

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**Besouros escarabeíneos em fragmentos de Floresta Atlântica do Centro de
Endemismo Pernambuco**

Aluno: Bruno Karol Cordeiro Filgueiras

Orientadora: Inara Roberta Leal

Co-orientadora: Luciana Iannuzzi

Recife – 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**Besouros escarabeíneos em fragmentos de Floresta Atlântica do Centro de
Endemismo Pernambuco**

Dissertação apresentada no Programa
de Pós-Graduação de Biologia Animal,
Universidade Federal de Pernambuco,
como exigência para a obtenção do
grau de mestre em Biologia Animal.

Aluno: Bruno Karol Cordeiro Filgueiras

Orientadora: Inara Roberta Leal

Co-orientadora: Luciana Iannuzzi

Recife – 2009

Filgueiras, Bruno Karol Cordeiro

Besouros escarabeíneos em fragmentos de Floresta Atlântica do Centro de Endemismo Pernambuco / Bruno Karol Cordeiro Filgueiras. – Recife: O Autor, 2009.

63 folhas: il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Departamento de Zoologia, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Besouros escarabeíneos 2. Fragmentos florestais I Título.

595.7

CDU (2.ed.)

UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

BANCA EXAMINADORA

Titulares:

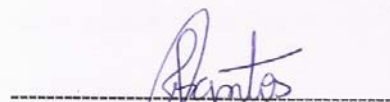


Dr(a). Inara Roberta Leal (UFPE)

Dr. Jean Paul Metzger (USP)



Dr. Alexandre Vasconcellos (UFRN)

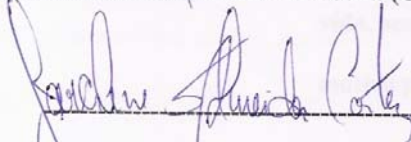


Dr. Jean Carlos Santos (UFPE)

Suplentes:



Dr. José Roberto Botelho de Souza (UFPE)



Dr(a). Jarcilene Silva de Almeida Cortez (UFPE)

Dedico:

**Aos moradores de Coimbra, que
mesmo diante das adversidades da
vida, sempre encontram algum
motivo para resplandecer alegria.**

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

À Inara Roberta Leal pelo apoio logístico desse projeto, além da orientação científica, confiança no meu trabalho e amizade.

À Luciana Iannuzzi pelo apoio logístico, além das arguições científicas e uma amizade de longa data.

A Fernando Vaz-de-Mello, pela identificação de parte dos besouros e discussões científicas valiosas.

A Dr. Marcelo Tabarelli, pela disponibilização dos dados referentes à paisagem Serra Grande.

À Usina Serra Grande, por disponibilizar acesso as áreas de estudo.

Ao Ibama por ter disponibilizado a licença para coleta do material biológico.

Ao Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco.

À minha companheira de campo, Juliana Pessoa Gomes.

Às minhas companheiras de laboratório.

Aos amigos de alojamento, principalmente, Zezinho, pelas suas valorosas contribuições em termos de fornecimento de isca.

Aos meus parceiros de campo (Adilson e Pierre).

A toda comunidade de Coimbra.

À minha família, que me apóia em todas minhas decisões.

Ao amor da minha vida, Eloína (meu bebê), que trouxe uma luz que só reflete alegria no meu coração.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa da Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. Os fragmentos analisados nesse estudo estão representados pelos pontos em negrito. Os espaços em branco representam as plantações de cana de açúcar.

FIGURA 2. Estrutura da comunidade dos besouros escarabeíneos nos fragmentos da Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. Os fragmentos foram subdivididos em classes de tamanho, sendo caracterizado para cada classe o percentual total de espécies dos besouros segundo o (a) hábito alimentar e o (b) comportamento de alocação de recurso.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Métricas dos fragmentos e da paisagem, além dos atributos funcionais das assembléias de árvores dos fragmentos de floresta Atlântica da paisagem Serra Grande, Alagoas, Brasil. Além do valor médio, estão representados os valores máximos e mínimos, bem como o desvio padrão.

TABELA 2. Espécies dos besouros escarabeíneos registrados nos 19 fragmentos da floresta Atlântica nordestina pertencentes à paisagem Serra Grande, Alagoas, Brasil.

TABELA 3. Resultados dos Modelos Lineares Generalizados (GLMs) demonstrando os efeitos dos atributos funcionais das assembléias de árvores e das métricas dos fragmentos sobre a riqueza e a abundância de besouros escarabeíneos nos fragmentos da paisagem Serra Grande, Alagoas, Brasil.

TABELA 4. Análise de espécies indicadoras (sensu Dufrêne e Legendre, 1997) dos besouros escarabeíneos característicos de pequenos fragmentos (Grupo 1) e característicos do fragmento Coimbra (Grupo 2) em Serra Grande, Alagoas, Brasil.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. APRESENTAÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
FRAGMENTAÇÃO DE HABITAT E SUAS IMPLICAÇÕES.....	11
CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO: DA DEGRADAÇÃO A PERSPECTIVAS DE CONSERVAÇÃO.....	13
BESOUROS ESCARABEÍNEOS: COLEOPTERA (SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE).....	15
3. REFERÊNCIAS	19
4. MANUSCRITO “EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITAT E DOS ATRIBUTOS FUNCIONAIS DAS ASSEMBLÉIAS DE ÁRVORES SOBRE COMUNIDADES DE BESOUROS ESCARABEÍNEOS EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ATLÂNTICA DO NORDESTE BRASILEIRO”	28
4.1 RESUMO.....	29
4.2 ABSTRACT.....	30
4.3 INTRODUÇÃO.....	31
4.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.5 RESULTADOS.....	37
4.6 DISCUSSÃO.....	39
4.7 REFERÊNCIAS.....	44
4.8 TABELAS E FIGURAS.....	51
ANEXO I (NORMAS DA REVISTA BIOLOGICAL CONSERVATION).....	58

1. APRESENTAÇÃO

As florestas tropicais úmidas detêm a maior parte da biodiversidade global, sendo a fragmentação de habitats a maior ameaça à conservação das suas espécies (TURNER, 1996, LAURANCE & BIERREGARD, 1997). A fragmentação de habitat envolve três processos distintos, porém inter-relacionados. Primeiro, a quantidade de habitat original na paisagem é reduzida. Segundo, fragmentos de variados tamanhos e com diferentes graus de isolamento são formados (FAHRIG, 2003; LAURANCE, 2008). Terceiro, a interação entre a floresta e a matriz não florestada resulta no efeito de borda (BIERREGAARD et al. 1992; MURCIA, 1995; FAHRIG, 2003). Em geral, paisagens fragmentadas não sustentam a mesma diversidade de espécies encontradas no habitat original (LOVEJOY et al., 1986; TABARELLI et al., 1999). As perturbações antrópicas que são impostas aos sistemas naturais levam à desestruturação do conjunto das condições ideais para muitos organismos (BROWN, 1991). Um modo de detectar e monitorar os padrões de mudança na biota é utilizar espécies, ou grupo de espécies, que funcionam como bioindicadoras de degradação ambiental. Vários grupos de insetos, como libélulas, borboletas, abelhas, formigas e besouros têm sido utilizados como bioindicadores (HALFFTER et al., 1992; AGOSTI et al., 2000; FREITAS et al., 2006). Os besouros escarabeíneos, por responderem a destruição, fragmentação e isolamento de florestas tropicais (HALFFTER et al., 1992; KLEIN, 1989), são considerados indicadores de biodiversidade nos trópicos (HALFFTER & FAVILLA, 1993).

Os besouros escarabeíneos são componentes conspícuos de muitos ecossistemas terrestres (HANSKI & CAMBEFOT, 1991), sendo abundantes e diversos nos trópicos (NICHOLS et al., 2007). Depois de localizar uma fonte de recurso, geralmente fezes ou carcaça, a maior parte dos besouros escarabeíneos remove rapidamente o recurso, enterrando-o sob a superfície do solo para a alimentação dos adultos, oviposição e

posterior alimentação das larvas (HALFFTER & EDMONDS, 1982). Esse comportamento tem importantes consequências ecológicas como aeração e fertilização do solo (HALFFTER & MATTHEWS, 1966), ciclagem de nutrientes (NEALIS, 1977) e dispersão secundária de sementes defecadas por vertebrados frugívoros (ANDRESEN, 2001). Fatores como o tipo de solo (NEALIS, 1977; JANZEN, 1983), variáveis microclimáticas (OSBERG et al., 1994), abundância de fontes de alimento (ESTRADA et al., 1999; ESCOBAR, 2000) e cobertura vegetal (DAVIS, 1994; HILL, 1996; ESCOBAR, 1997, 2000; HALFFTER & ARELLANO, 2002), influenciam as comunidades desses besouros. Nos trópicos, os besouros escarabeíneos são estenotípicos em relação à vegetação, já que associada com a cobertura vegetal está uma assembléia de fatores que promove oscilações na umidade e temperatura, incluindo a temperatura da superfície do solo, e direção de insolação (HALFFTER, 1991). Além disso, mudanças na cobertura vegetal podem alterar populações de vertebrados e, assim influenciar as comunidades de besouros escarabeíneos (HOWDEN & NEALIS, 1975; NEALIS, 1977; DOUBE, 1983).

Sendo assim, ações contundentes de conservação para as florestas tropicais, com medidas que perpetuem as assembléias de árvores e as comunidades de mamíferos, são urgentes e necessárias para viabilizar as comunidades de besouros escarabeíneos e garantir suas funções ecológicas nos ambientes florestais. Nesse contexto de interdependência dos besouros escarabeíneos com relação às estruturas de habitat, o presente estudo vem verificar se e como as métricas dos fragmentos e os atributos funcionais das assembléias de árvores afetam as comunidades de besouros escarabeíneos em fragmentos da floresta Atlântica nordestina.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FRAGMENTAÇÃO DE HABITAT E SUAS IMPLICAÇÕES

A fragmentação de uma paisagem pode ocorrer naturalmente ou ter origem em atividades antrópicas (LAURANCE, 2008; OLIFIERS & CERQUEIRA, 2006), sendo essas as principais ameaças atuais à biodiversidade global (LAURANCE & BIERREGAARD, 1997). A fragmentação reduz a diversidade de espécies de muitas taxa (EWERS & DIDHAM, 2006; KLEIN, 1989; LAURANCE et al., 2002; LOVEJOY et al., 1986; MARSH & PEARMAN, 1997; STOUFFER & BIERREGAARD, 2005) e altera processos ecológicos como a herbivoria (WIRTH et al., 2008), a polinização (KWAK et al., 1998; GHAZOUL, 2005) e a dispersão de sementes (ANDRESEN, 2003; GHAZOUL, 2005).

O processo de fragmentação de habitat leva a mudanças significativas na configuração da paisagem (AWADE & METZGER, 2008). O efeito mais imediato do processo de fragmentação é a subdivisão do habitat original. Subseqüentemente, pode ocorrer uma diminuição adicional do tamanho dos habitats e o aumento do isolamento entre os habitats remanescentes. Com a progressiva fragmentação da paisagem, um grande número de fragmentos de variados tamanhos e formas são criados (FAHRIG, 2003). Além disso, uma consequência inevitável da fragmentação é um drástico aumento de habitats de borda. Na medida em que os fragmentos se tornam menores e com forma mais irregular passam a ser crescentemente dominados por habitats de borda (SAUNDERS et al., 1991). A transição entre o fragmento florestal e o ecossistema adjacente é muito abrupta, criando uma borda que expõe a floresta às condições encontradas na matriz (YOUNG & MITCHEL, 1994). Como as paisagens são tidas como fragmentos de habitat e não-habitat (METZGER, 1999), os efeitos de borda vêm sendo conceituados como alterações nas condições ecológicas resultantes da interação entre habitat e não-habitat. Esse efeito refere-se a mudanças bióticas e abióticas

resultantes das disparidades abióticas relacionadas ao ecótono que se forma entre o fragmento e seu entorno (LOVEJOY et al., 1986; MURCIA, 1995).

Com a formação de bordas, tem-se um aumento da incidência de luz, temperatura e turbulência, e diminuição na umidade relativa (MURCIA, 1995; TURNER, 1996). Essas condições, por sua vez, levam à mortalidade de árvores tolerantes à sombra e ao aumento no recrutamento de espécies pioneiras (LAURENCE et al. 1998). Além disso, o aumento da relação perímetro/superfície causado pelo processo da fragmentação florestal incrementa a penetração de espécies exóticas encontradas nos habitats periféricos podendo representar uma ameaça às espécies locais (TURNER, 1996).

