



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, CONSERVAÇÃO E MANEJO
DA VIDA SILVESTRE

Dissertação de Mestrado

**O PAPEL DOS PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO-VOADORES NA DISPERSÃO DE
SEMENTES EM ÁREAS PROTEGIDAS: O POTENCIAL PARA A RECUPERAÇÃO
DE ÁREAS DEGRADADAS**

Christiane Marta Genrich

BELO HORIZONTE

2014

Christiane Marta Genrich

**O PAPEL DOS PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO-VOADORES NA DISPERSÃO DE
SEMENTES EM ÁREAS PROTEGIDAS: O POTENCIAL PARA A RECUPERAÇÃO
DE ÁREAS DEGRADADAS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, sob a orientação do Prof. Dr. Adriano Pereira Paglia e a co-orientação do Prof. Dr. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira e do Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini.

BELO HORIZONTE

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Adriano Paglia pela orientação e pela confiança no meu trabalho. Ao co-orientador Fernando "Lele" por toda ajuda, por compartilhar seu conhecimento e pela paciência. Ao professor Anderson Latini pela co-orientação, pela ajuda na elaboração do projeto e por resolver todos os problemas com o financiamento do projeto.

À FAUF/FAPEMIG pela bolsa de mestrado e pelos recursos para diárias de campo.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre por tudo que aprendi. Em especial ao professor Marco Mello, por dar valor ao meu trabalho, por toda a ajuda nas análises de rede e pela paciência para refazer os grafos tantas vezes!

À Fundação de Parques Municipais, à COPASA e ao IEF por autorizar a realização da pesquisa. A todos os funcionários do Parque da Mangabeiras, Parque da Serra do Curral, Parque do Rola Moça e da COPASA que ajudaram durante o trabalho, em especial ao Ernesto, por toda ajuda que precisei e aos seguranças do Parque da Mangabeiras, por ajudar em campo.

A todas as pessoas que me ajudaram em campo, que foram muitas! A ajuda de vocês foi imprescindível!

Ao pessoal do laboratório de mastozoologia, pelas taxidermias, pela troca de ideias e por toda a ajuda. Ao professor Fernando Perini, por "emprestar" o laboratório e pelo interesse no meu trabalho. E ao Rodolfo, por toda ajuda em campo, nas identificações e em tudo mais que precisei.

Aos estagiários, pela ajuda no laboratório e com os experimentos, especialmente à Laura, à Deborah, ao Pedro, ao João, à Elisa e à Fernanda.

Ao pessoal do departamento de botânica e a todos que direta ou indiretamente me ajudaram com as exsiccatas e com a identificação das plantas e das sementes.

À Iara, pelo suporte veterinário. E à Flavinha pelo apoio, ajuda e indicação de amigos para me ajudar.

Aos amigos que fiz no mestrado, em especial à Lu, à Rafa e à Rê, pela troca de ideias, pelo apoio nos momentos de desespero e por todos os momentos de descontração.

Agradeço à minha querida amiga, Aline, por todas as conversas, pelo apoio, por sempre me tranquilizar nas horas difíceis e por comemorar comigo todas as mínimas conquistas.

Agradeço à minha família, pelo apoio e compreensão da minha ausência nos "eventos familiares" durante o mestrado. Aos meus irmãos, pela força e carinho. Às minhas sobrinhas, que alegam a minha vida. Ao meu pai, por me ensinar tanto sobre a natureza e me fazer apaixonar pela

biologia e pelo Cerrado, desde pequenininha. E à minha mãe em especial, pelo amor, pelo encorajamento, pelo investimento e por acreditar na minha capacidade.

Agradeço aos Rochas, Oliveiras e agregados, minha segunda família, pela compreensão da minha ausência e pelos momentos de diversão e descontração em Lagoa Santa.

Agradeço ao meu amor Pedro, por estar sempre comigo, por me apoiar e ter paciência nos momentos de difíceis e por compartilhar todas as conquistas e dificuldades. Não sei o que seria de mim sem você!

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO	6
MATERIAIS E MÉTODOS	
Área de estudo	8
Amostragem de pequenos mamíferos não-voadores	10
Sementes na dieta	11
Análise de dados	12
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO	18
LITERATURA CITADA	21
ANEXO	27

RESUMO

A presença de ambientes naturais é importante para assegurar a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos como a dispersão de sementes. A relação mutualística da dispersão de sementes por frugívoros é chave para a regeneração da vegetação e o potencial de dispersão de sementes por marsupiais e roedores atualmente é subestimado, ainda que os mesmos possam se alimentar de frutos e dispersar espécies de plantas pioneiras na sucessão ecológica. O presente estudo teve como objetivo analisar a rede de interação mutualística entre plantas e frugívoros avaliando o papel dos pequenos mamíferos como dispersores de sementes de plantas pioneiras e como potenciais prestadores de serviços ecossistêmicos, atuando na recuperação de áreas degradadas pela mineração. Os pequenos mamíferos não-voadores foram amostrados em três Unidades de Conservação da região metropolitana de Belo Horizonte, tiveram suas fezes coletadas e as sementes presentes analisadas quanto à sua viabilidade, a fim de se determinar com segurança se a interação animal-plantas era mutualística. A comunidade formada por pequenos mamíferos terrestres e suas plantas-alimento na área de estudo foi analisada como uma rede complexa de interações. Das 17 espécies de pequenos mamíferos registradas, as espécies que apresentaram sementes viáveis em suas fezes foram: *Didelphis albiventris*, *Didelphis aurita*, *Monodelphis domestica*, *Philander frenatus*, *Cerradomys scotti*, *Cerradomys subflavus*, *Necromys lasiurus* e *Oligoryzomys* sp. A maioria das sementes viáveis pertenciam a plantas pioneiras das famílias Melastomataceae, Rosaceae, Rubiaceae, Solanaceae e Urticaceae. Roedores se mostraram importantes dispersores de sementes assim como marsupiais, sendo a porcentagem de espécies de sementes viáveis em suas fezes maior que a de marsupiais, resultado ainda não observado em outros estudos. As duas espécies de roedor *N. lasiurus* e *C. subflavus* apresentaram sobreposição de dieta. O padrão de dieta encontrado no presente estudo demonstrou uma complementariedade no papel de dispersão de sementes entre marsupiais e roedores. A alimentação da mesma espécie de fruto pelos animais pode aumentar a chance de dispersão da espécie, enquanto que a variedade na alimentação de frutos pode aumentar a diversidade de plantas sendo dispersas, ambos os casos sendo importantes na restauração da vegetação. O presente estudo tem caráter inédito, sendo o primeiro a apresentar a relação complexa de mutualismo existente entre os roedores e marsupiais e as plantas. Os resultados das interações entre os pequenos mamíferos e a viabilidade das sementes dispersas sugerem que a classificação dos animais quanto à dispersão deve obedecer um contínuo, desde animais incapazes de dispersar sementes viáveis até aqueles dispersores legítimos de grande quantidade de sementes viáveis, de plantas pioneiras.

PALAVRAS-CHAVE: Frugivoria, marsupiais, roedores, redes complexas, mutualismo, restauração ecológica.

ABSTRACT

The presence of natural environments helps ensuring availability of ecosystem services such as seed dispersal. Mutualistic interactions of seed dispersal by frugivores is important for the regeneration but the role of marsupials and rodents as seed dispersers is underestimated, though many species include fruits on their diets. The present study aimed to analyze the network of mutualistic interactions between plants and frugivores evaluating the role of small mammals as seed dispersers of pioneer plants and as potential providers of ecosystem services in the restoration of degraded mine-areas. The non-volant small mammals were sampled in three protected areas in the metropolitan region of Belo Horizonte, their scats were collected and seeds viability after gut passage was assessed to safely determine mutualism. The community of small terrestrial mammals and their food-plants in the study area were analyzed by means of a complex interaction network. Of the 17 species of small mammals recorded the species with viable seeds in scats were *Didelphis albiventris*, *Didelphis aurita*, *Monodelphis domestica*, *Philander frenatus*, *Cerradomys scotti*, *Cerradomys subflavus*, *Necromys lasiurus* and *Oligoryzomys* sp. Most of the seeds belonged to pioneer plants in the families Melastomataceae, Rosaceae, Rubiaceae, Solanaceae and Urticaceae. Rodents were as important dispersers as marsupials and the percentage of viable seeds species in their scats was larger than that for marsupials, a result not observed in other studies. The two species of rodents *N. lasiurus* and *C. subflavus* showed diet overlapping. The dietary pattern found in this study demonstrates a complementary role in seed dispersal between marsupials and rodents. Feeding on the same species of fruit may increase chance of species dispersion, while feeding on a variety of fruits can increase diversity of plants being dispersed. Both cases can be important in restoring vegetation. This study has an unprecedented character, being the first to introduce the complex mutualism interactions between rodents and marsupials and plants. The results of interactions between small mammals and viability of dispersed seeds suggest that the classification of animals as the dispersion of seeds should obey a continuous between animals unable to disperse viable seeds and those effective dispersers of large numbers of viable seeds of pioneer plants.

KEY-WORDS: Frugivory, marsupials, rodents, complex networks, mutualisms, restoration ecology.

INTRODUÇÃO

A fragmentação e perda de habitats tem grandes efeitos negativos na biodiversidade (Fahrig 2003). A destruição do habitat leva à modificação ou interrupção de serviços ambientais, que o ambiente natural disponibiliza para o homem (Kremen et al. 2007; Turner et al. 2007). As causas da fragmentação e perda de habitat incluem desmatamentos, expansão agrícola e pecuária e exploração de recursos, como a mineração. Da área original do Cerrado, de 200 milhões de hectares (ha), restam somente 35.663.000 ha preservados, apenas 20% do bioma original (Myers et al. 2000). E da extensão original da Mata Atlântica, de 1.783.200 ha, restaram apenas 11,73% de sua vegetação original, com 83% de sua área restrita a fragmentos menores que 50 ha, sendo apenas 1,62% de sua área total protegida em reservas naturais (Ribeiro et al. 2009), muitas vezes isoladas por uma matriz de habitats drasticamente modificados (Laurance 1996). Ambos biomas são considerados áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em escala global (Myers et al. 2000).

