hoogmoed, M. S.; Leite, R. N.; Lo-Man-Hung, N. F.; Malcolm, J. R.; Martins, M. B.; Mestre, L. A. M.; Miranda-Santos, R.; Nunes-Gutjahr, A. L.; Overal, W. L.; Parry, L.; Peters, S. L.; Ribeiro-Junior, M. A.; da Silva, M. N. F.; Motta, C. S. e Peres, C. A. 2008a. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in Tropical Forests. **Ecology Letters**, 11: 139-150.
- Gardner, T. A.; Hernández, M. I. M.; Barlow, J. e Peres, C. A. 2008b. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, 45: 883-893.

- Gill, B. D. 1991. Dung beetles in Tropical American Forests. In: **Dung Beetle Ecology**. Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds.). Princeton University Press, p. 211-229.
- Halffter, G. 1977. Evolution of nidification in the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Quaestiones Entomologicae**, 13: 231-253.
- Halffter, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana**, 82: 195-238.
- Halffter, G. e Favila, M. E. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera): an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rain forest and modified landscapes. **Biology International**, 27: 15-21.
- Halffter, G. e Arellano, L. 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. **Biotropica**, 34(1): 144-154.
- Halffter, G. e Matthews, E. G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, 12/14: 1-312.
- Halffter, G.; Favila, M. e Halffter, V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems. **Folia Entomologica Mexicana**, 84: 131-156.
- Hanski, I. e Cambefort, Y. 1991. Resource partitioning. In: **Dung Beetle Ecology**. Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds.). Princeton University Press, p. 330-349.
- Hernández, M. I. M. 2002. The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. **Revista Brasileira de Entomologia**, 46: 597-600.
- Hernández, M. I. M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, 11(3): 356-364.
- Hernández, M. I. M. e Vaz-de-Mello, F. Z. 2009. Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(4): 607-613.
- Hernández, M. I. M.; Lopes, B. C.; Condé, P. A.; Corso, G. e Castellani, T. T. 2010. Diversidad de insectos: respuestas de escarabajos y mariposas frente a la complejidad vegetal. In: **I° Congreso Latinoamericano (IV Argentino) de Conservación de la Biodiversidad**, San Miguel de Tucumán, Argentina. Libro de Resúmenes, v.I.
- Janzen, D. H. 1983. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. **Oikos**, 41: 274-283.

- Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. **Ecology**, 70(6): 1715-1725.
- Krebs, C. J. & Kenney, A. J. 2000. **Programs for Ecological Methodology**. 2<sup>nd</sup> ed. British Columbia: University of British Columbia.
- Lee, J. S. H.; Lee, I. Q. W.; Lim, S. L.; Huijbregts, J. e Sodhi, N. S. 2009. Changes in dung beetle communities along a gradient of tropical forest disturbance in South-East Asia. **Journal of Tropical Ecology**, 25: 677-680.
- Lopes, J.; Korasaki, V.; Catelli, L. L. Marçal, V. V. M. e Nunes, M. P. B. P. 2011. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. **Zoologia**, 28(1): 72-79.
- Martínez, I. M. e Lumaret, J. 2003. Dimorfismo sexual en larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera). In: **Escarabeideos de Latinoamérica: Estado del conocimiento**. Onore, G., Reyes-Castillo, P. & Zunino, M. (comps.). m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 3. Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), Zaragoza. p. 15-18.
- McCune, B e Grace, J. B. 2002. Analysis of ecological communities. – MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- McGeoch, M. A.; Rensburg, B. J. V. e Botes, B. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Applied Ecology**, 39(4): 661-672.
- Medeiros, J. D. 2002. Mata Atlântica em Santa Catarina. In: **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Schäffer, W. B. e Prochnow, M. (Eds.). 1<sup>a</sup> ed. Brasília: APREMAVI, p. 103-109.
- Medri, I. M. e Lopes, J. 2001. Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e de área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 18(1): 135-141.
- Moczek, A. P. e Emlen, D. J. 2000. Male horn dimorphism in the scarab beetle, *Onthophagus taurus*: do alternative reproductive tactics favour alternative phenotypes? **Animal Behaviour**, 59: 459-466.
- Morón, M. A. 2004. **Escarabajos, 200 millones de años de evolución**. 2<sup>a</sup> edição. Instituto de Ecología, A. C., y Sociedade Entomológica Aragonesa (S.E.A.) Zaragoza, España. 204 pp.
- Nichols, E.; Gardner, T. A.; Peres, C. A.; Spector, S. e The Scarabaeinae Research Network. 2009. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. **Oikos**, 118: 481-487.
- Nichols, E.; Larsen, T.; Spector, S.; Davis, A. L.; Escobar, F.; Favila, M. e Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and

- fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, 137: 1-19.
- Nichols, E.; Spector, S.; Louzada, J.; Larsen, T.; Amezquita, S.; Favila, M. E. e The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, 141: 1461-1474.
- Numa, C.; Verdú, J. R.; Sánchez, A. e Galante, E. 2009. Effect of landscape structure on the spatial distribution of Mediterranean dung beetle diversity. **Diversity and Distributions**, 15: 489-501.
- Ramos, F. A. 2000. Nymphalid butterfly communities in an Amazonian forest fragment. **Journal of Research on the Lepidoptera**, 35: 29-41.
- Reitz, R. 1983. **Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 808p.
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J. e Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, 142: 1141-1153.
- Sakai, S. e Inoue, T. 1999. A new pollination system: dung-beetle pollination discovered in *Orchidantha inouei* (Lowiaceae, Zingiberales) in Sarawak, Malaysia. **American Journal of Botany**, 86(1): 56-61.
- ScarabNet. **Global Taxon Database**. Disponível em: <<http://216.73.243.70/scarabnet/results.htm>>. Acesso 11.8.11
- Scheffler, P. Y. 2005. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, 21: 9-29.
- Schiffler, G.; Vaz-de-Mello, F. Z. e Azevedo, C. O. 2003. Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) do Delta do Rio Doce e Vale do Suruaca no Município de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, 5(2): 189-204
- Silva, F. A. B.; Costa, C. M. Q.; Moura, R. C. e Farias, A. I. 2010. Study of the dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) community at two sites: Atlantic Forest and clear-cut, Pernambuco, Brazil. **Environmental Entomology**, 39(2): 359-367.
- Silva, F. A. B.; Hernández, M. I. M.; Ide, S. e Moura, R. de C. 2007. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 51(2): 228-233.
- StatSoft Inc. (2004) STATISTICA (data analysis software system), Versão 7. <[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)>

- Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, K.; Wichmann, M. C.; Schwager, M. e Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, 31: 79-92.
- Vaz-de-Mello, F. Z. 2000. Estado de Conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: **Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica**. Martín-Piera, F., Morrone, J. J. e Melic, A. (comp.). Zaragoza. Sociedad Entomológica Aragonesa, p. 181-195.
- Vaz-de-Mello, F. Z. 2007. Revision and phylogeny of the dung beetle genus *Zonocopriss* Arrow 1932 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), a phoretic of land snails. **Annales de la Société Entomologique de France**, 43(2): 231-239.
- Viljanen, H.; Wirta, H.; Montreuil, O.; Rahagalala, P.; Johnson, S. e Hanski, I. 2010. Structure of local communities of endemic dung beetles in Madagascar. **Journal of Tropical Ecology**, 26: 481-496.