Assim como os efeitos da formação de borda, a matriz circundante também exerce influência sobre a dinâmica do fragmento (GASCON et al., 1999). Essa influência inclui a interação da paisagem num nível mais amplo de configuração do habitat (FAHRIG & MERRIAM, 1994). A persistência de determinadas espécies em áreas fragmentadas pode estar relacionada com a capacidade de dispersão através da matriz (LAURANCE & BIERREGAARD, 1997). A natureza da matriz pode modificar a probabilidade de ocorrência de dispersão entre os fragmentos e entre esses e outras fontes colonizadoras (FAHRIG & MERRIAM, 1994). A vegetação que circunda o fragmento, favorecendo essa conectividade, é de extrema importância para a sobrevivência de uma metapopulação em habitats fragmentados (METZGER & DECAMPS, 1997). Assim, fatores como a natureza do entorno e as alterações abióticas da paisagem decorrentes do processo de fragmentação influenciam e determinam a composição de espécies em paisagens fragmentadas (FAHRIG & MERRIAM, 1994).

Como a perda e a fragmentação de habitat alteram drasticamente a diversidade biológica (EWERS & DIDHAM, 2006; FAHRIG, 2003; LAURANCE, 2001), entender

como esses processos afetam a biota das florestas tropicais é de fundamental importância para a permanência dessas florestas (LAURANCE & BIERREGAARD, 1997; TABARELLI et al., 1999).

CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO: DA DEGRADAÇÃO A PERSPECTIVAS DE CONSERVAÇÃO

No vasto conjunto do território intertropical e subtropical brasileiro destaca-se o contínuo norte-sul das florestas Atlânticas, na categoria de segundo grande complexo de florestas tropicais biodiversas brasileiras, que outrora estendia-se ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul (AB'SÁBER, 2005; GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2003). Estimativas referem-se a 1,36 milhões de km² de floresta distribuídos ao longo de 28 graus de latitude (CONSERVATION INTERNATIONAL et al., 2000). A floresta Atlântica é uma das 25 prioridades para a conservação da diversidade biológica mundial, sendo um “hotspot” da biodiversidade (TABARELLI et al., 2005) que, segundo Myers et al. (2000), denotam regiões que possuem uma alta diversidade e taxa de endemismo de espécies, associado a uma alta incidência de perda de habitats.

Embora tenha sido em grande parte destruída, pois já perdeu 93% de sua área, a floresta Atlântica ainda abriga 8.567 espécies endêmicas entre 21.361 espécies de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (MYERS et al., 2000). Parte desse endemismo está restrita a um bloco de florestas úmidas e semidecíduas no extremo norte da costa Atlântica brasileira – o Centro de Endemismo Pernambuco (sensu PRANCE, 1982) ou floresta Atlântica nordestina (sensu SILVA & TABARELLI, 2000).

O Centro de Endemismo Pernambuco (CEP), localizado entre os paralelos 5°00' e 10°30' sul e meridianos 34°50' e 37°12' oeste, corresponde ao segmento sob o

Domínio da floresta Atlântica que se inicia ao norte do Rio Grande do Norte e se estende ao longo da costa brasileira até o sul do estado de Alagoas às margens do Rio São Francisco (SILVA & CASTELETTI, 2003). Biogeograficamente, esta região é a chave para a compreensão da evolução das biotas Amazônica e Atlântica, pois foi através do CEP que as trocas bióticas entre as duas grandes regiões de florestas sul-americanas ocorreram durante o Cenozóico (Prance, 1982). No CEP, podem ser observados cinco tipos de vegetação: floresta ombrófila aberta, floresta ombrófila densa, áreas de tensão ecológica, floresta estacional semidecidual e formações pioneiras, fisionomias que cobriam originalmente uma área equivalente a 56.400 km² (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996). Comparado com outros setores da floresta Atlântica, o CEP é o mais desmatado, o mais desconhecido e o menos protegido (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996; SILVA & TABARELLI 2001). De acordo com Ranta et al. (1998), grande parte do que restou desta floresta (entre 2-7%) é composta por arquipélagos de fragmentos florestais; a maioria deles menores que 10 ha e totalmente circundados por cana-de-açúcar. De acordo com Silva & Tabarelli (2000), aproximadamente 49% da flora de plantas lenhosas desta floresta pode se extinguir no nível regional, consequência da interrupção do processo de dispersão de seus diásporos. Tal interrupção está associada ao desaparecimento de vertebrados frugívoros, consequência direta da fragmentação, da perda de hábitat e da caça (SILVA & TABARELLI, 2000).

Mesmo com essa constante degradação, o CEP comporta 1.213 espécies vegetais entre árvores e arbustos, ou seja, 6% de todas as espécies de vegetais superiores encontradas na floresta Atlântica brasileira (TABARELLI & SANTOS, 2005). Apesar do número de unidades de conservação ter crescido significativamente nos últimos anos, o CEP é o setor da floresta Atlântica com menor número de unidades de conservação

(MACHADO et al., 1998, UCHÔA NETO, 2002). Além de serem poucas e pequenas, as unidades de conservação do CEP não estão devidamente implantadas (UCHÔA NETO, 2002). Para se evitar mais desmatamentos e perda massiva de espécies na Floresta Atlântica, o desafio consiste na integração dos diversos instrumentos regulatórios, políticas públicas e novas oportunidades e mecanismos de incentivo para a proteção e restauração florestal, em uma única e abrangente estratégia para o estabelecimento de redes de paisagens sustentáveis ao longo da região (TABARELLI et al., 2005). Além da criação de unidades de conservação, a implementação de corredores de biodiversidade pode facilitar a viabilização dessa rede de paisagens sustentáveis (SANTOS et al., 2008). A conectividade de fragmentos em uma paisagem fragmentada através da implementação de corredores de fauna e flora pode favorecer a diversidade biológica local reduzindo massivamente a taxa de extinção de espécies. Os corredores conectam populações de fragmentos separados, permitindo o aumento da população viável e o aumento do fluxo gênico (FONSECA et al., 2004). Soulé & Terborgh (1999) defendem não só fragmentos conectados, mas também paisagens conectadas dentro de diferentes regiões. Essa conectividade de paisagens pode ser um processo chave para a manutenção de populações em paisagens fragmentadas (FAHRIG, 2003; EWERS & DIDHAM, 2006)

BESOUROS ESCARABEÍNEOS: COLEOPTERA (SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE)

Os coleópteros pertencentes à família Scarabaeidae são vulgarmente chamados de “rola-bosta” e são considerados cosmopolitas, sendo em geral encontrados em locais com precipitação e temperatura mínima anual de 250 mm e 15°C, respectivamente (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). Para Cambefort e Hanski (1991) a família Scarabaeidae, pertencente a superfamília Scarabaeoidea, pode ser dividida taxonomicamente em duas subfamílias: Coprinae e Scarabaeinae. Já Halffter e Edmonds

(1982) tratam os indivíduos desse grupo como sendo um táxon monofilético pertencente a subfamília Scarabaeinae, sendo essa a classificação utilizada no presente trabalho.

Os besouros escarabeíneos realizam funções ecológicas importantes para o meio em que vivem. A ciclagem eficiente e rápida de nutrientes com o processamento da matéria orgânica com sua disponibilização para o meio (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; BORNEMISSA & WILLIAMS, 1970; NEALIS, 1977); a dispersão secundária de sementes de muitas espécies de árvores nas florestas neotropicais, sendo importantes no processo natural de regeneração da floresta (ESTRADA & COATES-ESTRADA, 1991) e o controle de possíveis vetores de parasitos e enfermidades (CAMBEFORT & HANSKI, 1991; ESTRADA & COATES-ESTRADA, 1991), demonstram a notoriedade que esses besouros apresentam para o ambiente.

A oferta de alimento, bem como as características ecológicas do ambiente (tipo de bioma, composição de solo, insolação) determina a distribuição dos besouros escarabeíneos. Em relação ao hábito alimentar, pode-se dividir as espécies dessa subfamília nas seguintes dietas: (a) saprófagas, que se alimentam de frutos, matéria vegetal e fungos em decomposição; (b) necrófagas, que se utilizam de cadáveres frescos ou em decomposição; (c) coprófagas, que se alimentam de fezes; (d) generalistas, que usam combinações alimentares, podendo ser: copro-necrófagas, copro-saprófagas, copro-neco-saprófagas, (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; HALFFTER et al., 1992). Entretanto, grupos primitivos desses besouros não possuíam tanta variedade em relação a seus hábitos alimentares. Esses grupos utilizavam raízes vivas, vegetais mortos e fungos em decomposição como recursos alimentar. Desse último grupo de saprófagos é que derivam os Scarabaeidae coprófagos: Aphodinae, Geotrupinae e Scarabaeinae. Os besouros escarabeíneos saprófagos e necrófagos atuais derivam de uma linhagem ancestral de coprófagos (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). A

presença de excrementos em abundância, resultado do aparecimento dos grandes vertebrados terrestres no Mesozóico, forneceu subsídios para a coprofagia. O excremento estava ao alcance dos besouros, sendo troficamente aceitável devido a sua similaridade com a matéria vegetal em decomposição, porém, estava exposto às intempéries ambientais. Dessa forma, para resolver esse problema, o excremento poderia ser comido *in situ* pela larva, ou os besouros poderiam também transportar esse recurso enterrando-o no solo ou conduzindo-o até uma sombra para que não viesse a ressecar (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). A maioria das espécies de besouros escarabeíneos (tanto no estágio larval como no adulto) utiliza excrementos, principalmente de grandes mamíferos, como recurso alimentar. Esses excrementos contêm resíduos que não foram digeridos, produtos de secreção e excreção, bactérias, leveduras, entre outros. Dentre os excrementos, as fezes humanas e as de bovídeos são as mais utilizadas pelos escarabeíneos na sua alimentação. Nas grandes savanas africanas, por exemplo, devido ao grande número de mamíferos herbívoros, a abundância de besouros coprófagos é expressiva (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). Nesses locais, onde há elevado número de grandes mamíferos, podem ocorrer espécies de escarabeíneos tidas como estenofágicas, ou seja, que são atraídas somente por fezes de uma espécie de mamífero em particular (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). Nas florestas tropicais, a falta de uma fauna numerosa de mamíferos herbívoros fez com que os besouros sofressem uma evolução paralela, tendo como resultado dessa pressão seletiva novas especializações tróficas, como é o caso da saprofagia secundária e da necrofagia (HALFFTER & MATTHEWS, 1966).

A alimentação e a reprodução, uma vez que os Scarabaeinae utilizam o recurso que se alimentam também para nidificar, estão relacionadas com o transporte de uma parte do recurso alimentar para um local distante da fonte original, o que evita a pressão

de competição com outros grupos de detritívoros, como dípteros e mamíferos (CAMBEFORT & HANSKI, 1991), além de proteger a comida contra condições adversas do meio, como excessivo calor e seca (SCHEFFLER, 2002). Dessa forma, desenvolveram-se estratégias de alocação de recurso relacionadas a características morfológicas, comportamentais e necessidades ecológicas próprias. Os Scarabaeinae são divididos de acordo com a forma de alocação de recurso em três guildas: os rolares (telecoprídeos), os escavadores (paracoprídeos) e os residentes (endocoprídeos). As espécies roladoras apresentam tíbias posteriores com um formato curvo e alongado, o que facilita a rolagem do recurso, podendo esse ser deslocado do local de origem de 5 a 18 metros (HANSKI & CAMBEFORT, 1991). Na América do Sul, as espécies roladoras pertencem às tribos Canthonini, Eucranini e Sisyphini (LOUZADA, 1995). Os escavadores apresentam tíbias anteriores bem desenvolvidas, o que facilita a escavação, sendo o túnel construído antes do alimento ser levado para baixo (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). As espécies escavadoras da América do Sul pertencem às tribos Dichotomiini, Phanaeini e Onthophagini (LOUZADA, 1995). Os residentes, por sua vez, permanecem na localização do recurso, não o relocando dentro do habitat, tendo um desenvolvimento exagerado das pernas médias. É representativa dessa guilda na América do Sul a tribo Euristernini (LOUZADA, 1995).