A presença de ambientes naturais assegura a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica 2006). Estudos indicam que a conservação de áreas florestais, mesmo que pequenas, pode garantir a diversidade, a funcionalidade do ecossistema e a prestação de serviços ecossistêmicos nos fragmentos e em seu entorno (Turner & Corlett 1996; Kremen et al. 2007; Farwig & Berens 2012). Um dos serviços ecossistêmicos diretamente relacionados à biodiversidade é a dispersão de sementes por vertebrados frugívoros, notadamente aves e mamíferos (Stiles 2000). Nos trópicos, a relação mutualística de dispersão de sementes por frugívoros ocorre em até 90% das espécies de árvores (Howe & Smallwood 1982) e tal serviço ecossistêmico é importante para a regeneração da vegetação (Wunderle Jr 1997).

Dentre os pequenos mamíferos dispersores de sementes estão os marsupiais e os roedores. No Brasil, os marsupiais fazem parte da ordem Didelphimorphia, que possui apenas uma única família: Didelphidae (Gardner 2005) composta por 15 gêneros e 56 espécies e destas, 22 espécies habitam a Mata Atlântica (Rossi et al. 2012). Muitas espécies são frugívoras (Carvalho et al. 2005; Lessa & Geise 2010; Camargo et al. 2011) e as sementes dos frutos consumidos podem permanecer intactas (Cáceres et al. 1999; Carvalho et al. 2005; Casella & Cáceres 2006; Leiner & Silva 2007) e viáveis nas fezes após a passagem pelo trato digestório dos animais (Grelle & Garcia 1999; Cáceres & Monteiro-Filho 2000; Cáceres 2002, 2004; Cantor et al. 2010; Lessa & Costa 2010; Lessa et al. 2013). A ordem Rodentia é a segunda com maior número de espécies, superada somente pela ordem Chiroptera (Paglia et al. 2012). Roedores podem ser dispersores secundários, movendo sementes depositadas no chão por outros agentes dispersores (Andresen 2000), ou mesmo dispersores primários (Casella & Cáceres 2006; Lessa & Costa 2009). Entretanto, a presença de incisivos centrais desenvolvidos, que acabam destruindo muitas das sementes ingeridas e de um aparato mastigatório capaz de triturar os alimentos (Price & Jenkins, 1986; Vander Wall 1990; Pinheiro et al. 2002; Gómez et al. 2007), levam alguns autores a classificar os roedores como dispersores potenciais/ocasionais (Wang & Smith 2002; Casella & Cáceres 2006; Dennis & Westcott 2006). Poucos são os estudos que

abordam a questão de roedores de pequeno porte como dispersores de sementes, sendo um tópico interessante para pesquisas em ecologia da dispersão de sementes nas florestas tropicais (Andresen 2000).

No processo de restauração de ambientes naturais, as espécies pioneiras possuem papel importante, uma vez que essas plantas são importantes para a regeneração florestal tanto em ambientes naturais (Gorchov et al. 1993; Tabarelli & Peres 2002) quanto em áreas que tenham sido impactadas pela ação humana (Parrotta et al. 1997; Rodrigues et al. 2004; Araújo et al. 2005). O consumo de sementes de plantas pioneiras como das famílias Solanaceae, Urticaceae, Piperaceae, Melastomataceae, Rosaceae e Rubiaceae pelos pequenos mamíferos foi comprovado por diversos estudos: Medellín (1994), Cáceres et al. (1999), Pinheiro et al. (2002), e Camargo et al. (2011).

No estudo das interações e dinâmica do mutualismo, a teoria de redes tem sido uma importante ferramenta (Bascompte & Jordano 2007). Entretanto, o conhecimento sobre redes de dispersão de sementes tem sido baseado somente nas interações entre aves e morcegos e frutos (Bascompte & Jordano 2007; Mello et al. 2011). Portanto, o estudo de redes envolvendo outros grupos de animais dispersores se faz necessário para complementar informações sobre interações, dietas e espécies envolvidas em um serviço ecossistêmico tão importante na regeneração de paisagens fragmentadas (Wunderle Jr 1997; Dennis et al. 2007).

Um dos impactos antrópicos sobre ambientes naturais no estado de Minas Gerais é a atividade de mineração, concentrada na região conhecida como Quadrilátero Ferrífero. A indústria da mineração está na base da pirâmide de produção, gerando matéria-prima, bens, empregos e tributos (Oliveira Neto & Petter 2005). No entanto, seus impactos negativos podem levar a fortes modificações da paisagem, degradando o meio ambiente, afetando a biodiversidade e os serviços prestados pela natureza (Araújo et al. 2005). Segundo o artigo 17 da Lei Nº11.428, de 22 de Dezembro de 2006, o corte ou a supressão de vegetação nos estágios médio ou avançado de regeneração do Bioma Mata Atlântica são condicionados à compensação ambiental, na forma da destinação de área equivalente à extensão da área desmatada ou à reposição florestal, com espécies nativas, em área equivalente à desmatada. Tal obrigação da indústria minerária pode permitir que a conservação de ecossistemas saudáveis proporcionem processos naturais e serviços ecossistêmicos que auxiliam na recuperação das áreas mineradas próximas, reduzindo o custo para a empresa no cumprimento de suas exigências legais, tornando esta estratégia de restauração economicamente viável (Wunderle Jr 1997; Duncan & Chapman 2002).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o papel dos pequenos mamíferos não-voadores como dispersores de sementes e prestadores de serviços ecossistêmicos para a recuperação de áreas degradadas pela mineração, testando se existe diferença no papel da dispersão de sementes entre marsupiais e roedores, que devem se mostrar, respectivamente, dispersores legítimos e potenciais de sementes. Procuramos avaliar a viabilidade das sementes ingeridas e a estruturação da rede de interações mutualísticas entre as plantas (sementes consumidas) e os frugívoros (roedores e

marsupiais).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado em três importantes Unidades de Conservação da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. As áreas foram escolhidas devido à proximidade com áreas degradadas pela mineração. O Parque Municipal das Mangabeiras (PMM; 19°56'S e 43°54'O; Figura 1a) foi criado em 14 de outubro de 1966 e inaugurado no dia 13 de maio de 1982. O PMM possui uma área de 236 ha e suas altitudes variam entre 800 e 1.300 m. Sua vegetação é heterogênea, variando entre floresta estacional semidecidual, mata de galeria, cerrado, cerrado e campo rupestre. O Parque da Serra do Curral (PSC; 19°57'S e 43°55'O; Figura 1b), inaugurado no dia 08 de setembro de 2012, abrange uma área de aproximadamente 40 ha e apresenta altitudes que variam entre 1.200 e 1.380 m. Apesar de estar situado em uma região de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, apresenta somente fisionomias típicas do Cerrado, como o campo limpo, o campo sujo e os campos rupestres. O Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM; 20°55'S e 44°58'O; Figura 1c), criado em 27 de setembro de 1994, possui uma área total de 3.941,09 ha e abrange os municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Nova Lima e Ibirité. Por ser uma região de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, apresenta diversas fitofisionomias, como floresta estacional semidecidual, matas ciliares, cerrado *sensu strictu*, campo sujo, campo limpo e campos rupestres ferruginosos sobre canga. Esta última fitofisionomia localiza-se nos topos das serras, entre aproximadamente 1.200 e 1.500 m de altitude. O parque abriga seis importantes mananciais declarados pelo Governo Estadual como Áreas de Proteção Especial (APE), utilizados no abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte. No PESRM as coletas de pequenos mamíferos foram feitas na APE da Mutuca. O clima das áreas de coletas de acordo com a classificação de Köppen é do tipo CWa, com verões quentes e chuvosos e invernos secos (estação chuvosa de outubro a maio). A precipitação média anual da região é de 1.528 mm e a temperatura anual varia entre 17°C e 30°C.



Figura 1a Imagem de satélite do Parque Municipal das Mangabeiras, MG. Fonte: GoogleEarth, 2014.



Figura 1b Imagem de satélite do Parque da Serra do Curral, MG. Fonte: GoogleEarth, 2014.



Figura 1c Imagem de satélite do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, MG. Fonte: GoogleEarth, 2014.

Amostragem de pequenos mamíferos não-voadores

As coletas de pequenos mamíferos foram realizadas entre o período de Junho a Dezembro de 2013. No PMM foram 13 dias de coleta na época seca e 10 dias na época chuvosa. No PSC foram 13 dias na época seca e cinco dias na época chuvosa e no PESRM, as amostragens foram feitas somente na época chuvosa, durante 20 dias no total. Em cada área foram estabelecidos quatro transectos de 200 metros distantes entre si pelo menos 50 metros, sendo dois transectos em áreas dispostas o mais próximo possível da área de influência da mineração (Figura 2). Em cada transecto foram instalados 10 pontos de captura, equidistantes 20 metros, nos quais foram dispostas duas armadilhas, uma modelo Tomahawk e outra modelo Shermann, sendo uma no chão e outra no sub-bosque, presa a cipós e troncos de árvores, quando disponíveis nas áreas de mata. Nas áreas em que a vegetação nativa era apenas herbácea/arbustiva, as duas armadilhas foram montadas no solo. As armadilhas, iscadas com pedaços de banana e bacon, foram vistoriadas pela manhã de cada dia, e as iscas foram trocados a cada dois dias. O fundo das armadilhas Tomahawk foi coberto com papel Kraft, para a coleta apropriada das fezes dos animais capturados.