Fatores referentes ao ambiente, como a cobertura vegetal, também estão relacionados com a distribuição de Scarabaeinae. Nos trópicos, os escarabeíneos são estenotípicos em relação à vegetação, já que, associada com a cobertura vegetal, está uma assembléia de fatores que promove oscilações na umidade e temperatura, incluindo a temperatura da superfície do solo, e direção de insolação (HALFFTER, 1991). Dessa forma, há espécies exclusivas de ambientes abertos e espécies que nunca se afastam de coberturas vegetais (HOWDEN & NEALIS, 1975; NEALIS, 1977). Além

dessas especificidades de ambiente e condições físicas do meio, o fato de responderem à destruição, fragmentação e isolamento de florestas tropicais (HALFFTER et al., 1992; KLEIN, 1989), processos que representam uma barreira para o movimento e dispersão de espécies (KLEIN, 1989), Halffter e Favilla (1993) consideram os escarabeíneos como bons indicadores de biodiversidade nos trópicos. Na maioria dos estudos relacionando a fragmentação de habitat aos besouros escarabeíneos, a riqueza e a abundância desses besouros variaram drasticamente em fragmentos pequenos e isolados, embora, nesse caso, a resposta dos besouros dependa da natureza da matriz (NICHOLS et al., 2007).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. *Os domínios de natureza no Brasil*. Potencialidades paisagísticas, São Paulo: Ateliê editorial, 2005. 45 p.
- AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution Press, 2000.
- ANDRESEN, E. Effect of Forest fragmentation on dung Beetles communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, v. 26, p. 87-97, 2003.
- AWADE, M.; METZGER, J.P. Importance of functional connectivity to evaluate the effects of habitat fragmentation for three Atlantic Rainforest birds. *Austral Ecology*, v. 33, p. 863- 371, 2008.
- BORNEMISSA, G. F.; WILLIAMS, C. H. An effecte of dung beetle activity and plant yield. *Pedobiologia*, v.10, p.1-7, 1970.
- BROWN Jr., K.S. *Conservation of neotropical environments: Insects as Indicators*. In COLLINS, N.M. & THOMAS, J.A. (Eds.). The conservation of insects and their habitats. London, Academic Press, 1991. 349-404 p.

CAMBEFORT, Y.; HANSKY, I. *Dung beetle ecology*. Princeton, Princeton University Press, 1991. 5-22 p.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS-MG. *Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente, Brasília CORREA, F. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: roteiro para o entendimento dos seus objetivos e seu sistema de gestão. Série Cadernos da Reserva Biosfera (2). Conselho Nacional do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas e Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000.

DAVIS, A. L. V. Habitat fragmentation in southern Africa and distributional response patterns in five specialist or generalist dung beetle families (Coleoptera). *African Journal of Ecology*, v. 32, p. 192–207, 1994.

DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E.; DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 11, p. 255-260, 1996.

DOUBE, B. M. The habitat preference of some bovine dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. *Bulletin of Entomological Research*, v. 73, p. 357–371, 1983.

ESCOBAR, F. S. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, v. 19, p. 419–430, 1997.

- ESCOBAR, F. S. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em un mosaico de habitats en al Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zoologica Mexicana*, v. 79, p. 103–121, 2000.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Howler monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, v. 7, p. 459-474, 1991.
- ESTRADA, A.; HALFFTER, G.; COATES-ESTRADA, R.; JUNIOR, D. A. M. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, México. *Journal of Tropical Ecology*, v. 9, p. 45-54, 1993.
- EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews*, v. 81, p. 117–142, 2006.
- FAHRIG, L.; MERRIAM, G. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology*, v. 8, p. 50-59, 1994.
- FONSECA, G. A. B.; ALGER, K.; PINTO, L. P.; ARAÚJO, M.; CAVALCANTI, R. *Corredores de biodiversidade: o corredor central da Mata Atlântica*. In: ARRUDA M. B.; NOGUEIRA, L. F. S. Corredores ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. IBAMA, Brasília, 2004.
- FREITAS, A.V.L.; LEAL, I.R.; UEHARA-PRADO, M. & IANNUZZI, L. *Insetos como indicadores de conservação da paisagem*. In: ROCHA, C.F.; BERGALO, H.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A. (orgs.). *Biologia da Conservação*. Rio de Janeiro, Editora da UERJ, 2006. 201-225 p.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview, in GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Eds.). *The Atlantic Forest of South*

- America: biodiversity status, threats, and outlook*. Washington, D.C. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, 2003. 3-11 p.
- GASCON, C., LOVEJOY, T. E., BIERREGAARD, R. O., MALCOLM, J. R., STOUFFER, P. C., VASCONCELOS, H. L., LAURANCE, W. F., ZIMMERMAN, B., TOCHER, M.; BORGES, S. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, v. 91, p. 223–229, 1999.
- GASCON, C., WILLIAMSON, B.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. *Science*, v. 288, p. 1356-1358, 2000.
- GHAZOUL, J. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews*, v. 80, p. 413- 443, 2005.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana*, v. 12, p. 1-312, 1966.
- HALFFTER, G.; EDMOUNDS, W. D. *The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological an evolutive approach*. México, Instituto de Ecología A. C., 1982.
- HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomologica Mexicana*, v. 82, p. 195–238, 1991.
- HALFFTER, G.; FAVILA, M. E.; HALFFTER, V. Comparative studies on the structure of scarab guild in Tropical rain forest. *Folia Entomologica Mexicana*, v. 84, p. 131-156, 1992.
- HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an Animal Group for Analysing, Inventorying and Monitoring Biodiversity in Tropical Rainforest and Modified Landscapes. *Biology International*, v. 27, p. 15-21, 1993.

- HANSKY, I.; CAMBEFORT, Y. (Eds). *Dung Beetle Ecology*. Princeton, Princeton University Press, 1991. 5-22 p.
- HILL, C. J. Habit specificity and food preferences of an assemblage of tropical Australian dung beetles. *Journal of Tropical Ecology*, v. 12, p. 449–460, 1996.
- HOWDEN, H.F.; NEALIS, V.G. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). *Biotropica*, v. 7, p. 77-83, 1975.
- JANZEN, D. H. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. *Oikos*, v. 41, p. 274–283, 1983.
- KLEIN, B. C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetles community in central Amazonia. *Ecology*, v. 6, p. 1715-1725, 1989.
- KWAK, M.M., VELTEROP, O.; VAN ANDEL, J. Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Applied Vegetation Science*, v. 1, p. 432–440, 1998.
- LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. Jr. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 1997.
- LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DE MÉRONA, J.; LAURANCE, S.G.; HUTCHINGS, R.G.; LOVEJOY, T.E. Effects of Forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology*, v. 12, p. 460–464, 1998.
- LAURANCE, W. F. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: BIERREGAARD, R.O. Jr.; GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; MESQUITA, R.C.G. (Eds.), *Lessons from Amazonia: The*

- Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Yale University Press, New Haven, 2001. 158–168 p.
- LAURANCE, W.F. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, v. 141, p. 1731-1744, 2008.
- LOUZADA, J. N. C. *A comunidade de Scarabaeidae s. str. (Insecta, Coleoptera) em fragmentos de Floresta Atlântica*. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- LOVEJOY, T. E.; BIERREGARD, R. O. Jr.; RYLANDS, A.; MALCOLM, G.; QUINTELA, E. C.; HARPER, L. H.; BROWN, K. Jr.; POWELL, A. G.; POWELL, G. V. N.; SCHUBART, H. O.; HAYS, B. *Edge and other effects of isolation on Amazon fragments*, 1986. 257-285 p. In: M. E. SOULÉ (eds). *Conservation biology, the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates Inc., Massachusetts.
- MACHADO, I.C.; LOPES, A.V.; PÔRTO, C.K. *Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco - Brasil)*. SECTMA, ed. Universitária – UFPE, 1998.
- MARSH, D.M.; PEARMAN, P.B. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology*, v. 11, p. 1323–1328, 1997.
- METZGER, J. P.; DÉCAMPS, H. The structure connectivity threshold: on hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Ecologica* v. 18, p. 1-12, 1997.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* v. 71, p. 445-463, 1999.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests; application for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 10, p. 58-62, 1995.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-855, 2000.
- NEALIS, V. G. Habitat association and community analysis of south Texas dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Canadian journal of zoology*, v. 55, p. 138-147, 1977.
- OLIFIERS, N.; CERQUEIRA, R. *Fragmentação de habitat: efeitos históricos e ecológicos*. 2006, 261-279 p. In ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S (orgs.). *Biologia da Conservação – Essências*, Rima editora, São Paulo, 2006.
- OSBERG, D.C.; DOUBE, B.M.; HANRAHAN, S. Habitat specificity in African dung beetles: the effect of soil type on the survival of dung beetle immatures (Coleoptera Scarabaeidae). *Tropical Zoology*, v. 7, p. 1–10, 1994.
- PARDINI, R.; SOUZA, S. M.; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J. P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, v. 124, p.253-266, 2005.
- PRANCE, G. T. in *Biological Diversification in the Tropics*. Ed. PRANCE, G. T., Columbia Univ. Press, New York, p. 137-158, 1982.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, v. 5, p. 18-32, 1991.
- SCHEFFLER, P. Y. *Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) ecology in the intact and modified landscape of Eastern Amazonian*. Tesis (Doutored in Ecology), The Pennsylvania State University, Pennsylvania, 2002.

- SOULE, M. E.; TERBORGH, J. in *Continental Conservation: Scientific Foundations of Regional Reserve Network*. Eds. SOULE, M. E.; TERBORGH, J. 1±17, Island, Washington DC, 1999.
- STOUFFER, P.C.; BIERREGAARD, R. O. J. Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology*, v. 76, p. 2429–2445, 1995.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Brazilian Atlantic Forest. *Conservation Biology*, v. 19, p. 695-700, 2005.
- TURNER, I. M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, v. 33, p. 200-209, 1996
- UCHÔA NETO, C.A.M. *Integridade, grau de implementação e viabilidade das unidades de conservação de proteção integral na floresta Atlântica de Pernambuco*. Dissertação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.
- VASCONCELOS, H. L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, p. 409-420, 1999.
- WEGE, D.C.; LONG, A. *Key areas for threatened birds in the tropics*. Cambridge BirdLifeInternational, 1995.
- WIRTH, R.; MEYER, S.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Plant-herbivore interactions at the forest edge. *Progress in Botany*, v. 68, p. 423-448, 2008.
- YOUNG, A.; MITCHEL, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp broadleaf in New Zealand. *Biological Conservation*, v. 67, p. 63-72, 1994.

Manuscrito a ser enviado para o periódico Biological Conservation

Efeitos da fragmentação de habitat e dos atributos funcionais das assembléias de árvores sobre comunidades de besouros escarabeíneos em fragmentos de Floresta Atlântica do Nordeste brasileiro

Bruno K. C. Filgueiras¹, Luciana Iannuzzi² & Inara R. Leal^{3, 4}

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s/ no., Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE

²Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s/ no., Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s/ no., Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE

⁴Autor para correspondência: irleal@ufpe.br

Resumo

A fragmentação de habitat altera a dinâmica das assembléias de árvores, podendo modificar as comunidades de besouros escarabeíneos. O objetivo deste estudo é verificar se as métricas dos fragmentos e os atributos funcionais das assembléias de árvores afetam as comunidades de besouros escarabeíneos pertencentes a uma paisagem da floresta Atlântica do Nordeste brasileiro. As coletas dos besouros escarabeíneos foram realizadas em 19 fragmentos entre setembro de 2007 e março de 2008 com a utilização de armadilhas de queda e de interceptação voo. Um total de 5.907 escarabeíneos pertencentes a 29 espécies foram coletados. A espécie *Dichotomius sericeus* foi a mais abundante, com 67,1 % dos besouros registrados. Entre as métricas dos fragmentos, tanto o tamanho como o isolamento entre os fragmentos exerceram efeito sobre a riqueza dos besouros escarabeíneos. Em relação aos atributos de assembléias de árvores, a porcentagem de árvores tolerantes a sombra e a riqueza de árvores influenciaram a riqueza dos besouros. Entretanto, a abundância desses besouros foi apenas influenciada pela porcentagem de árvores tolerantes a sombra. Nós sugerimos a conservação dos fragmentos através da minimização de ações antrópicas drásticas, bem como medidas de manejo que sirvam para otimizar as perspectivas futuras das assembléias de árvores e das comunidades de besouros escarabeíneos.

Palavras-chave: Fragmentação florestal, isolamento, riqueza de árvores, árvores tolerantes a sombra, riqueza de besouros

Abstract

Habitat fragmentation alters the dynamics of tropical tree assemblages, being able to modify the dung beetles communities. The objective of this research was to determine how the fragments metrics and functional attributes of trees assemblages influence the dung beetles communities in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. The collecting of dung beetles was performed from September 2007 to March 2008 using pitfall traps and fly interception traps. A total of 5907 individual dung beetles from 29 species were captured during this study. The specie *Dichotomius sericeus* was the most abundant, with 67.1 % of total individuals. Among the metrics of the fragments, the size and the isolation of the fragments had effect on the richness of beetles. For attributes of assemblages of trees, the percentage of shade-tolerant trees and wealth of trees influenced the richness of dung beetles. However, the abundance of dung beetles was only influenced by the percentage of shade-tolerant trees. We suggest the conservation of the fragments through the minimization of human impact and efficient guidelines which serve to optimize the future perspectives of trees assemblages and the dung beetles communities.

Key-words: Forest fragmentation, isolation, richness of trees, shade-tolerant trees, species richness

Introdução

A perda e a fragmentação de habitat são processos onipresentes nas florestas tropicais que causam impactos deletérios à biodiversidade (Laurance et al., 2002; Ewers e Didham, 2006). Nas florestas tropicais, o intenso desflorestamento tem resultado na fragmentação, e assim promovido a perda de espécies das comunidades naturais (Laurance e Bierregard, 1997; Feer e Hingrat, 2005). A fragmentação de habitat aumenta a mortalidade e a extinção local e regional de árvores (Laurance, 2001; Tabarelli et al., 2004, 2008). Além de alterar a dinâmica das comunidades de árvores (Laurance, 2001), a fragmentação tem provocado mudanças nas comunidades de besouros escarabeíneos (Klein, 1989; Estrada et al., 1999; Feer e Hingrat, 2005) alterando importantes funções ecológicas como a ciclagem de nutrientes (Halffter e Matthews, 1966) e a dispersão secundária de sementes (Estrada e Coates-Estrada, 1991; Chapmam et al., 2003).

Os besouros escarabeíneos possuem distribuição global, sendo abundantes e diversos nos trópicos (Nichols et al., 2007), onde sua distribuição local é influenciada pela abundância de fontes de alimento (Estrada et al., 1999), tipo de solo (Janzen, 1983) e variáveis microclimáticas (Lumaret et al., 1992) e cobertura vegetal (Hill, 1996; Halffter e Arellano, 2002; Andresen, 2005). Esses besouros apresentam relativa estabilidade taxonômica (Philips, 2004) e possuem alta fidelidade a biótipos específicos (Davis et al., 2001). Todas essas características habilitaram os besouros escarabeíneos como indicadores de distúrbios ambientais naturais ou antropogênicos nas florestas tropicais (Halffter e Favilla, 1993; Davis et al., 2001).

Os efeitos da fragmentação de habitat e suas implicações sobre as comunidades de besouros escarabeíneos foram retratados em florestas tropicais (Howden e Nealis, 1975; Klein, 1989; Estrada et al., 1999; Davis, 2000; Halffter e

Arellano, 2002; Feer e Hingrat, 2005). Um estudo de revisão de Nichols et al. (2007) mostrou a relação dos besouros escarabeíneos que habitam florestas tropicais com a área e o isolamento entre os fragmentos. Além dos efeitos diretos da perda e da fragmentação de habitat, alterações microclimáticas resultantes do efeito de borda podem influenciar as comunidades desses besouros (Howden e Nealis, 1975; Spector e Ayzama, 2003).

Alguns estudos também verificaram a influência da vegetação de determinada área sobre as comunidades de besouros escarabeíneos (Hill, 1996; Estrada et al., 1998; Davis et al., 2000, 2001; Chapman et al., 2003; Scheffler, 2005; Gardner et al., 2008; Vieira et al., 2008). Entretanto, a maior parte dos estudos envolvendo tipos vegetacionais com as comunidades desses besouros enfoca a comparação entre ambientes florestais e paisagens modificadas pelo homem. A substituição de árvores de florestas por tipos diferentes de vegetação, como nos casos de desflorestamento e do estabelecimento de plantações, podem influenciar os besouros escarabeíneos (Davis et al., 2000). Por outro lado, pouco se sabe sobre a influência da estrutura vegetal sobre as comunidades de besouros escarabeíneos florestais (Halfpter e Arellano, 2002; Andresen, 2005).

A floresta Atlântica possui uma alta riqueza de espécies e uma das maiores taxas de endemismo do planeta (Silva e Casteleti, 2003; Ribeiro et al., 2009). Contudo, a configuração espacial dos fragmentos da floresta Atlântica mostra que mais de 80% desses fragmentos possuem área <50 ha (Ribeiro et al., 2009). As assembléias de árvores da floresta Atlântica nordestina estão sendo drasticamente erodidas devido a perda e a fragmentação de habitat. (Santos et al., 2008; Lopes et al., 2009). Como os besouros escarabeíneos florestais dependem da cobertura vegetal (Halfpter e Arellano, 2002), as mudanças nas assembléias de árvores da floresta Atlântica

nordestina podem estar alterando as comunidades desses besouros.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é verificar se a fragmentação de habitat e os diferentes atributos funcionais das assembléias de árvores afetam as comunidades de besouros escarabeíneos em remanescentes de floresta Atlântica do Nordeste brasileiro. Verificaremos, mais especificamente, se a riqueza e a abundância de besouros escarabeíneos são influenciadas pela (1) área total do fragmento, (2) isolamento entre os fragmentos, (3) riqueza e densidade de árvores, (4) porcentagem de árvores tolerantes à sombra e pela (5) porcentagem de árvores emergentes.

Métodos

Área de estudo

Esse estudo foi realizado na Usina Serra Grande, uma companhia privada de açúcar, localizada no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil (8°30'S, 35°50'W) (Fig. 1). A usina possui aproximadamente 9.000 ha de florestas presentes em uma paisagem severamente fragmentada, com um total de 109 remanescentes florestais que variam de 1,67 a 3.500 ha, todos inteiramente circundados por uma matriz de cana-de-açúcar uniforme e estável (Silva e Tabarelli, 2000; Santos et al., 2008).

A paisagem de Serra Grande está disposta em um platô de baixa altitude (300-400 acima do nível do mar), existindo solos do tipo podzólico e latossolo, ambos com alto teor de argila (IBGE, 1985). A precipitação anual é de 2.000 mm, sendo que a estação seca (<60 mm/mês) ocorre de novembro a janeiro. A vegetação pode ser classificada como floresta ombrófila aberta baixo-montana, caracterizada por árvores emergentes com até 35m de altura (Leguminosae, Lecythidaceae, Sapotaceae, Bombacaceae) e dossel aberto (25-30m) com presença de muitas palmeiras (Velooso et al., 1991). Está contido na paisagem Serra Grande o fragmento Coimbra (3.500 ha), que

além de ser o maior, é o mais conservado fragmento da Floresta Atlântica nordestina (Oliveira et al., 2004). Todas essas características fazem dessa paisagem um cenário ideal para a compreensão de processos de fragmentação na floresta Atlântica (Santos et al., 2008).

Métricas dos fragmentos e da paisagem

Nesse estudo nós utilizamos os 19 fragmentos anteriormente analisados pelo departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) para o inventariamento florístico da paisagem Serra Grande. Para cada um desses fragmentos nós mensuramos duas métricas: área e isolamento (Tabela 1). Para estimar o nível de isolamento de determinado fragmento em relação aos demais nós empregamos o Índice de Proximidade (IP) de Gustafson e Parker (1992). Esse índice é calculado usando a área (A) de cada mancha e a distância do vizinho mais próximo (n) cujas bordas das manchas vizinhas (k) estejam dentro do raio de varredura especificado “buffer”: $IP = \sum (A_k/n_k)$. O Índice de Proximidade distingue as distribuições de manchas isoladas das manchas agrupadas (Gustafson e Parker, 1992). Para a realização do índice de Proximidade nós utilizamos um “buffer” (raio de varredura) de 1 km. Essa distância foi o maior deslocamento (para o período de 48h) de besouros escarabeíneos retratado na literatura (Forsyth e Peck, 1982). As métricas dos fragmentos foram obtidos de mapas digitais (1:8000) provenientes de 160 fotografias fornecidas pelo Dr. Marcelo Tabarelli e pela Conservação Internacional Brasil. Essas métricas foram calculadas na extensão do ArcView 3.2 denominada Proximity Analysis.

Caracterização das assembléias de árvores

As informações referentes às assembléias de árvores dos fragmentos de Serra Grande foram disponibilizadas pelo Dr. Marcelo Tabarelli (UFPE). Esses dados foram obtidos entre 2002 e 2006 através de parcelas permanentes de 0,1 ha (10 m x 100 m) estabelecidas na área nuclear de fragmentos da paisagem de Serra Grande, com o intuito de caracterizar as assembléias de árvores da região. Foram incluídas na amostragem as árvores com diâmetro na altura do peito (DAP) >10 cm, as quais foram classificadas quanto à estratégia de regeneração (árvores tolerantes à sombra) e estratificação vertical (árvores emergentes) (Tabela 1). Nós utilizamos as árvores emergentes e as tolerantes à sombra, pois essas estão sendo drasticamente erodidas pela fragmentação de habitat na floresta Atlântica nordestina (Santos et al., 2008). Mais detalhes sobre essa categorização das assembléias de árvores são apresentados em Oliveira et al. (2004). Além dos atributos das assembléias de árvores, nós também utilizamos os dados da densidade (por hectare) e da riqueza de espécies de árvores. Dos atributos vegetacionais utilizados no nosso estudo, apenas a densidade de árvores foi relacionada com os besouros escarabeíneos, no caso por Halffter e Arellano (2002)

Comunidades dos besouros escarabeíneos

As coletas dos besouros da subfamília Scarabaeinae foram realizadas de setembro de 2007 a março de 2008 em 19 fragmentos de floresta Atlântica. As coletas foram realizadas a partir das parcelas permanentes anteriormente utilizadas no levantamento dos dados vegetacionais. Em um transecto de 200 m na área central das parcelas foram montados 10 conjuntos de armadilhas de queda separados por 20 m um do outro. Cada conjunto era formado por quatro armadilhas dispostas em um quadrado, distantes 10 m umas das outras, sendo três armadilhas iscadas – i.e., fezes humanas (~30

g), banana fermentada (~30 g), baço bovino em decomposição (~30 g) – e uma não iscada utilizada como controle. As armadilhas eram constituídas por recipientes plásticos (15 cm de diâmetro por 13 cm de altura) contendo um recipiente porta isca (3 cm de diâmetro por 4,8 cm de altura), no caso das iscas serem fezes humanas ou banana fermentada. Para a utilização de baço bovino em decomposição foi usado um suporte de ferro em formato de “U” invertido, contendo uma proteção para a isca. Além das armadilhas de queda, uma armadilha de interceptação de vôo (2 m de largura por 1,5 m de altura) foi empregada no núcleo de cada fragmento, ficando disposta em áreas mais abertas da floresta para a viabilidade da armadilha. Abaixo da armadilha foram colocadas bandejas contendo solução de água com detergente para acondicionamento dos insetos que caíssem após o contato com a IV. O uso de armadilhas de interceptação de vôo é necessário para uma amostragem mais completa das comunidades de besouros escarabeíneos nos habitats de estudo (Hill, 1996). Tanto as armadilhas de interceptação (no caso, dos recipientes que ficaram abaixo da armadilha) quanto às armadilhas de queda continham solução de água com detergente para quebrar a tensão superficial da água.

Após 48 horas de instalação das armadilhas os besouros escarabeíneos eram coletados e levados para a base de estudo em Serra Grande onde eram triados. Durante as triagens os besouros eram montados e colocados na estufa. Posteriormente os besouros escarabeíneos foram levados para o laboratório de Taxonomia e Ecologia de Insetos (UFPE), para estocagem e identificação. Os besouros escarabeíneos foram identificados em espécie por Fernando Vaz-de-Mello, do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso.

Análise de dados

Modelos Lineares Generalizados (GLMs sensu McCullagh e Nelder, 1999) foram utilizados para detectar efeitos das variáveis explicativas (métricas dos fragmentos e atributos funcionais das assembléias de árvores) sobre as variáveis respostas (abundância e riqueza dos besouros escarabeíneos). Visando a construção de um modelo mais parcimonioso, os modelos foram construídos no modo “stepwise backward”. Todas as variáveis explicativas referentes aos atributos de assembléias de árvores apresentaram distribuição normal (teste Lilliefors, Sokal e Rohlf, 1995). Entretanto, visando aumentar a normalidade dos dados e estabilizar a variância, algumas variáveis explicativas referentes às métricas dos fragmentos foram transformadas.