Os animais capturados foram contidos em sacos de pano ou manuseados através de luvas de couro para contenção. Foram devidamente identificados, tiveram suas medidas morfológicas e seu peso anotados, foram marcados com anilha numerada presa à orelha, para possibilitar o registro de

eventuais recapturas e foram soltos no mesmo local de captura. A identificação dos animais capturados foi feita de acordo com Wilson & Reeder (2005) e revisões (Rossi et al. 2006; Weksler et al. 2006; Paglia et al. 2012) e por comparações com animais depositados na Coleção de Mamíferos do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, onde foram depositados alguns espécimes para compor a coleção-testemunho das áreas amostradas.

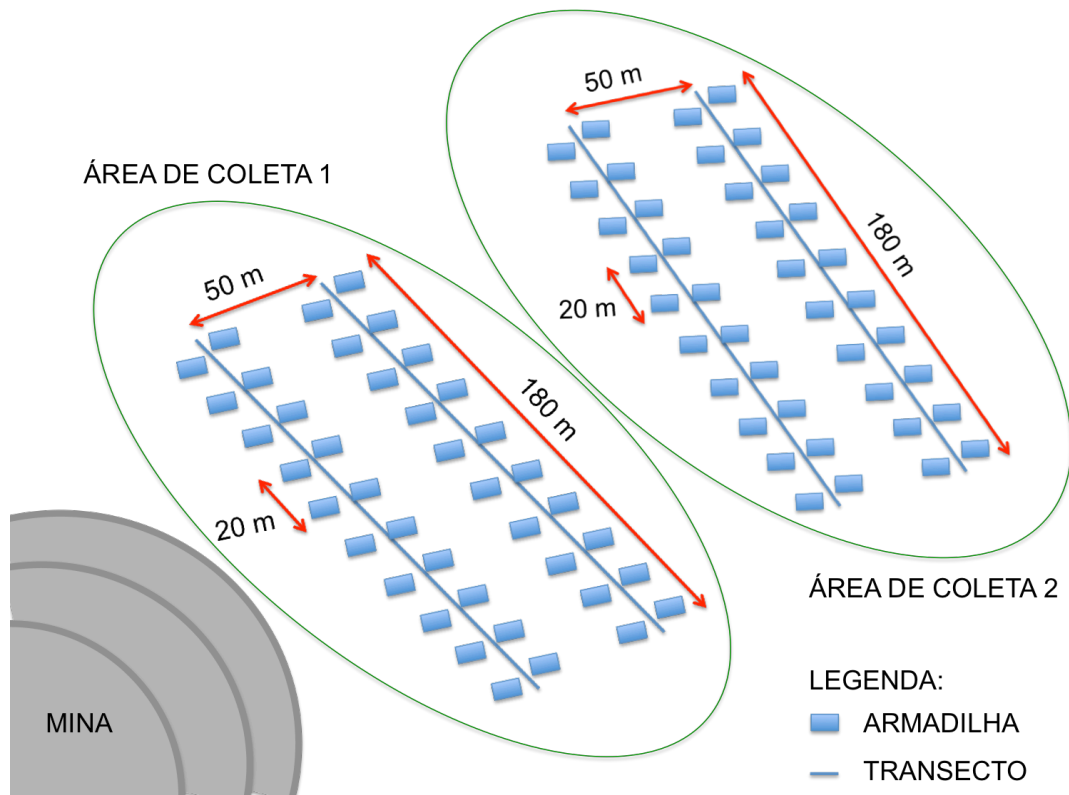


Figura 2 Esquema do desenho amostral adotado em cada parque estudado.

Sementes na dieta

As fezes dos animais amostrados foram recolhidas diretamente do interior das armadilhas ou durante o manuseio dos animais. As amostras fecais foram acondicionadas em recipientes individuais, devidamente etiquetados e levadas para posterior análise. Em laboratório, o material foi dissolvido em água e filtrado em peneira granulométrica metálica com malha de 0,25 mm. Quando presentes, as sementes foram identificadas com o uso de lupa, com o auxílio de uma coleção de referência de frutos e sementes coletados no mesmo local de estudo e depositados no herbário da Universidade Federal de Minas Gerais (BHCB), da literatura (Lorenzi 1992, 2002, 2009; Kuhlmann 2012) e de consulta a especialistas. Utilizamos os critérios de Swaine & Whitmore (1988) para identificar quais sementes amostradas pertenciam à espécies pioneiras.

Para verificar a viabilidade das sementes coletadas após a passagem pelo trato digestório dos animais, utilizou-se o reagente tetrazólio, de acordo com protocolo do Ministério da Agricultura e Abastecimento (Brasil 2009). As sementes foram colocadas em placas de Petri e embebidas em água

destilada sobre folha dupla de papel filtro durante 24 horas na temperatura de 25°C. Após esse período, foram seccionadas para expor o embrião e imersas em solução de 2, 3, 5 - trifenil cloreto de tetrazólio a 0,1%, durante 24 horas na temperatura de 30°C. As placas de Petri foram envolvidas em folha dupla de papel alumínio para evitar a fotodegradação do reagente. Este experimento permite detectar a presença da respiração celular, uma vez que quando as células do tecido exposto estão vivas, os íons de H⁺ liberados são transferidos pela desidrogenase do ácido málico, e reagem com o 2, 3, 5 - trifenil cloreto de tetrazólio, o qual é reduzido a um composto avermelhado conhecido como trifenil formazan (Brasil 2009). Tecidos não viáveis não reagem e, conseqüentemente, não são corados. Por outro lado, tecidos em deterioração terão maior intensidade de difusão da solução pelas membranas celulares comprometidas e apresentarão coloração mais intensa (vermelho escuro). O número de sementes testadas de cada espécie por amostra variou de acordo com a quantidade de sementes disponíveis.

Análise de dados

Para comparar a diversidade de sementes entre as áreas foi realizada uma análise de rarefação, escalonada para o número de amostras fecais coletadas em cada parque (Colwell et al. 2004). A suficiência amostral foi avaliada comparando a curva de acúmulo de espécies de sementes com as curvas dos estimadores assintóticos ICE, Chao2, Jack1 e Bootstrap. Na ausência de suficiência amostral, a diferença na riqueza de sementes encontradas nas fezes de pequenos mamíferos entre os parques foi testada a partir da sobreposição do Intervalo de Confiança de 95% do estimador de Jackknife de primeira ordem (Jack1). As análises foram feitas no software EstimateS 9.0 (Colwell, 2013).

A comunidade formada por pequenos mamíferos terrestres e suas plantas-alimento na área de estudo foi analisada como uma rede complexa, seguindo a abordagem usada em trabalhos sobre interações entre animais e plantas (Bascompte & Jordano 2014). Tratamos o sistema como um grafo sinalizado (Chartmand 1977), com uma combinação de interações de dispersão potencial, inferida a partir de sementes intactas, mas inviáveis e dispersão legítima, i.e., sementes viáveis. A rede foi organizada como uma matriz vertical (*array*), contendo informações sobre as espécies interagentes, a viabilidade das sementes amostradas e o número de sementes analisadas. A partir dessa matriz, foi possível construir duas listas de arestas (i.e., interações entre espécies): uma com as interações de dispersão potencial e outra com as interações de dispersão legítima. A rede foi representada como uma série de grafos bipartidos (i.e., animais vs. plantas), com múltiplas relações (i.e., as arestas podem representar dispersão de sementes potencial ou legítima) e ponderados (i.e., o peso das arestas foi representado como o número de sementes analisadas), usando o programa Pajek 3.15 (Batagelj & Mrvar 1998).

A fim de inferir sobre diferenças na dieta entre espécies de mamíferos e possíveis agrupamentos de espécies com padrões de interação similares, fizemos uma análise de modularidade na rede, usando o método de otimização Louvain (Rotta & Noack 2011) com análises

feitas no programa Pajek 3.15. Módulos são definidos como subgrupos de vértices que estão mais conectados entre si do que com outros vértices da mesma rede (Newman 2004) e podem ser usados para operacionalizar os conceitos ecológicos de guilda ou grupo funcional (*sensu* Blondel 2003), como tem sido feito em trabalhos sobre redes mutualistas de polinização (Olesen et al. 2007) e dispersão de sementes (Mello et al. 2011a).

Por fim, para determinar quais espécies de animais e plantas eram relativamente mais importantes do que as outras na manutenção da comunidade, usamos análises de centralidade. A centralidade é uma família de métricas na teoria de redes relacionada a diferentes aspectos da importância relativa de um vértice em relação aos demais para a estrutura da rede (Costa & Silva 2006; Costa et al. 2007). Escolhemos definir importância relativa calculando no Pajek 3.15 as seguintes métricas: centralidade por grau binária (i.e., quantas interações cada espécie faz na rede), centralidade por grau ponderada (i.e., a soma dos pesos de todas as interações feitas pela espécie na rede) e centralidade por intermédio binária (i.e., o quanto a espécie ajuda a ligar módulos diferentes dentro da rede). Essas métricas têm se mostrado úteis para estudar espécies-chave em redes mutualistas de diferentes tipos (Dupont & Olesen 2009; Gonzalez et al. 2010; Mello et al. 2011b, 2012; Schleuning et al. 2014).