Nós utilizamos a análise de espécies indicadoras (sensu Dufrêne e Legendre, 1997) para verificar a fidelidade e a especificidade dos besouros escarabeíneos por dois grupos de habitats: um referente aos fragmentos pequenos, e outro grupo referente ao maior fragmento da paisagem (i.e., Coimbra). Esse índice foi utilizado com êxito por McGeoch et al. (2002) para besouros escarabeíneos da savana africana. Além disso, as espécies de besouros escarabeíneos com número de indivíduos coletados >20 foram subdivididas em termos de hábito alimentar. Só foram consideradas coprófagas, necrófagas e saprófagas as espécies com >70 por cento dos indivíduos coletados nas respectivas iscas (Andresen, 2005). Em relação ao comportamento de alocação de recurso nós consideramos todos os espécimes coletados. Para verificar a similaridade entre as guildas estruturais das espécies entre os fragmentos, nós utilizamos o hábito alimentar e o comportamento de alocação de recurso como fatores no teste ANOSIM (Clarke e Gorley, 2001). Uma vez estruturadas as comunidades, nós testamos se há uma convergência funcional das comunidades dos besouros escarabeíneos nos fragmentos

analisados. Todas as análises foram realizadas com auxílio dos programas PC-Ord (McCune e Mefford, 1999), Systat (Wilkinson, 1996) and Prime (Clark e Gorley, 2001).

Resultados

Um total de 5.893 escarabeíneos pertencentes a 29 espécies foram coletados nos 19 fragmentos analisados. A espécie *Dichotomius sericeus* foi a mais abundante, com 67,1% dos besouros registrados (Tabela 1). No entanto, sete espécies foram representadas por apenas um indivíduo (i.e., *Canthidium* sp. 1, *Canthidium* sp. 2, *Canthidium* sp. 4, *Canthonella lenkoi*, *Coprophanaeus bellicosus*, *Deltochilum pseudoicarus* e *Uroxys* af. *batesi*). O fragmento Coimbra apresentou a maior riqueza de espécies entre os fragmentos (23 espécies), sendo as espécies (i.e., *Aphengium* sp., *Canthidium* sp. 1, *Canthidium* sp. 2, *Canthidium* sp. 4, *Coprophanaeus bellicosus*, *Ontherus erosus*, *Onthophagus clypeatus*, *Oxysternon* sp., *Uroxys* af. *batesi*, ver Tabela 1) apenas representadas nesse fragmento.

O GLM detectou entre as métricas dos fragmentos os efeitos da área (GLM $F=21,706$; $p<0,001$) e do Índice de Proximidade (GLM $F=4,181$; $p<0,05$) sobre a riqueza de besouros escarabeíneos (Tabela 2). Como essas variáveis não foram correlacionadas (Pearson, $r=-0,097$, $p=0,703$) os efeitos dessas variáveis sobre as comunidades dos besouros escarabeíneos foram independentes. Em relação aos atributos funcionais de assembléias de árvores, tanto a porcentagem de árvores tolerantes a sombra (GLM $F=6,96$; $p<0,02$) como a riqueza de árvores (GLM $F=5,098$; $p<0,04$) exerceram efeito sobre a riqueza dos besouros. A abundância dos besouros escarabeíneos não foi influenciada pelas métricas dos fragmentos. Por outro lado, o GLM detectou o efeito da porcentagem de árvores tolerantes a sombra (GLM $F=7,177$; $p<0,022$) sobre a abundância desses besouros. As variáveis explanatórias com efeito significativo

explicaram, respectivamente, 71,7% e 31,1% das variações na riqueza e abundância dos besouros escarabeíneos.

A análise de espécies indicadoras classificou *Agamopus convexus*, *Canthidium* sp. 3, *Canthonella* af. *barrerae*, *Dichotomius* (*Selenocopris*) sp., *D. sericeus* e *Uroxys* sp. como espécies características de pequenos fragmentos (Grupo 1). As espécies desse grupo representaram 86% do total de indivíduos coletados. Por outro lado, *Aphengium* sp., *C. dardanus*, *D. calcaratum*, *O. erosus* e *O. clypeatus*, foram consideradas espécies características do fragmento Coimbra (Grupo 2) (Tabela 3). Quando comparamos a estrutura das comunidades dos besouros escarabeíneos, esses besouros apresentaram-se distintos em relação ao hábito alimentar ($R=0.405$; $p=0.003$), pois houve o predomínio de besouros coprófagos e generalistas na paisagem Serra Grande (Fig. 2a). Em termos de alocação de recurso, os besouros escarabeíneos foram mais similares ($R=-0.004$; $p=0.48$, já que houve apenas o predomínio de espécies escavadoras nos fragmentos analisados (Fig. 2b).

Discussão

Esse estudo evidenciou um forte efeito da fragmentação de habitat sobre as comunidades de besouros escarabeíneos. As comunidades desses besouros estão sendo afetadas pela área e distância de isolamento dos fragmentos, além de estarem sendo influenciadas pelas mudanças drásticas das assembléias de árvores. O fragmento Coimbra, com maior área e mais bem conservado, apresentou maior riqueza de besouros escarabeíneos. Essa influência da área sobre as comunidades de besouros escarabeíneos foi corroborada no estudo de revisão de Nichols et al (2007), onde houve uma correlação positiva do tamanho dos fragmentos com a riqueza desses besouros. Assim como a área dos fragmentos, o isolamento também influenciou os besouros

escarabeíneos (Estrada et al., 1998; Feer and Hingrat, 2005). A riqueza de besouros declinou nos fragmentos mais isolados, enquanto os fragmentos mais próximos apresentaram maior riqueza. Nichols et al. (2007) demonstraram que em alguns casos tanto a abundância como a riqueza declinam em fragmentos isolados. Essa resposta dos besouros escarabeíneos ao isolamento parece depender da qualidade da matriz no entorno dos fragmentos (Nichols et al., 2007).

O predomínio de besouros escarabeíneos coprófagos e escavadores demonstra que a fragmentação está promovendo a convergência desses grupos funcionais. Além de alterar a estrutura das comunidades de besouros escarabeíneos (Klein, 1989), a perda e a fragmentação de habitat alteram a composição e a estrutura das assembléias de árvores tropicais (Laurance, 2001; Santos et al., 2008; Lopes et al., 2009). Espécies arbóreas tolerantes à sombra, emergentes e de sementes grandes são mais sensíveis aos efeitos da fragmentação e tem suas abundâncias diminuídas ou são localmente extintas em fragmentos pequenos (Laurance et al., 2000; Tabarelli et al., 2004; Terborgh e Nuñez-Iturri, 2006). Em contraste, as árvores pioneiras são beneficiadas pela fragmentação de habitat aumentando suas populações nos ambientes fragmentados (Tabarelli et al., 1999; Laurance et al., 2006). Na floresta Atlântica nordestina, a maioria dos fragmentos possui uma alta porcentagem de espécies arbóreas pioneiras (Santos et al., 2008), o que pode explicar a baixa riqueza de besouros escarabeíneos nos pequenos fragmentos. As árvores pioneiras requerem condições ambientais de alta luminosidade (Hartshorn, 1978), podendo estar ressecando os recursos bem como as larvas dos besouros (Forsyth and Peck, 1982). Além disso, essas árvores não fornecem recursos suficientes para populações de grandes vertebrados, o que pode ter implicado numa menor quantidade de recursos a serem explorados pelos besouros escarabeíneos. Todavia, as espécies *Agamopus convexus*, *Canthidium* sp. 3, *Canthonella* af. *barrerae*, *Dichotomius*

(*Selenocopris*) sp., *D. sericeus* e *Uroxys* sp. podem estar adaptadas as condições desses ambientes perturbados. Dentre essas espécies, destaca-se *D. sericeus* devido à sua grande abundância. A dominância de poucas espécies nas comunidades de besouros escarabeíneos é frequentemente associada com distúrbios de habitat, como a retirada de madeira e a formação de fragmentos florestais (Klein, 1989; Andresen, 2005).

Assim, mesmo os atributos funcionais das assembléias de árvores sendo, em geral, similares, as distinções para esses atributos entre os fragmentos são diferenças chave para as comunidades de besouros escarabeíneos. Os fragmentos com maiores porcentagens de árvores tolerantes a sombra e elevada riqueza de árvores foram os apresentaram maior riqueza e abundância de besouros. O interior do fragmento Coimbra possui elevada riqueza de árvores, além de elevadas porcentagens de árvores tolerantes à sombra (Oliveira et al., 2004). As espécies características desse fragmento (*Aphengium* sp., *C. dardanus*, *D. calcaratum*, *Ontherus erosus*, *Onthophagus clypeatus*) estão se beneficiando com as condições estabelecidas pelas árvores tolerantes a sombra. Esses atributos vegetacionais do fragmento Coimbra favorecem a presença de vertebrados dispersores de sementes como as cutias (*Dasyprocta* sp.), pacas (*Cuniculus paca*), cracideos (*Penelope* sp.) e tucanos (*Ramphastos* sp.) (Pimentel e Tabarelli, 2004), podendo esses animais serem fonte de recurso para os besouros escarabeíneos. No entanto, Halffter e Arellano (2002) relataram que a cobertura vegetal é o fator mais importante para as comunidades de besouros escarabeíneos do Novo Mundo, independentemente da ausência ou presença de recurso. Assim, mesmo em áreas onde as populações de vertebrados são igualmente grandes, as diferenças vegetacionais entre os ambientes afetam as comunidades de besouros escarabeíneos (Lumaret e Kirk, 1991).

Implicações para conservação

Segundo Silva e Tabarelli (2000), se a tendência de fragmentação continuar sobre os fragmentos da floresta Atlântica nordestina, esses fragmentos serão dominados por espécies de árvores de frutos pequenos e por espécies de árvores dispersas abioticamente. Como há um efeito cascata da fragmentação de habitat, ou seja, as assembléias de árvores são modificadas, e, por sua vez, as comunidades de besouros escarabeíneos, essa tendência a homogeneização das assembléias de árvores pode se estender aos besouros escarabeíneos, como já demonstrado pelo predomínio de *D. sericeus* na paisagem Serra Grande. Assim, nós sugerimos a conservação dos grandes fragmentos e a criação de corredores para os fragmentos pequenos. Segundo Ribeiro et al. (2009), os grandes fragmentos devem ser priorizados nas políticas de conservação para a floresta Atlântica, pois são extremamente escassos nesse domínio. Por outro lado, a implementação de corredores pode atenuar os efeitos de perda e da fragmentação de habitat sobre comunidades animais isoladas em pequenos fragmentos (Pardini, et al., 2005). Como demonstrado pelo índice de proximidade, os pequenos fragmentos apresentam-se próximo de grupos de fragmentos, o que aumenta a viabilidade dos corredores.

Além do estabelecimento de corredores entre manchas de habitats, fatores como a regeneração florestal também é importante para a conservação de paisagens fragmentadas nas florestas tropicais (Pardini, et al., 2005; Rodrigues et al., 2009). Na Amazônia Central, Quintero e Roslin (2005) verificaram que a regeneração inicial de áreas desflorestadas minimizou a perda de espécies e reconectou populações remanescentes de besouros escarabeíneos. Com essas medidas de conservação para o controle das ações drásticas da fragmentação, podem-se favorecer as assembléias de

árvores e, portanto as comunidades de besouros escarabeíneos presentes na floresta Atlântica nordestina.

Agradecimentos

Ao Dr. Marcelo Tabarelli do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco e a Conservação Internacional do Brasil, pela disponibilização dos dados vegetacionais e dos atributos referentes à paisagem da Usina Serra Grande. A Fernando Z. Vaz-de-Mello pela identificação dos besouros escarabeíneos.