RESULTADOS

O esforço amostral total foi de 4.880 armadilhas-noite, sendo 1.840 no PMM, 1.440 no PMSC e 1.600 no PESRM. No total foram feitas 177 capturas de 104 indivíduos pertencentes a 17 espécies de mamíferos, sendo 10 da ordem Rodentia, seis da ordem Didelphimorphia e um registro de carnívoro (*Galictis cuja*). O sucesso de capturas total foi de 3,63%. Os parques apresentaram riqueza semelhante de espécies de pequenos mamíferos, mas houve variação na composição da comunidade entre parques (Tabela 1). No PSC e no PESRM a espécie predominante nas amostras foi *N. lasiurus*. Já no PMM a distribuição foi mais equitativa, com quatro espécies predominantes. De todos os animais coletados, foram obtidas 177 amostras fecais, com 62 amostras apresentando sementes, das quais 43 possuíam sementes viáveis, representando 21 espécies diferentes de plantas. Das 17 espécies de pequenos mamíferos registradas, oito (quatro roedores e quatro marsupiais) apresentaram sementes viáveis nas fezes: *Didelphis albiventris*, *Didelphis aurita*, *Monodelphis domestica*, *Philander frenatus*, *Cerradomys scotti*, *Cerradomys subflavus*, *Necromys lasiurus* e *Oligoryzomys* sp. (Tabela 2). Aproximadamente 60% das espécies de sementes encontradas intactas nas fezes de marsupiais estavam viáveis e para roedores, 80% delas estavam viáveis. Tanto marsupiais quanto roedores apresentaram 14 espécies de sementes viáveis em suas fezes (Tabela 2). Das sementes viáveis, 64% eram de plantas pioneiras em amostras de marsupiais, e nas amostras de roedores, 57% delas eram de plantas pioneiras. As famílias de plantas pioneiras amostradas foram: Melastomataceae, Rosaceae, Rubiaceae, Solanaceae e Urticaceae. Para as espécies não identificadas ao nível de espécie, não foi possível determinar o status sucessional.

Tabela 1 Número de capturas (e abundância relativa em %) das espécies de marsupiais e roedores amostrados no Parque das Mangabeiras (PMM), no Parque da Serra do Curral (PSC) e no Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM).

ORDEM	PMM	PSC	PESRM
Família			
<i>Espécie</i>			
DIDELPHIMORPHIA			
Didelphidae			
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	1 (3,85)	1 (2,7)	
<i>Didelphis aurita</i> Wied-Neuwied, 1826	5 (19,23)	1 (2,7)	
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	1 (3,85)		
<i>Marmosops incanus</i> (Lund, 1840)	6 (23,1)		
<i>Monodelphis domestica</i> (Wagner, 1842)		4 (10,81)	5 (12,82)
<i>Philander frenatus</i> (Olfers, 1818)			2 (5,13)
RODENTIA			
Sciuridae			
<i>Guerlinguetus ingrami</i> Linnaeus, 1766	1 (3,85)		
Cricetidae			
<i>Akodon montensis</i> Thomas, 1913			2 (5,13)
<i>Akodon</i> sp	1 (3,85)		3 (7,7)
<i>Calomys tener</i> (Winge, 1837)		3 (8,11)	
<i>Cerradomys scotti</i> (Langguth & Bonvicino, 2002)		1 (2,7)	
<i>Cerradomys subflavus</i> (Wagner, 1842)	5 (19,23)	8 (21,62)	7 (17,95)
<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	5 (19,23)	12 (32,43)	17 (43,6)
<i>Nectomys squamipes</i> (Brants, 1827)			1 (2,6)
<i>Oligoryzomys flavescens</i> (Waterhouse, 1837)		5 (13,51)	1 (2,6)
<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)		1 (2,7)	
<i>Oligoryzomys</i> sp		1 (2,7)	
<i>Oxymycterus dasytrichus</i> (Schinz, 1821)			1 (2,6)
Total de espécies	8	9	8
Total de capturas	49	48	80
Sucesso de captura (%)	2,66	3,33	5

Tabela 2 Frequência relativa (%) da viabilidade das espécies de sementes nas amostras fecais de pequenos mamíferos não-voadores. N representa o número de amostras fecais com sementes.

FAMÍLIA	<i>Didelphis albiventris</i>	<i>Didelphis aurita</i>	<i>Monodelphis domestica</i>	<i>Philander frenatus</i>	<i>Cerradomys scotti</i>	<i>Cerradomys subflavus</i>	<i>Necomys lasiurus</i>	<i>Oligoryzomys sp</i>	NI(não identificado)
Espécie	N=2	N=11	N=2	N=2	N=1	N=14	N=27	N=1	N=1
ERYTHROXYLACEAE									
<i>Erythroxylum sp</i>		100							
EUPHORBIACEAE									
<i>Euphorbiaceae sp***</i>		72,73							
MELASTOMATAACEAE									
<i>Leandra aurea***</i>							52,17		
<i>Leandra cf coriacea***</i>							33,33		
<i>Miconia ligustroides***</i>		9,62							
<i>Miconia pepericarpa***</i>						33,33			
<i>Miconia sp1***</i>	25								
MYRTACEAE									
<i>Campomanesia adamantium</i>							14,29		
<i>Myrtaceae sp</i>		77,78					33,33		
<i>Psidium sp</i>			4,55			100	63,16		
ROSACEAE									
<i>Rubus sp1***</i>	75								
<i>Rubus sp2***</i>				100					
RUBIACEAE									
<i>Chiococca alba***</i>							25		
<i>Coccocypselum aureum***</i>		100			14,29	11,76			
SOLANACEAE									
<i>Solanum sp***</i>							71,43		
URTICACEAE									
<i>Cecropia cf hololeuca***</i>									60
<i>Cecropia pachystachya***</i>		66,67				40,91			
<i>Cecropia cf glaziovii***</i>		26,67				20			
Morfosp1	28,57								
Morfosp2		66,67						100	
Morfosp3			100				56,88		

**Guerlinguetus ingrami* não apresentou sementes viáveis em suas fezes

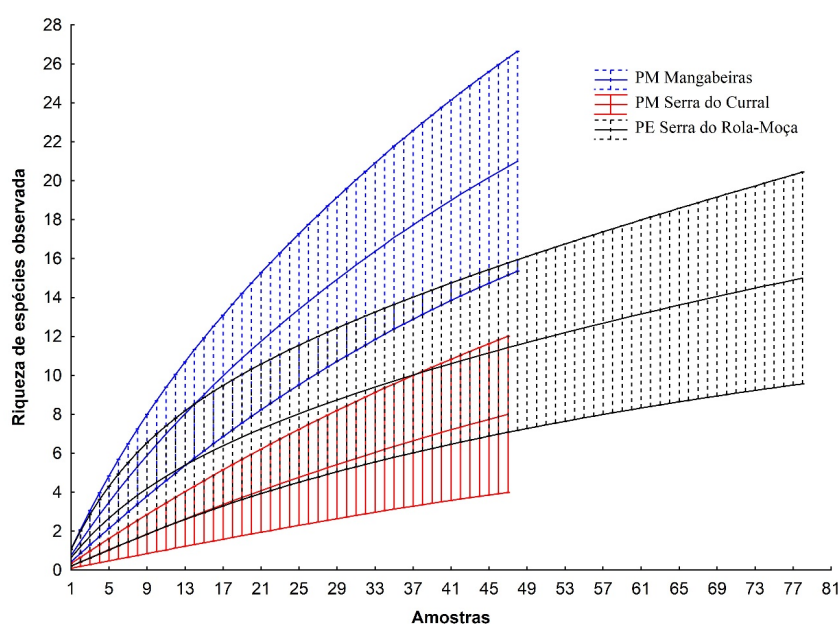
**NI = Espécie de roedor não identificada

***Plantas pioneiras. Classificação de acordo com critérios de Swaine & Whitmore (1988)

O número de amostras fecais coletadas não foi suficiente para representar as espécies de sementes que poderiam ser encontradas nas fezes dos animais, resultado demonstrado pela ausência de um padrão de estabilização da curva de acúmulo de espécies de sementes (Figura 3) e na comparação dessa curva com as curvas dos estimadores assintóticos, cujos valores foram sempre maiores (Figura 4), tanto no conjunto das três áreas estudadas quanto em cada parque. A riqueza de espécies de sementes estimada utilizando o estimador Jackknife foi de 34 espécies no PMM, 14 espécies no PSC e 23 espécies no PESRM, sendo a diferença significativa entre os parques (Figura 5).

A análise das interações entre mamíferos e plantas indicou que a rede de dispersão de sementes apresenta uma estrutura modular, na qual espécies de mamíferos estão organizadas em subgrupos, interligados por algumas espécies de plantas (Figura 6). Como observado no grafo, e confirmado pelos valores calculados para a centralidade por intermédio binária, as principais espécies de sementes que interligam subgrupos distintos na rede foram *Cecropia pachystachya*, *Cecropia cf glaziovii*, *Coccocypselum aureum* e um espécie não identificada de Myrtaceae, todas sendo de plantas pioneiras, exceto a última que não pôde ser classificada. Os mamíferos que apresentaram maior número de interações na rede, de acordo com o índice de centralidade por grau ponderado, foram *D. aurita*, *N. lasiurus* e *C. subflavus*. A dieta de tais espécies se mostrou complementar, enquanto que a diferença na dieta de *D. aurita* e *D. albiventris* sugeriu uma segregação do nicho alimentar desses animais.

A fim de verificar se o sucesso amostral influenciou nos resultados dos cálculos da importância relativa de cada espécie, foi feita uma regressão linear entre a centralidade ponderada e o número de amostras de cada espécie. Foi encontrada relação positiva entre estas variáveis tanto para mamíferos ($r^2 = 0,91$; $p < 0,0001$) quanto para plantas ($r^2 = 0,59$; $p < 0,0001$).



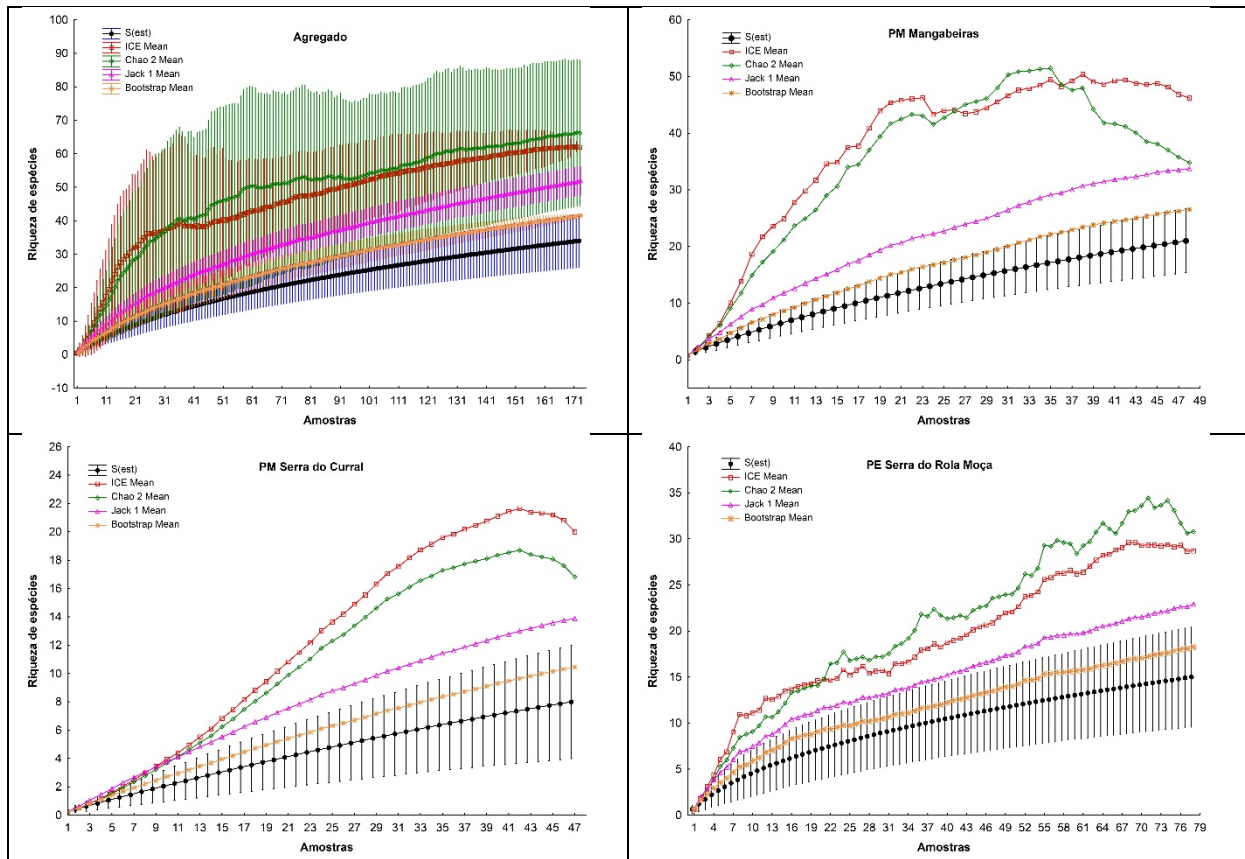


Figura 4 Estimadores assintóticos e curva de acúmulo de espécies de plantas nas amostras fecais em cada parque e no agregado dos três parques. Para melhorar a visualização dos padrões, as faixas de IC de 95% dos estimadores assintóticos são apresentadas apenas para o agregado dos parques.

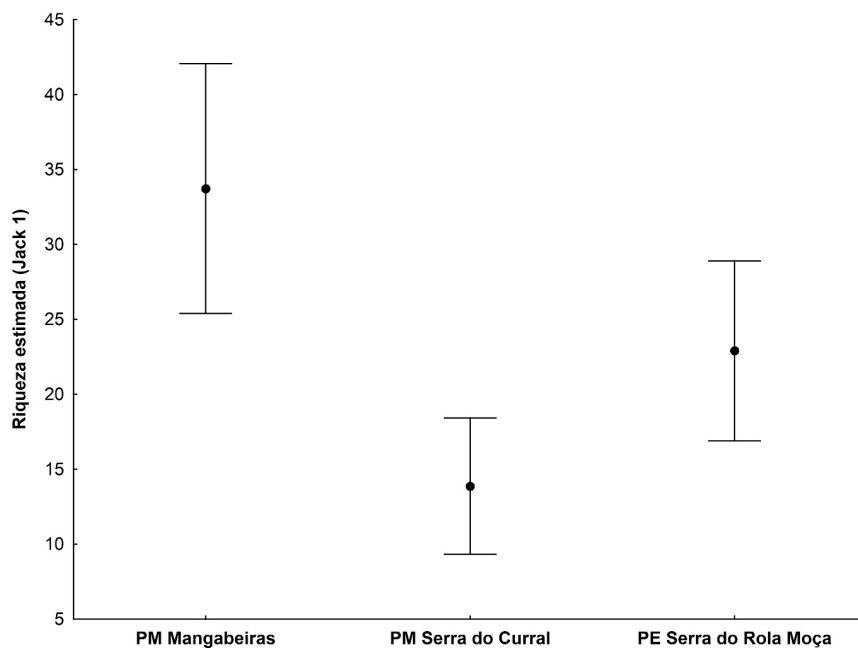


Figura 5 Riqueza de espécies de sementes (\pm IC 95%) estimada pelo Jackknife de primeira ordem.

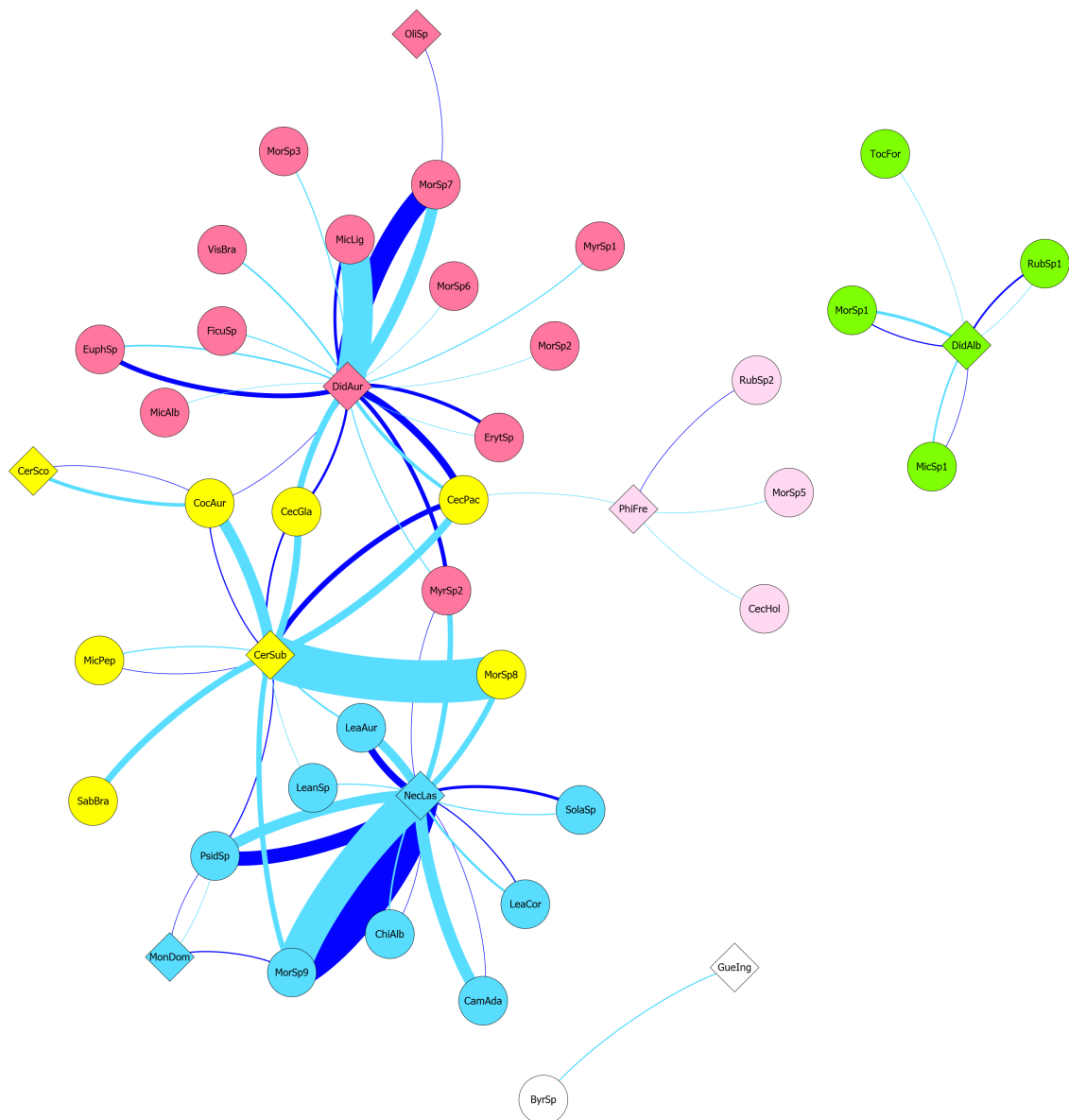


Figura 6 Rede de interações entre espécies de pequenos mamíferos e espécies de sementes. Losangos representam espécies de mamíferos, círculos representam espécies de plantas e a espessura das linhas é proporcional ao número de sementes analisadas. Interações de dispersão legítima são representadas por linhas azul escuro e as de dispersão potencial, por linhas azul claro.