Referências

- Andresen, E., 2005. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica* 37, 291-300.
- Bornemissza, G. F., Williams, C. H., 1970. An effect of dung beetle activity on plant yield. *Pedobiologia* 10,1-7.
- Chapman, C., Chapman, L., Vulinec, K., Zanne, A., Lawes, M., 2003. Fragmentation and alteration of seed dispersal processes: an initial evaluation of dung beetles, seed fate, and seedling diversity. *Biotropica* 35, 382-393.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2001. *PRIMER v5: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd., Plymouth.
- Davis, A. L. V., 1996. Community organization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): differences in body size and functional group structure between habitats. *African Journal of Ecology* 34, 258-275
- Davis, A.J., Huijbregts, H., Krikken, J., 2000. The role of local and regional processes in shaping dung beetle communities in tropical forest plantations in Borneo. *Global Ecology and Biogeography* 9, 281-292.
- Davis, A.J., Holloway, J.D., Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A., Sutton, S.L., 2001. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. *The Journal of Applied Ecology* 38, 593-616.
- Dufrêne, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67, 645-666.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R., 1991. Howling monkeys (*Alouatta palliata*) dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 7, 459-474.

- Estrada, A., Coates-Estrada, R., Anzures, A., 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.
- Estrada, A., Anzures, A., 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.
- Ewers, R. M., Didham, R. K., 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81, 117–142.
- Feer, F., Hingrat, Y., 2005. Effects of forest fragmentation on a Dung Beetle community in French Guiana. *Conservation Biology* 19, 1103–1112.
- Gardner, T. A., Hernández, M. I. M., Barlow, J., Peres, C. A., 2008. 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.
- Gustafson, E.J., Parker, G.R., 1992. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. *Landscape Ecology* 7, 101–110. Harding, J.H., 1997. *Amphibians and Reptiles*
- Halfpter, G., Matthews, E. G., 1966. The Natural History of dung beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana* 12, 1–312.
- Halfpter, G., Favila, M.E., 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27, 15–21.
- Halfpter, G., Arellano, L., 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica* 34, 144–154.

- Hartshorn, G.S., 1978. Treefalls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson, P.B., Zimmermann, M.H. (Eds.), *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, New York, pp. 617–638.
- Hill, C. J., 1996. Habitat specificity and food preference of an assemblage of tropical Australian dung beetles. *Journal of Tropical Ecology* 12, 449–460.
- Howden, H. F., Nealis, V. G., 1975. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). *Biotropica* 7, 77–83.
- IBGE, 1985. *Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Janzen, D. H., 1983. Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pastures. *Oikos* 33, 274–283.
- Klein, B., 1989. Effect of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70, 1715–1725.
- Laurance, W.F., 2001. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: Bierregaard, R.O., Gascon, C., Lovejoy, T.E., Mesquita, R.C.G. (Eds.), *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Yale University Press, New Haven, pp. 158–168.
- Laurance, W. F., Bierregaard, R. O., 1997. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Laurance, W. F., Delamonica, P., Laurance, S. G., Vasconcelos, H. L., Lovejoy, T. E., 2000. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature* 404, 836–836.

- Laurance, W.F., Lovejoy, T.E., Vasconcelos, H.L., Bruna, E.M., Didham, R.K., Stouffer, P.C., Gascon, C., Bierregaard, R.O., Laurance, S.G., Sampaio, E., 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16, 605–618.
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Andrade, A.C., Fearnside, F., Ribeiro, J.E.L.S., Capretz, R.L., 2006. Rain Forest fragmentation and the proliferation of successional trees. *Ecology* 87, 469–482.
- Lopes, A.V., Girão, L.C., Santos, B.A., Peres, C.A., Tabarelli, M., 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. *Biological Conservation* 142, 1154–1165.
- Lumaret, J.P., Kirk, A. A., 1991. South temperate dung beetles. In Hanski, I. and Cambefort, Y. (eds). *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton. *Science* 260, 1905–1910.
- Lumaret, J. P., N. Kadiri, N., Bertrand, M., 1992. Changes in resources: Consequences for the dynamics of dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology* 29, 349–356.
- McGeoch, M.A., Van, R.B.J., Botes, A., 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 39, 661–672.
- McCullagh, P., Nelder, A.A., 1999. *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, London.
- McCune, B., Mefford, M.J., 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 4.36. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., 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.
- Oliveira, M.A., Grillo, A.A., Tabarelli, M., 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38, 389–394.
- Pardini R., Souza S. M., Braga-Neto R., Metzger J. P., 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation* 124, 253–66.
- Peck S. B., Forsyth, A., 1982. Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae). *Canadian Journal of Zoology* 60, 1624–1634.
- Philips, K., Pretorius, E., Scholtz, C., 2004. A phylogenetic analysis of dung beetles (Scarabaeinae: Scarabaeidae): unrolling an evolutionary history. *Invertebrate Systematics* 18, 53–88.
- Quintero, I., Roslin, T., 2005. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in Central Amazonia. *Ecology* 86, 3303–3311.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., Hirota, M M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 141, 1141-1153.
- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S., Nave, A.G., 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142, 1242–1251.

- Santos, B. A., Peres, C. A., Oliveira, M. A., Grillo, A., Alves-Costa, C. P., Tabarelli, M., 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forests Northeastern Brazil. *Biological Conservation* 141, 249-260.
- Scheffler, P., 2005. Dung beetle (Coleoptera:Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 21, 9–19.
- Silva, J.M.C., Casteleti, C.H.M., 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic forest of Brazil. In: Galindo-Leal, C., Câmara, I.G. (Eds.), *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats and Outlook*. Island Press and CABS, Washington, DC, pp. 43–59.
- Silva, J.M.C., Tabarelli, M., 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* 404, 72–73.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995. *Biometry*. Freeman and Company, New York.
- Spector, S., Ayzama, S., 2003. Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical Forest–Savanna Ecotone. *Biotropica* 35, 394–404.
- Tabarelli, M., Mantovani, W., Peres, C.A., 1999. Effects of habitat fragmentation and plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation* 91, 119–127.
- Tabarelli, M., Peres, C.A., 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation* 106, 165–176.
- Tabarelli, M., Silva, J.M.C., Gascon, C., 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13, 1419–1425.

- Tabarelli, M., Lopes, A. V., Peres, C. A., 2008. Edge-effects Drive Tropical Forest Fragments Towards an Early-Successional System. *Biotropica* 40, 657-661.
- Terborgh, J., Nuñez-Iturri, G., 2006. Dispersal-free tropical forests await an unhappy fate. In: Laurance, W.F., Peres, C.A. (Eds.), *Emerging Threats to Tropical Forests*. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 241–252.
- Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.L.R., Lima, J.C.A., 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptado a um Sistema Universal*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Vieira, L., Louzada, J. N. C., Spector, S., 2008. Effects of degradation and replacement of southern Brazilian coast sandy vegetation on the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Biotropica* 40, 719-727.
- Wilkinson, L., 1996. *SYSTAT, Version 6.0*. SPSS, Chicago, IL, USA.

TABELA 1. Métricas dos fragmentos e da paisagem, além dos atributos funcionais das assembléias de árvores dos fragmentos de floresta Atlântica da paisagem Serra Grande, Alagoas, Brasil. Além do valor médio, estão representados os valores máximos e mínimos, bem como o desvio padrão.

Variáveis explanatórias	Média	DP	Max	Min
Área do fragmento (ha)	292,8	0,572	3578	8
Índice de Proximidade (IP)	4.513	1.667	5.678	0
Riqueza de árvores	26,47	11,781	53	14
Densidade de árvores (por ha)	84,6	22,087	122	41
Árvores tolerantes a sombra (%)	27,4	20,211	72,4	0
Árvores emergentes (%)	16,8	8,796	34.5	4,5

TABELA 2. Espécies dos besouros escarabeíneos registradas nos 19 fragmentos da floresta Atlântica Nordestina pertencentes à paisagem Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Espécies	Hábito alimentar ^a	Alocação ^b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 ^c	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Agamopus convexus</i>	C	E	56	0	0	0	0	10	0	0	0	0	2	21	0	9	0	0	0	0	3
<i>Aphengium</i> sp.	G	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ateuchus</i> sp.	G	E	35	15	0	1	0	3	7	2	0	1	19	15	0	15	0	7	0	7	0
<i>Canthidium korschefskyi</i>	-	E	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidium oliveriori</i>	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	4	7	0	0
<i>Canthidium</i> sp.1	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidium</i> sp.2	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidium</i> sp.3	C	E	18	1	0	0	0	0	0	0	42	0	25	181	39	0	0	0	0	0	0
<i>Canthidium</i> sp.4	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthonella barrerae</i>	C	R	0	147	1	0	0	0	0	0	7	1	2	12	0	4	0	51	0	0	15
<i>Canthonella</i> af. <i>lenkoi</i>	-	R	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthon nigripennis</i>	N	R	6	41	3	8	3	0	6	0	1	1	10	10	9	8	3	4	0	3	7
<i>Canthon smaragdulus</i>	-	R	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Canthon staigi</i>	C	R	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	7	0
<i>Coprophanaeus bellicosus</i>	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coprophanaeus dardanus</i>	G	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Deltochilum calcaratum</i>	-	R	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	20	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Deltochilum irroratum</i>	N	R	0	0	0	1	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	16	3	3	0	2
<i>Deltochilum pseudoicarus</i>	-	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Dichotomius depressicollis</i>	C	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dichotomius mormon</i>	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	1	0	3	0	2	2	0
<i>Dichotomius</i> (<i>Selenocopris</i>)	S	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	92	0	10	0	0	0
<i>Dichotomius sericeus</i>	G	E	24	125	13	83	51	9	16	57	10	255	433	0	77	1070	103	700	680	103	156
<i>Eurysternus hirtellus</i>	C	RE	1	31	14	0	16	0	8	3	4	10	25	0	2	1	0	11	0	12	12
<i>Ontherus erosus</i>	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Onthophagus clypeatus</i>	G	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxysternon</i> sp.	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uroxys</i> af. <i>batesi</i>	-	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uroxys</i> sp.	C	E	256	0	0	0	6	0	0	0	13	0	2	32	0	0	0	1	0	0	24

a= C (Coprófagos), G (Generalistas), N (Necrófagos), S (Saprófagos)

b= E (Escavador), R (Rolador), RE (Residente)

c= Fragmento Coimbra

TABELA 3. Resultados dos Modelos Lineares Generalizados (GLMs) demonstrando os efeitos dos atributos funcionais das assembléias de árvores e das métricas dos fragmentos sobre a riqueza e a abundância de besouros escarabeíneos nos fragmentos da paisagem Serra Grande, Brasil. Valores em negrito implicam em efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Variáveis respostas	Variáveis explanatórias	R²(%)	Estimate	gl	F	p
Riqueza	Densidade de árvores (por ha)		-0.126	1	0,17	0,68
	Riqueza de árvores		0.254	1	6,96	0,02
	Árvores tolerantes a sombra (%)	71,7	0.178	1	5,09	0,04
	Árvores emergentes (%)		-0.314	1	2,93	0,11
	Área dos fragmentos (log ₁₀ ha)		6.662	1	21,70	0,001
	Índice de Proximidade (IP)		0,303	1	4,18	0,05
Abundância	Densidade de árvores (por ha)		-0.052	1	0	0,86
	Riqueza de árvores		0.171	1	0.30	0,56
	Árvores tolerantes a sombra (%)	31,1	17,53	1	7,17	0,02
	Árvores emergentes (%)		-27,01	1	2,67	0,13
	Área dos fragmentos (log ₁₀ ha)		0.083	1	0,08	0,78
	Índice de Proximidade (IP)		0.146	1	0,26	0,62

TABELA 4. Análise de espécies indicadoras (sensu Dufrêne e Legendre, 1997) dos besouros escarabeíneos característicos de pequenos fragmentos (Grupo 1) e característicos do fragmento Coimbra (Grupo 2) na Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil.

Espécies	Valor indicador (VI)	VI Grupos randomizados	Grupo	p
<i>Agamopus convexus</i>	74,8	55,8 ± 7,02	1	0,049
<i>Aphengium</i> sp.	100	18,4 ± 14,61	2	0,009
<i>Canthidium</i> sp.3	57,4	52,4 ± 2,26	1	0,009
<i>Canthonella</i> af. <i>barrerae</i>	89	61,4 ± 10,76	1	0,042
<i>Coprophanaeus dardanus</i>	98,8	35,3 ± 14,70	2	0,009
<i>Deltochilum calcaratum</i>	97,1	39,2 ± 14,63	2	0,009
<i>Dichotomius</i> (<i>Selenocopris</i>) sp.	86,2	56,2 ± 8,21	1	0,019
<i>Dichotomius sericeus</i>	85,6	63,5 ± 9,23	1	0,02
<i>Ontherus erosus</i>	100	18,4 ± 14,62	2	0,009
<i>Onthophagus clypeatus</i>	100	18,4 ± 14,63	2	0,009
<i>Uroxys</i> sp.	95,3	56,2 ± 6,60	1	0,009

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa da Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. Os fragmentos analisados nesse estudo estão representados pelos pontos em negrito. Os espaços em branco representam as plantações de cana de açúcar, bem como os fragmentos que não foram analisados nesse estudo.