DISCUSSÃO

A presença de sementes intactas viáveis encontradas nas fezes dos marsupiais corrobora o papel desses animais como dispersores legítimos de sementes. Sementes intactas encontradas nas fezes de marsupiais foram verificadas por diversos autores (Medellín 1994; Carvalho et al. 2005; Casella & Cáceres 2006 e Leiner & Silva, 2007) mas estudos que avaliam a viabilidade das sementes após a passagem pelo tubo digestório são raros (ver Lessa et al. 2013). A verificação da viabilidade das sementes amostradas nas fezes é importante para se afirmar o real papel dos animais como dispersores de sementes (Robertson et al. 2006). Alguns autores como Cáceres et al. (2002) e

Pinheiro et al. (2002) associam a presença de sementes intactas nas fezes dos animais à dispersão de sementes, mas sem avaliar se tais sementes estavam ou não viáveis. Em nosso estudo, aproximadamente 60% das espécies de sementes encontradas intactas nas fezes de marsupiais estavam viáveis. Entretanto, cabe ressaltar que a inviabilidade do restante das sementes pode ser um artefato, resultante do armazenamento prolongado das sementes antes da realização dos testes de viabilidade.

Uma vez que roedores geralmente são predadores de sementes devido aos seus dentes incisivos proeminentes e seu aparelho mastigatório triturador (Price & Jenkins, 1986; Vander Wall 1990; Pinheiro et al. 2002; Gómez et al. 2007), esperávamos que eles se mostrassem dispersores potenciais (Wang & Smith 2002; Casella & Cáceres 2006; Dennis & Westcott 2006). Entretanto, o presente estudo indicou o importante papel dos roedores na dispersão de sementes. Dentre as espécies de sementes intactas em suas fezes, 80% apresentaram viabilidade. Estes resultados nos permitem caracterizar os roedores como dispersores legítimos de sementes, assim como os marsupiais, podendo ter um importante papel para a restauração de áreas degradadas.

Os primeiros registros de *Didelphis aurita*, *Cerradomys subflavus* e *Necromys lasiurus* no PMM, importantes dispersores por apresentarem maior número de interações na rede como revelado neste estudo, indicam a importância dessa área protegida no potencial de regeneração das áreas mineradas adjacentes. A riqueza de espécies tanto de pequenos mamíferos, quanto de sementes, registradas no PSC, semelhante à encontrada nas outras áreas deste estudo, revela a importância deste parque na conservação de dispersores de sementes, mesmo apresentando uma área consideravelmente menor e com menor variação de fitofisionomias. O PESRM é um parque consideravelmente maior que os outros estudados e apresenta maior riqueza de habitats. No entanto, a riqueza de espécies de sementes encontrada nas amostras foi mais baixa que o esperado, o que poderia ser justificado pelo fato de não ter sido amostrado neste parque a espécie de marsupial *Didelphis aurita*, que apresentou grande importância no consumo de sementes como mostrado no grafo de redes.

Avaliando a rede de interações, houve uma sobreposição de dieta dos roedores *N. lasiurus* e *C. subflavus*, assim como encontrado no estudo de Vieira et al. (2005), havendo um compartilhamento na alimentação (e dispersão) de algumas espécies de plantas. O padrão de dieta encontrado no presente estudo demonstrou uma complementariedade no papel de dispersão de sementes entre marsupiais e roedores. A alimentação da mesma espécie de fruto pelos animais pode aumentar a chance de dispersão da espécie, como seria o caso das espécies de *C. pachyspachya*, *C. cf glaziovii*, *C. aureum* e Myrtaceae sp, que tiveram seus frutos ingeridos por três animais diferentes. Enquanto que a variedade na alimentação de frutos pode aumentar a diversidade de plantas sendo dispersas, ambos os casos sendo importantes na restauração da vegetação.

As espécies de roedores *N. lasiurus* e *C. subflavus* e de marsupial *D. aurita*, que mais apresentaram espécies com sementes viáveis em suas fezes, são consideradas habitat-generalistas

(Alho 2005). Cáceres et al. (1999) mostraram que marsupiais como *Didelphis* podem transportar sementes por distâncias de até 82 m e sendo mais generalistas na ocupação de habitats, podem se deslocar pelas bordas e clareiras da vegetação (Medellín 1994; Pires et al. 2002; Cáceres & Monteiro-Filho 2007; Cerboncini et al., 2011) e até em áreas urbanas (Alho 2005). Portanto, é importante que a regeneração da vegetação não dependa somente de frugívoros especialistas, uma vez que espécies generalistas são capazes de transitar por ambientes perturbados (Alho 2005).

A relação positiva entre o número de amostras e os índices de centralidade da rede foi apontada pela análise de regressão, indicando que o sucesso amostral pode ter influenciado os resultados da importância relativa de cada espécie. Vázquez e Aizen (2005) afirmam que a quantidade de amostras encontradas pode estar parcialmente relacionada à abundância relativa das espécies, de modo que espécies mais abundantes tendem a ter interações mais frequentes. Resultados dos trabalhos de Morris (2003) e de Vázquez et al. (2005) apontam que na maioria dos casos, as espécies mutualistas (polinizadores e dispersores) mais abundantes são as que provêm uma porção mais substancial do serviço ecossistêmico, indicando que a frequência da interação entre animal e planta (i. e., número de amostras com sementes) é tão importante para a planta quanto a qualidade do serviço prestado (i. e., sementes viáveis nas amostras).

O presente estudo apresenta a relação complexa de mutualismo existente entre pequenos mamíferos e plantas em áreas protegidas adjacentes a áreas impactadas pela mineração. As sementes dispersas por pequenos mamíferos são compostas majoritariamente por espécies de plantas pioneiras que tem um importante papel na regeneração de áreas degradadas. Os resultados das interações entre os roedores e marsupiais e a viabilidade das sementes dispersas sugerem que a classificação dos animais quanto à dispersão deveria obedecer um contínuo, desde animais incapazes de dispersar sementes viáveis até aqueles dispersores legítimos de grande quantidade de sementes viáveis, de plantas pioneiras. Tal análise representa um caráter inédito, visto que em quase todos os estudos, a rede é constituída por apenas um tipo de interação ou *link*. O papel dos roedores e marsupiais como dispersores de sementes de plantas pioneiras, associado à proximidade entre as áreas degradadas e os fragmentos remanescentes conservados, pode permitir que sementes de plantas nativas sejam transportadas pelos agentes dispersores, contribuindo assim para o processo de restauração das áreas degradadas pela mineração (Turner & Corlett 1996; Parrotta et al. 1997; Wunderle Jr 1997; Tabarelli & Peres 2002; Howe & Miriti 2004; Rodrigues et al. 2004; Araújo et al. 2005).

LITERATURA CITADA

- Alho, C. J. (2005). Intergradation of habitats of non-volant small mammals in the patchy Cerrado landscape. *Arquivos do Museu Nacional*, 63(1), 41-48.
- Andresen, E. L. L. E. N. (2000). Ecological roles of mammals: the case of seed dispersal. In: Entwistle, A. and Dunstone, N. (Eds). *Priorities for the Conservation of Mammalian Diversity. Has the Panda had its Day?* Cambridge University Press, UK. 11-25.
- Araújo, F. S. D., Martins, S. V., Meira Neto, J. A. A., Lani, J. L., & Pires, I. E. (2005). Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. *Revista Árvore*, 29, 107-116.
- Bascompte, J., & Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 38, 567-593.
- Bascompte, J. & Jordano, P. (2014). *Mutualistic networks*. 1st edition. Princeton University Press, Princeton.
- Batagelj, V., & Mrvar, A. (1998). Pajek-program for large network analysis. *Connections*, 21(2), 47-57.
- Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*.100(2), 223-231.
- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS. 395p.
- Cáceres, N. C. (2002). Food habits and seed dispersal by the white-eared opossum, *Didelphis albiventris*, in southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 37(2), 97-104.
- Cáceres, N. C. (2004). Diet of three didelphid marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) in southern Brazil. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 69(6), 430-433.
- Cáceres, N. C., Dittrich, V. A. O., & Monteiro-Filho, E. L. A. (1999). Fruit consumption, distance of seed dispersal and germination of solanaceous plants ingested by common opossum (*Didelphis aurita*) in southern Brazil. *Revue d'écologie*, 54(3), 225-234.
- Cáceres, N. C., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2000). The common opossum, *Didelphis aurita*, as a seed disperser of several plants in southern Brazil. *Ciência e Cultura*, 52(1), 41-44.
- Cáceres, N. C., & Monteiro-Filho, E. L. D. A. (2007). Germination in seed species ingested by opossums: implications for seed dispersal and forest conservation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(6), 921-928.
- Camargo, N. F., Cruz, R. M. S., Ribeiro, J. F., & Vieira, E. M. (2011). Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central. *Acta Botanica Brasilica*, 25(3), 646-656.

- Cantor, M., Ferreira, L. A., Silva, W. R., & Setz, E. Z. F. (2010). Potential seed dispersal by *Didelphis albiventris* (Marsupialia, Didelphidae) in highly disturbed environment. *Biota Neotropica*, 10(2), 45-51.
- Carvalho, V. S. (2000). Comunidades de Pequenos Mamíferos não voadores em duas Áreas de Cerrado com Diferentes Graus de Alteração, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Município de Nova Lima, MG, Brasil. Dissertação. Pontifícia Universidade Católica, Minas Gerais. 81p.
- Carvalho, F. M. V., Fernandez, F. A. S., & Nessimian, J. L. (2005). Food habits of sympatric opossums coexisting in small Atlantic Forest fragments in Brazil. *Mammalian Biology*, 70(6), 366-375.
- Casella, J., & Cáceres, N. C. (2006). Diet of four small mammal species from Atlantic forest patches in South Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 1(1), 5-11.
- Carboncini, R. A. S., Passamani, M., & Braga, T. V. (2011). Use of space by the black-eared opossum *Didelphis aurita* in a rural area in southeastern Brazil. *Mammalia*, 75(3), 287-290.
- Chartmand, G. (1977). *Introductory graph theory*. Dover Publications, New York.
- Colwell, R. K., Mao, C. X., & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85(10), 2717-2727.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Costa, L. D. F., Rodrigues, F. A., Travieso, G., & Villas Boas, P. R. (2007). Characterization of complex networks: A survey of measurements. *Advances in Physics*, 56(1), 167-242.
- Costa, L. F. & Silva, F. N. (2006). Hierarchical characterization of complex networks. *Journal of Statistical Physics*, 125(4), 841-872.
- Dennis, A. J., & Westcott, D. A. (2006). Reducing complexity when studying seed dispersal at community scales: a functional classification of vertebrate seed dispersers in tropical forests. *Oecologia*, 149(4), 620-634.
- Dennis, A. J., Green, R. J. Schupp, E. W. & Westcott, D. A. (2007). *Seed dispersal: theory and its application in a changing world*. Wallingford: CABI Publishing, UK.
- Duncan, R. S., & Chapman, C. A. (2002). 29 Limitations of animal seed dispersal for enhancing forest succession on degraded lands. In: D. J. Levey, W. R. Silva and M. Galetti (Eds). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. Wallingford, CABI Publishing, UK. 437-450.
- Dupont, Y. L., & Olesen, J. M. (2009). Ecological modules and roles of species in heathland plant–insect flower visitor networks. *Journal of Animal Ecology*, 78(2), 346-353.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 487-515.

- Farwig, N., & Berens, D. G. (2012). Imagine a world without seed dispersers: a review of threats, consequences and future directions. *Basic and Applied Ecology*, 13(2), 109-115.
- Gardner, A. L. 2005. Ordem Didelphimorphia. In: D. E. Wilson, and D. M. Reeder (Eds). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3rd edition. Smithsonian Institution Press and American Society of Mammalogists. 3-18.
- González, A. M., Dalsgaard, B., & Olesen, J. M. (2010). Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. *Ecological Complexity*, 7(1), 36-43.
- Gorchov, D. L., Cornejo, F., Ascorra, C., & Jaramillo, M. (1993). The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. In: Fleming, T. H. & Estrada, A. (Eds.) *Frugivory and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects*. Belgium, Kluwer Acad. Publ., pp. 339–349.
- Grelle, C. E. V. & Garcia, Q. S. (1999). Potential dispersal of *Cecropia hololeuca* by the common opossum (*Didelphis aurita*) in Atlantic forest, southeastern Brazil. *Revue d'écologie*, 54:327-332.
- Howe, H. F., & Miriti, M. N. (2004). When seed dispersal matters. *BioScience*, 54(7), 651-660.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 201-228.
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenlead, S. S., Keitt, T. H., Klein, A. M., Regetz, J. & Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299-314.
- Kuhlmann, M. 2012. Frutos e sementes do Cerrado atrativos para fauna: guia de campo. Ed. Redes de Semente do Cerrado, Brasília. 360p.
- Laurance, W. F. (1996). Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. *Environmental Conservation*, 23, 90-91.
- Leal, K. P. G., Batista, I. R., Santiago, F. L., Costa, C. G., Câmara, E. M. V. C. (2008). Mamíferos registrados em três unidades de conservação na Serra do Espinhaço: Parque Nacional da Serra do Cipó, Parque Nacional das Sempre Vivas e Parque Estadual da Serra do Rola-Moça. *Sinapse Ambiental*, 5(1), 40-50.
- Leiner, N. O., & Silva, W. R. (2007). Seasonal variation in the diet of the Brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in a montane Atlantic forest area, southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 88(1), 158-164.

- Lessa L. G., B. M. A. Costa, D. M. Rossoni, V. C. Tavares, L.G. Dias, E. A. M. Junior and J. A. Silva. (2008). Mamíferos da Cadeia do Espinhaço: riqueza, ameaças e estratégias para conservação. *Megadiversidade*, 4(2), 218-232.
- Lessa, L. G. & Costa, F. N. (2009). Food Habits and Seed Dispersal by *Thrichomys apereoides* (Rodentia : Echimyidae) in a Brazilian Cerrado Reserve. *Mastozool. Neotrop.*, 16(2), 459-463.
- Lessa, L. G., & da Costa, F. N. (2010). Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado reserve. *Mammalian Biology*, 75(1), 10-16.
- Lessa, L. G., Geise, L., & Costa, F. N. (2013). Effects of gut passage on the germination of seeds ingested by didelphid marsupials in a neotropical savanna. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), 519-525.
- Lorenzi, H. (1992). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP : Editora Plantarum, v.1, 352p.
- Lorenzi, H. (2002). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2 ed. Nova Odessa, SP : Editora Plantarum, v.2, 368p.
- Lorenzi, H. (2009). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1 ed. Nova Odessa, SP : Editora Plantarum, v.3, 368p.
- Mechi, A., & Sanches, D. L. (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *estudos avançados*, 24(68), 209-220.
- Medellin, R. A. (1994). Seed dispersal of *Cecropia obtusifolia* by two species of opossums in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 400-407.
- Mello, M. A., Bezerra, E. L., & Machado, I. C. (2013). Functional Roles of Centridini Oil Bees and Malpighiaceae Oil Flowers in Biome-wide Pollination Networks. *Biotropica*, 45(1), 45-53.
- Mello, M. A. R., Marquitti, F. M. D., Guimaraes Jr, P. R., Kalko, E. K. V., Jordano, P., & de Aguiar, M. A. M. (2011). The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat-and bird-fruit networks. *Oecologia*, 167(1), 131-140.
- Mello, M. A. R., Marquitti, F. M. D., Guimarães Jr, P. R., Kalko, E. K. V., Jordano, P., & de Aguiar, M. A. M. (2011). The missing part of seed dispersal networks: structure and robustness of bat-fruit interactions. *PLoS One*, 6(2), e17395.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis*. World Health Organization, Paris, FR.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Newman, M. E. (2004). Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 38(2), 321-330.

- Olesen, J. M., Bascompte, J., Dupont, Y. L., & Jordano, P. (2007). The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19891-19896.
- Oliveira Neto, R., & Petter, C. O. (2005). A abordagem da economia ambiental no contexto da mineração. *Revista Escola de Minas*, 58(1), 71-75.
- Paglia, A. P.; Fonseca, G. A. B.; Rylands, A. B.; Herrmann, G.; Aguiar, L. M. S.; Chiarello, A. G.; Leite, Y. L. R.; Costa, L. P.; Siciliano, S.; Kierulff, M. C. M.; Mendes, S. L.; Tavares, V. C.; Mittermeier, R. A.; Patton J. L. (2012). Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. 2ª Edição. Occasional Papers in Conservation Biology, No. 6. Conservation International, Arlington, VA. 76p.
- Parrotta, J. A., Knowles, O. H., & Wunderle Jr, J. M. (1997). Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 99(1-2), 21-42.
- Pinheiro, P. S., Carvalho, F. M., Fernandez, F. A., & Nessimian, J. L. (2002). Diet of the marsupial *Micoureus demerarae* in small fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 37(3), 213-218.
- Pires, A. S., Koeler Lira, P., Fernandez, F. A., Schittini, G. M., & Oliveira, L. C. (2002). Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 108(2), 229-237.
- Price M. V. & Jenkins S. H. (1986). Rodents as Seed Consumers and Dispersers. In: *Seed Dispersal*. D. R. Murray (Ed.). Academic Press Incorporation, 322, 191-235.
- 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*, 142(6), 1141-1153.
- Robertson, A. W., Trass, A., Ladley, J. J., & Kelly, D. (2006). Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. *Functional Ecology*, 20(1), 58-66.
- Rodrigues, R. R., Martins, S. V., & de Barros, L. C. (2004). Tropical rain forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 190(2), 323-333.
- Rossi, R. V.; Bianconi, G. V. & Pedro, W. A. (2006). Ordem Didelphimorphia. In: *Mamíferos do Brasil*. N. R. Reis, A. L. Peracchi, W. A. Pedro & I. P. Lima (Eds.) Paraná. 29-68.
- Rossi, R. V.; Brandão, M.V., Carmignotto, A. P., Miranda, C. L. & Cherem, J. J. (2012). Diversidade Morfológica e Taxonômica de Marsupiais Didelfídeos, com Ênfase nas Espécies Brasileiras. In: *Os Marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Conservação*. N. C. Cáceres(Ed.) Campo Grande: Ed. UFMS, p. 23-72.
- Rotta, R., & Noack, A. (2011). Multilevel local search algorithms for modularity clustering. *Journal of Experimental Algorithmics (JEA)*, 16, 2-3.

- Schleuning, M., Ingmann, L., Strauß, R., Fritz, S. A., Dalsgaard, B., Matthias Dehling, D., ... & Dormann, C. F. (2014). Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. *Ecology Letters*.
- Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica (2006). *Panorama Da Biodiversidade Global 2*. MMA, Brasília.
- Stiles, E. W. (2000). Animals as seed dispersers. *Seeds, the Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 111-124.
- Swaine, M. D., & Whitmore, T. C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75(1-2), 81-86.
- Tabarelli, M., & Peres, C. A. (2002). Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation*, 106(2), 165-176.
- Turner, I. M., & T Corlett, R. (1996). The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(8), 330-333.
- Turner, W. R., Brandon, K., Brooks, T. M., Costanza, R., Fonseca, G. A., & Portela, R. (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 57(10), 868-873.
- Vander Wall, S. B. (1990). *Food hoarding in animals*. University of Chicago Press, Chicago, IL. 453p.
- Vázquez, D.P. & Aizen, M.A. (2005). Community-wide patterns of specialization in plant-pollinator interactions revealed by null- models. In: Waser, N.M. & Ollerton, J. (eds). *Specialization and Generalization in Plant–Pollinator Interactions*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Vieira, E. M., Iob, G., Briani, D. C., & Palma, A. R. T. (2005). Microhabitat selection and daily movements of two rodents (*Necromys lasiurus* and *Oryzomys scottii*) in Brazilian Cerrado, as revealed by a spool-and-line device. *Mammalian Biology*, 70(6), 359-365.
- Wang, B. C., & Smith, T. B. (2002). Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 379-386.
- Weksler, M., Percequillo, A. R., & Voss, R. S. (2006). Ten new genera of oryzomyine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). *American Museum Novitates*, 1-29.
- Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.). (2005). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3ed., Smithsonian Institution Press and American Society of Mammalogists.
- Wunderle Jr, J. M. (1997). The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99(1-2), 223-235.