FIGURA 2. Estrutura da comunidade dos besouros escarabeíneos nos fragmentos da Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. Os fragmentos foram subdivididos em classes de tamanho, sendo caracterizado para cada classe o percentual total de espécies dos besouros segundo o (a) hábito alimentar e o (b) comportamento de alocação de recurso.

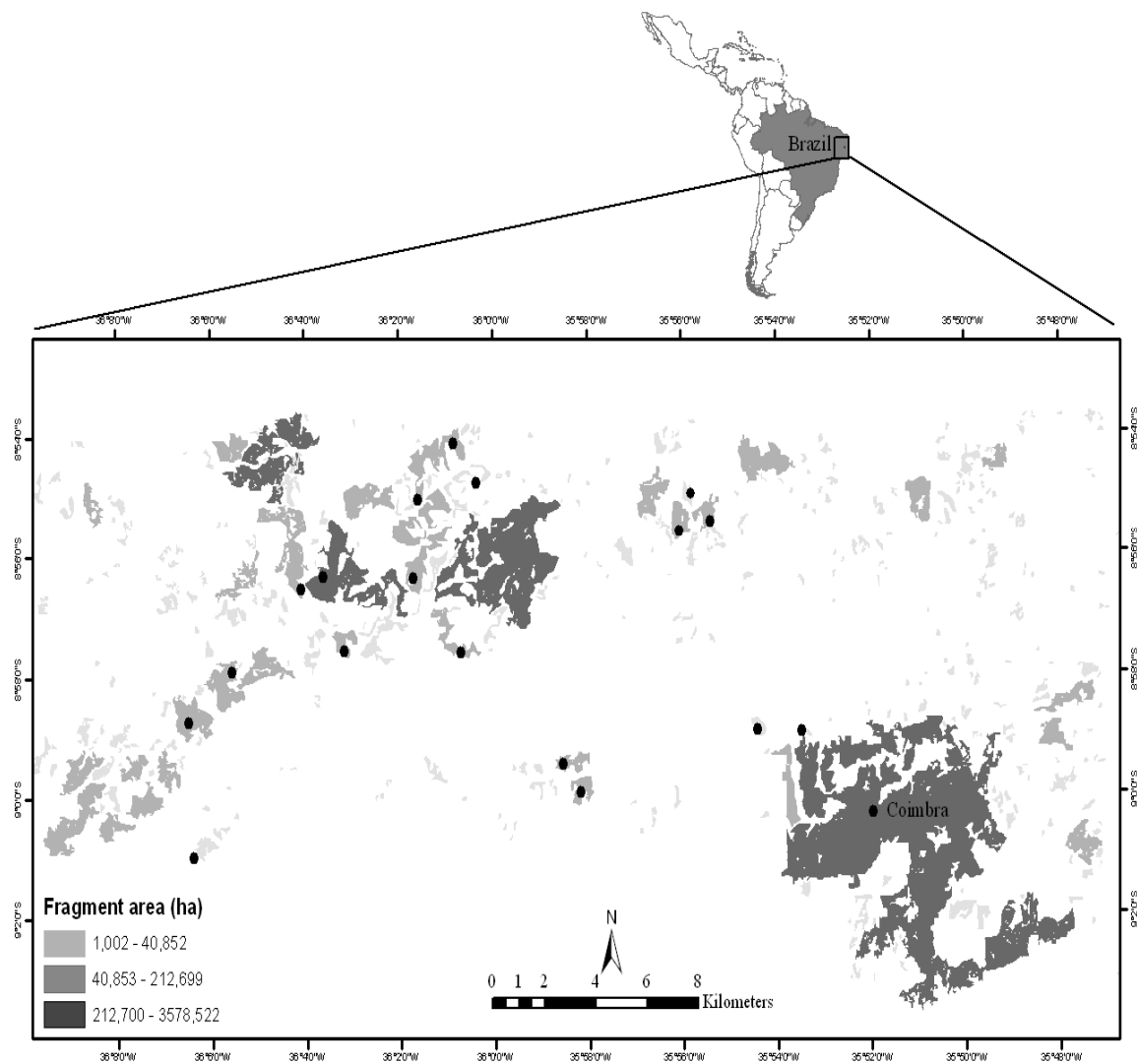


Fig. 1

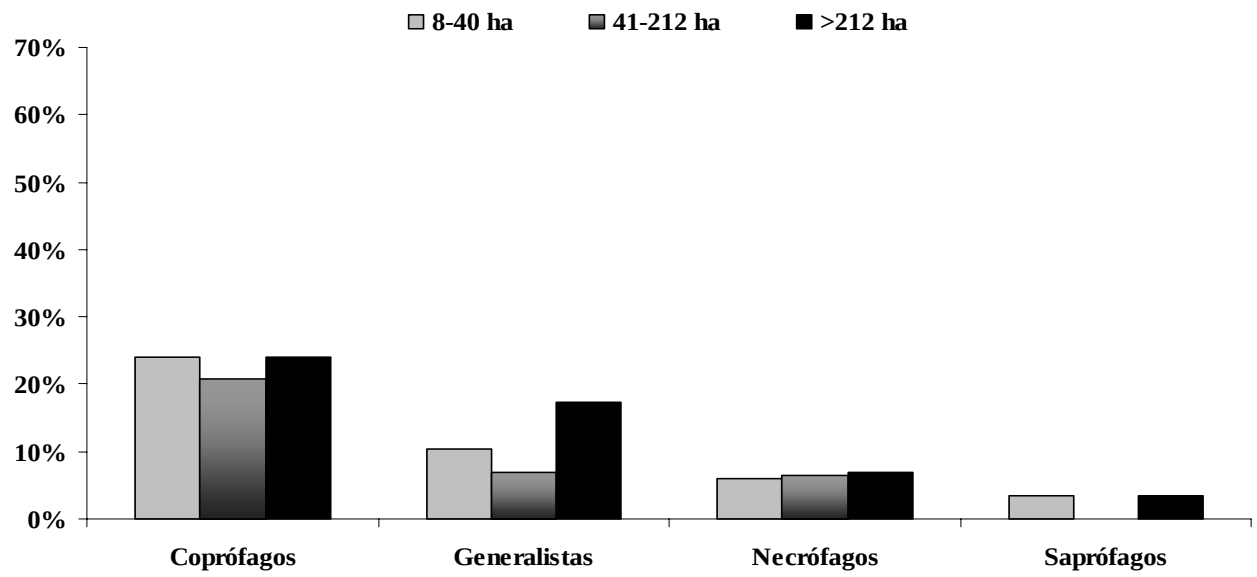


Fig.2a

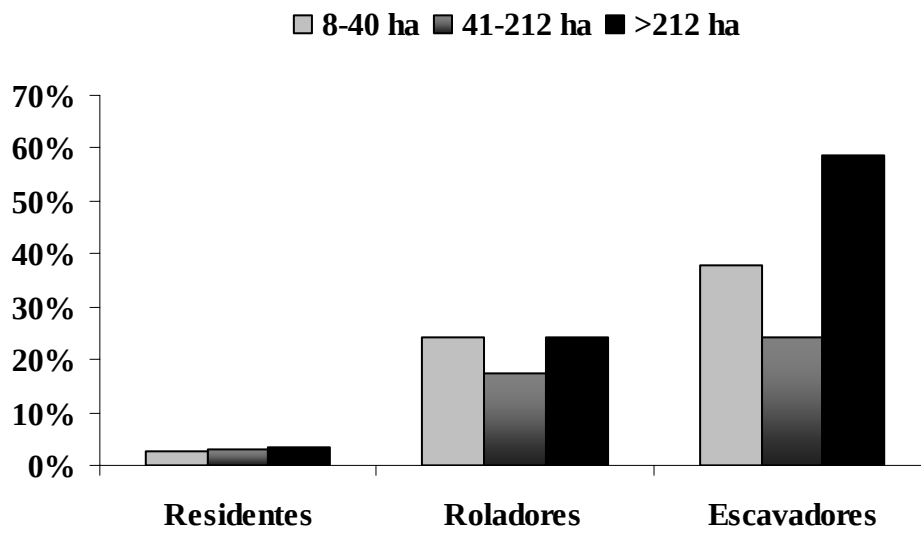


Fig. 2b

ANEXO I

Biological Conservation

Guide for Authors

Please read all information carefully and follow the instructions in detail when preparing your manuscript.

Manuscripts that are not prepared according to our guidelines will be sent back to authors without review. A checklist for manuscript submission can be found at the end of the Guide for Authors.

Biological Conservation encourages the submission of high-quality manuscripts that advance the science and practice of conservation, or which demonstrate the application of conservation principles for natural resource management and policy. Given the broad international readership of the journal, published articles should have global relevance in terms of the topics or issues addressed, and thus demonstrate applications for conservation or resource management beyond the specific system or species studied.

Types of Contributions

1. Full length articles (Research papers)

Research papers report the results of original research. The material must not have been previously published elsewhere. Full length articles are usually up to 8,000 words.

2. Review articles

Reviews should address topics or issues of current interest. They may be submitted or invited. Review articles are usually up to 12,000 words.

3. Systematic reviews

Systematic review is a methodology used to summarize, appraise and communicate the results and implications of a large quantity of research and information. Although the manuscript should report the main outcomes of the systematic review, it is expected that the full review and associated data will be made available online. The length of a systematic review should not exceed 8,000 words.

For a more elaborate explanation of systematic reviews, please check the following link: <http://www.cebc.bangor.ac.uk/introSR.php>

Authors who intend to write a systematic review are kindly asked to contact Andrew Pullin first.

4. Short communications

Short communications are meant to highlight important research that is novel or represents highly significant preliminary findings, and should be less than 4,000 words.

5. Book Reviews

Book reviews will be included in the journal on a range of relevant titles that are not more than two years old. These are usually less than 2,000 words.

6. Letters to the Editor.

Letters to the editor are written in response to a recent article appearing in the journal. Letters should be less than 1,600 words.

Editorial Process

Publishing space in the journal is limited, such that many manuscripts must be rejected. To expedite the processing of manuscripts, the journal has adopted a two-tier review process. During the first stage of review, the handling editor evaluates the manuscript for appropriateness and scientific content, taking advice where appropriate from members of the editorial board. Criteria for rejection at this stage include:

- **Manuscript lacks a strong conservation focus or theme, or management implications not well-developed.** Please note that research on a rare or endangered species or ecosystem is not sufficient justification to merit publication in *Biological Conservation*. Published research must also advance the science and practice of conservation biology, and thus have broader application for a wide international audience.
- **Manuscript subject matter more appropriate for another journal.** Natural history or biodiversity surveys, including site descriptions, are usually better suited for other outlets, such as a regional or

taxon-specific journal. Similarly, manuscripts with a primarily behavioral, genetic or ecological focus are more appropriate for journals in those fields. For example, studies reporting on disturbance effects, species interactions (e.g., predator-prey, competitive, or pollinator-host plant interactions), species-habitat relationships, descriptive genetics (e.g., assays of genetic variation within or between populations), or behavioral responses to disturbance will be referred elsewhere if they lack a clear conservation message. Authors are advised to contact an Editor prior to submission if there are any questions regarding the appropriateness of a manuscript for the journal.

- **Study primarily of local or regional interest.** *Biological Conservation* is international in scope, and thus research published in the journal should have global relevance, in terms of the topics or issues addressed.
- **Study poorly designed or executed.** Research lacks spatial or temporal replication, has insufficient sample sizes, or inadequate data analysis. Such obvious indications of poor-quality science will be cause for immediate rejection.
- **Manuscript poorly written.** Poor writing interferes with the effective communication of science. Authors for whom English is not the first language are advised to consult with a technical language editor before submission.
- **Conservation research ethics violated.** Research was unnecessarily destructive, was conducted for the express purpose of causing harm/mortality (e.g., simulation of treatment or disturbance effects on survivorship), or violated ethics in the treatment and handling of animals. Where appropriate, authors must provide a statement and supporting documentation that research was approved by the authors' institutional animal care and use committee(s).

Manuscripts that pass this first stage of editorial review are then subjected to a second stage of formal peer review. This involves evaluation of the manuscript by at least two specialists within the field of study, which may include one or more members of the editorial board. Beyond a critical assessment of the scientific content and overall presentation, referees are asked to evaluate the originality, likely impact and global relevance of the research. Referees make a recommendation to the handling editor, but note that it is ultimately the decision of the handling editor as to whether a manuscript is accepted for publication in *Biological Conservation*.

Editor-in-Chief

Dr. Richard B. Primack
Biology Department
Boston University
5 Cummington Street
Boston, MA 02215
USA
Phone: [1-617-353-2454](tel:1-617-353-2454)
Email: primack@bu.edu

Editors

Dr. Richard Corlett
Department of Ecology and Biodiversity, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, China, Email: corlett@hkucc.hku.hk

Dr. Andrew B. Gill
Department of Natural Resources, School of Applied Sciences, Building 37, Cranfield University, Cranfield, UK MK43 0AL, Phone: 44 (0)1234 750111 x2711, Email: a.b.gill@cranfield.ac.uk

Professor Rob H. Marrs
Applied Vegetation Dynamics Laboratory, School of Biological Sciences, Liverpool, UK L69 7ZB, Phone: 44 (0) 151 795 5172, Email: calluna@liv.ac.uk

Dr. Jean-Paul Metzger
Universidade de Sao Paulo, Dep. de Ecologia, Inst. de Biociencias, Rua do Matao, 321, travessa 14, 05508-900 Sao Paulo, Brazil, Email: jpm@ib.usp.br

Dr. Andrew S. Pullin
Centre for Evidence-Based Conservation, School of Environment and Natural Resources, University of Wales, Bangor Bangor, Gwynedd UK LL57 2UW, Phone: 01248382289, Email: a.s.pullin@bangor.ac.uk

Dr. Navjot S. Sodhi
National University of Singapore, Department of Biological Sciences, 14 Science Drive 2, 117543, Singapore Phone: [65 6516 2700](tel:65-6516-2700), Email: dbsns@nus.edu.sg

Dr. Kimberly A. With
Division of Biology, Kansas State University, Manhattan, KS 66506 USA, Phone: [1-785-532-5040](tel:1-785-532-5040), Email:

kwith@ksu.edu

Book Review Editor

Dr. Barry Meatyard

University of Warwick, Coventry, UK, Email: barry.meatyard@warwick.ac.uk

Manuscript submission

Biological Conservation uses an online, electronic submission system. By accessing the website <http://ees.elsevier.com/bioc> you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. When submitting a manuscript to Elsevier Editorial System (EES), authors need to provide an electronic version of their manuscript. For this purpose, original source files, not PDF files, are preferred. The author should specify a category designation for the manuscript (full length article, review article, short communications, letters, book reviews), choose a set of classifications from the prescribed list provided online, and select a preferred editor. Choice of editor cannot be guaranteed, as allocation depends on editor's workload and availability.

a) Original work

Submission of an article implies that it is original research that is not being considered simultaneously for publication elsewhere. Submission of multi-authored manuscripts must be with the consent of all the participating authors.

b) Cover letter

Submission of a manuscript must be accompanied by a cover letter that includes the following statements or acknowledgements:

- The work is all original research carried out by the authors.
- All authors agree with the contents of the manuscript and its submission to the journal.
- No part of the research has been published in any form elsewhere, unless it is fully acknowledged in the manuscript. Authors should disclose how the research featured in the manuscript relates to any other manuscript of a similar nature that they have published, in press, submitted or will soon submit to *Biological Conservation* or elsewhere.
- The manuscript is not being considered for publication elsewhere while it is being considered for publication in this journal.
- Any research in the paper not carried out by the authors is fully acknowledged in the manuscript.
- All sources of funding are acknowledged in the manuscript, and authors have declared any direct financial benefits that could result from publication.
- All appropriate ethics and other approvals were obtained for the research. Where appropriate, authors should state that their research protocols have been approved by an authorized animal care or ethics committee, and include a reference to the code of practice adopted for the reported experimentation or methodology. The Editor will take account of animal welfare issues and reserves the right not to publish, especially if the research involves protocols that are inconsistent with commonly accepted norms of animal research.

c) Confirmation of submission

After the editorial office has received your submission, you will receive a confirmation, and information about the further proceeding. The handling editor will carry out a light review and decide whether a paper falls within the scope of the journal and is of sufficient standard to be sent for independent peer-review. Any manuscript not being sent for independent peer-review will be returned to the author(s) as soon as possible.

d) Conflicts of Interest

To allow scientists, the public, and policy makers to make more informed judgements about published research, **Biological Conservation** adopts a strong policy on conflicts of interest and disclosure. Authors should acknowledge all sources of funding and any direct financial benefits that could result from publication. Editors likewise require reviewers to disclose current or recent association with authors and other special interest in this work.

e) Potential reviewers

Authors are at liberty to suggest the names of up to three potential reviewers (with full contact details). Potential reviewers should not include anyone with whom the authors have collaborated during the research being submitted.

III. Setting up and formatting your manuscript

1. General information

Set up your document one-sided, using double spacing and wide (3 cm) margins. Use continuous line numbering throughout the document. Avoid full justification, i.e., do not use a constant right-hand margin. Ensure that each new paragraph is clearly indicated. Number every page of the manuscript, including the title page, references tables, etc. Present tables and figure legends on separate pages at the end of the manuscript. Layout and conventions must conform with those given in this guide to authors. **Journal style has changed over time so do not use old issues as a guide.** Number all pages consecutively. Italics are not to be used for expressions of Latin origin, for example, *in vivo*, *et al.*, *per se*. Use decimal points (not commas); use a space for thousands (10 000 and above).

2. Preparation of illustrations

We urge you to visit the Elsevier Electronic Artwork Guide at ➡ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

3. Language

Please assure your manuscript is written in excellent English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors whose first language is not English are encouraged to have the paper edited by a native English speaker prior to submission. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit ➡ <http://www.elsevier.com/wps/find/authorshome.authors/languagepolishing> or contact authorsupport@elsevier.com for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions ➡ http://www.elsevier.com/wps/find/termsconditions.cws_home/termsconditions.

IV. Structure of the manuscript

1. Title page

a) Title of manuscript

State the title of the manuscript. The title should be concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

b) Author(s) names and affiliation(s)

State the authors' first and family names (put family name in capitals) and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names and only in English. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and also in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and e-mail address of each author. Once a manuscript is submitted, authorship cannot be changed. In case a change in authorship is requested, the manuscript must be withdrawn and be resubmitted as new submission.

c) Corresponding author

Clearly indicate who is the corresponding author, willing to handle correspondence at all stages of reviewing and publication, also post-publication. Ensure the corresponding author's telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.

d) Present address

If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

e) Abstract

Provide a concise and factual abstract (maximum length of 250 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the methods, the principal results, major points of discussion, and conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. References should therefore be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Non-standard or uncommon abbreviations should be avoided.

f) Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Avoid the use of entire phrases as keywords and do not repeat words that were already used in the title. Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

2. Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background to the international context in which the research is carried out.

3. Materials and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

4. Results

Provide your main results in a concise manner. Avoid overlap between figures, tables, and text.

5. Discussions and Conclusions

Indicate significant contributions of your findings, their limitations, advantages and possible applications. Discuss your own results in the light of other international research and draw out the conservation implications.

6. Acknowledgements

Place acknowledgements as a separate section after the discussion and before the references. Include information on grants received and all appropriate ethics and other approvals obtained for the research.

7. Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: (Eq. A.1), (Eq. A.2), etc.; in a subsequent appendix, (Eq. B.1) and so forth.

8. References

Assertions made in the paper that are not supported by your research must be justified by appropriate references. Follow the journal format for references precisely (see section V. below for more detailed information). Ensure all references cited in the text are in the reference list (and vice versa).

9. Captions, tables, and figures

Present these, in this order, at the end of the manuscript. They are described in more detail below (see section VI.). High-resolution graphics files must always be provided separate from the main text file in the final version accepted for publication.

Colour diagrams can be printed (see below).

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions on a separate page, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration or table. Keep text in the illustrations and tables themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

10. Footnotes

Footnotes should not be used.

11. Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI) for all scientific and laboratory data. If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Common names must be in lower-case except proper nouns. All common names must be followed by a scientific name in parentheses in italics. For example, bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). Where scientific names are used in preference to common names they should be in italics and the genus should be reduced to the first letter after the first mention. For example, the first mention is given as *Tursiops aduncus* and subsequent mentions are given as *T. aduncus*.

12. Preparation of supplementary data

Elsevier now accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, large tables, background datasets, sound clips, stellar diagrams and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data are provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit <http://www.elsevier.com>. Supplementary data must be supplied at submission so that it can be refereed.

V. Referencing

1. Citations in the text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Unpublished results and personal communications should not be in the reference list, but may be mentioned in the text. Conference proceedings, abstracts and grey literature (research reports and limited circulation documents) are not acceptable citations. Citation of a reference as 'in press' means that the item has been accepted for publication.

2. Citing and listing of web references

As a minimum, the full URL and last access date should be given. Any further information, if known (author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

3. Citing in the text

Citations in the text should be:

Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity), the year of publication;

Two authors: both authors' names, the year of publication; use 'and' between names not '&'. Three or more authors: first author's name followed by et al., the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be given chronologically with the earliest first and if several from the same year then they should be given alphabetically. If there are several from the same author in the same year then they are given as author, yeara, b (eg 1996a,b) (not yeara, yearb)

Examples: "as demonstrated (Allan and Jones, 1995; Smith et al., 1995; Woodbridge, 1995; Allan, 1996a, b, 1999). Kramer et al. (2000) have recently shown"

4. List of references

References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication. You may use the DOI (Digital Object Identifier) and the full journal reference to cite articles in press. The format for listing references is given below and must be followed precisely.

Examples:

Reference to a journal publication. Give the journal title in full:

Moseby, K.E., Read, J.L., 2006. The efficacy of feral cat, fox and rabbit exclusion fence designs for threatened species protection. *Biological Conservation* 127, 429-437.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, 3rd edn. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281-304.

5. Digital Object Identifier (DOI):

In addition to regular bibliographic information, the digital object identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal Physics Letters B): doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

NB: Please give as much bibliographic information as possible with the DOI. Please give the name(s) of the author(s), title of the paper, journal name and if possible year of publication.

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

VI. Manuscript handling after acceptance

1. Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright see <http://www.elsevier.com/authorsrights>). This transfer will ensure the widest possible dissemination of information. A letter will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript. A form facilitating transfer of copyright will be provided.

If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has pre-printed forms for use by authors in these cases: contact ES Global Rights Department, P.O. Box 800, Oxford, OX5 1DX, UK; phone: (+44) 1865 843830, fax: (+44) 1865 853333, e-mail: permissions@elsevier.com

2. Costs for colour prints

a) Colour illustrations in print

Colour illustrations in print will be charged to the author. Illustration costs are EURO 350 for every first page. All subsequent pages cost EURO 175.

b) Colour illustrations on the web (ScienceDirect)

Colour illustrations in the web (ScienceDirect) are free of charge. If you want a colour illustration on the web and the same illustration in black and white in the print version of the journal, please note that you will then have to submit two different illustration files, one colour and one black and white version.

3. Proofs

When your manuscript is received by the Publisher it is considered to be in its final form. Proofs are not to be regarded as 'drafts'.

One set of page proofs in PDF format will be sent by e-mail to the corresponding author, to be checked for typesetting/editing and should be returned within 2 days of receipt, preferably by email. No changes in, or additions to, the accepted (and subsequently edited) manuscript will be allowed at this stage. Any amendments may be charged to the author. Proofreading is solely the author's responsibility.

Should you choose to mail your corrections, please return them to: Log-in Department, Elsevier, Stover Court, Bampfylde Street, Exeter, Devon EX1 2AH, UK.

A form with queries from the copyeditor may accompany your proofs. Please answer all queries and make any corrections or additions required. The Publisher reserves the right to proceed with publication if corrections are not communicated. Return corrections within 2 days of receipt of the proofs. Should there be no corrections, please confirm this.

Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. In order to do this we need your help. When you receive the (PDF) proof of your article for correction, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication. Subsequent corrections will not be possible, so please ensure your first sending is complete. Note that this does not mean you have any less time to make your corrections, just that only one set of corrections will be accepted.