ANEXO

Código das espécies usado no grafo de redes de interações entre pequenos mamíferos e espécies de sementes.

Código	Espécie
CerSco	<i>Cerradomys scotti</i>
CerSub	<i>Cerradomys subflavus</i>
DidAlb	<i>Didelphis albiventris</i>
DidAur	<i>Didelphis aurita</i>
MonDom	<i>Monodelphis domestica</i>
NecLas	<i>Necomys lasiurus</i>
OliSp	<i>Oligoryzomys sp</i>
PhiFre	<i>Philander frenatus</i>
Guelng	<i>Guerlinguetus ingrami</i>
ByrSp	<i>Byrsonima sp</i>
CamAda	<i>Campomanesia adamantium</i>
CecHol	<i>Cecropia cf hololeuca</i>
CecPac	<i>Cecropia pachystachya</i>
CecrSp	<i>Cecropia sp</i>
ChiAlb	<i>Chiococca alba</i>
CocAur	<i>Coccocypselum aureum</i>
ErytSp	<i>Erythroxylum sp</i>
EuphSp	<i>Euphorbiaceae sp</i>
FicuSp	<i>Ficus sp</i>
LeaAur	<i>Leandra aurea</i>
LeaCor	<i>Leandra cf coriacea</i>
LeanSp	<i>Leandra sp</i>
MicAlb	<i>Miconia albicans</i>
MicLig	<i>Miconia ligustroides</i>
MicPep	<i>Miconia pepericarpa</i>
MicSp1	<i>Miconia sp1</i>
MorSp1	<i>Morfosp1</i>
MorSp2	<i>Morfosp2</i>
MorSp3	<i>Morfosp3</i>
MorSp5	<i>Morfosp5</i>
MorSp6	<i>Morfosp6</i>
MorSp7	<i>Morfosp7</i>
MorSp8	<i>Morfosp8</i>
MorSp9	<i>Morfosp9</i>
MyrSp1	<i>Myrtaceae sp1</i>
MyrSp2	<i>Myrtaceae sp2</i>
PsidSp	<i>Psidium sp</i>
RubSp1	<i>Rubus sp1</i>
RubSp2	<i>Rubus sp2</i>
SabBra	<i>Sabicea brasiliensis</i>
SolaSp	<i>Solanum sp</i>
TocFor	<i>Tocoyena cf formosa</i>
VisBra	<i>Vismia cf brasiliensis</i>

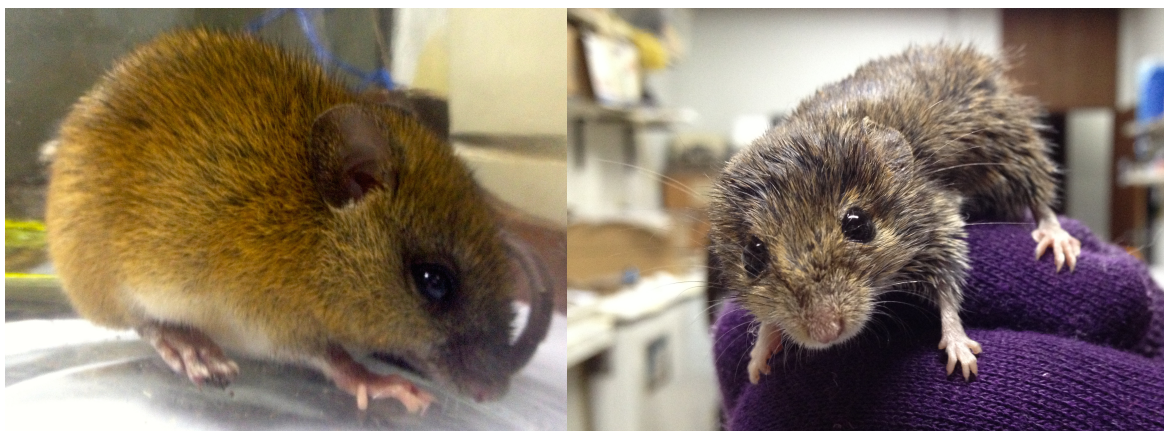
ANEXO - REGISTRO FOTOGRÁFICO



Marsupiais capturados durante campanha. Espécies: *Monodelphis domestica*, *Marmosops incanus* e *Philander frenatus*. Fotos: Christiane Genrich e Alessandra Santos.



Didelphídeos capturados em armadilha do tipo Tomahawk. Espécies: *Didelphis aurita* (esquerda) e *Didelphis albiventris* (direita). Fotos: Christiane Genrich.



Roedores das espécies *Cerradomys subflavus* (esquerda) e *Necromys lasiurus* (direita). Fotos: Christiane Genrich.



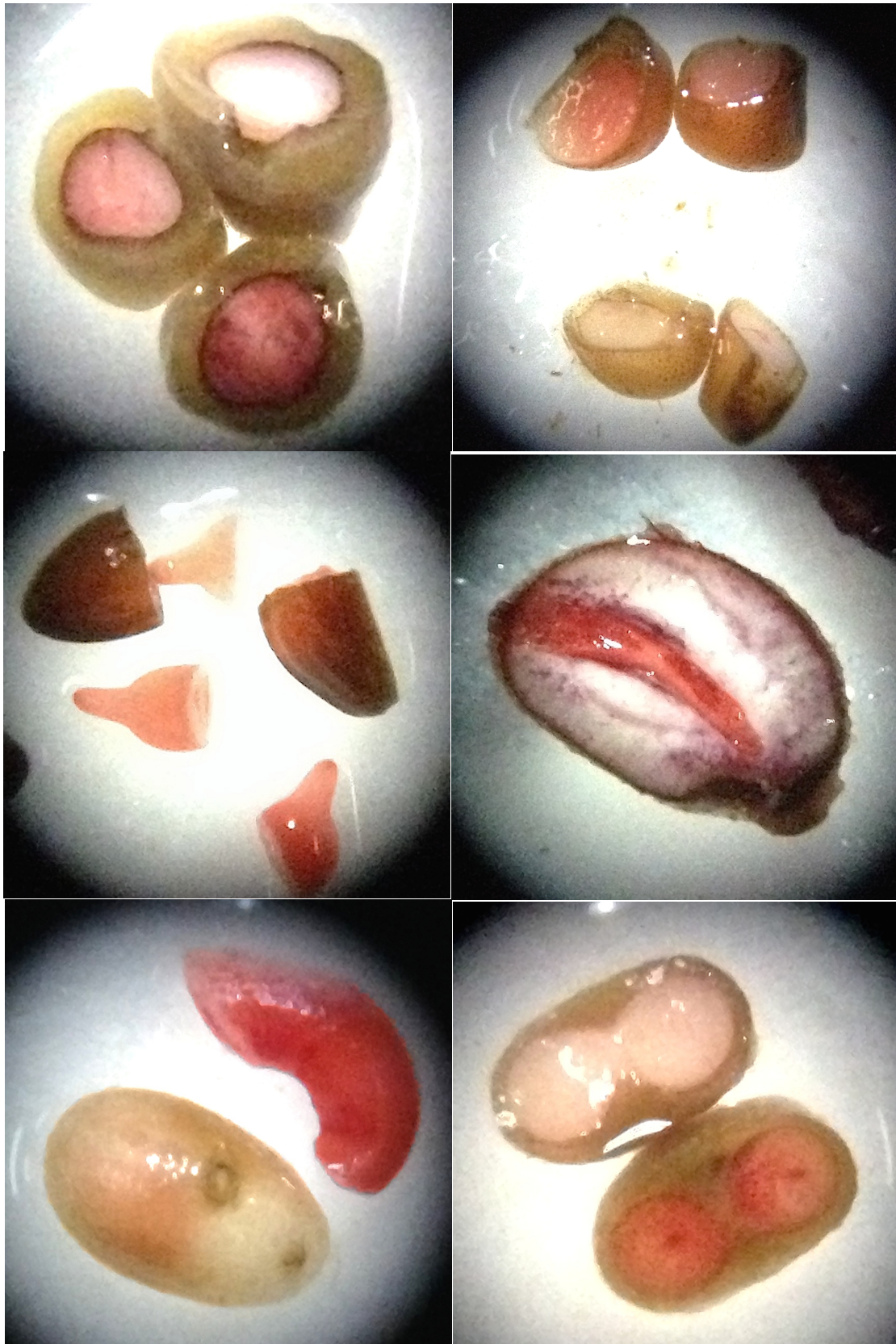
Furão da espécie *Galictis cuja* capturado do Parque das Mangabeiras. Foto: Christiane Genrich.



Armadilhas do tipo Tomahawk (esquerda) e Shermann (direita) usadas nas coletas. Fotos: Alessandra Santos e Raphael Lima.



Sementes retiradas das fezes dos animais capturados. A: *Solanum* sp.; B: (da esquerda para direita) *Cecropia* cf *glaziovii*, *Cecropia* *pachystachya*, *Cecropia* cf *hololeuca*; C: *Psidium* sp.; D: *Rubus* sp.; E: espécie não identificada. Fotos: Christiane Genrich.



Sementes com embrião exposto após teste de viabilidade com tetrazólio. Embriões em tons de vermelho são viáveis e embriões não corados (brancos) são inviáveis. Fotos: Christiane Genrich.