

Carina Macagnan Rover

**DIVERSIDADE DE BESOUROS ESCARABÉINEOS
(COLEOPTERA: SCARABAEINAE) E REMOÇÃO DE MASSA
FECAL EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Agroecossistemas
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Agroecossistemas.
Orientador: Prof. Dr. Abdon Luiz
Schmitt Filho
Coorientadora: Prof.^a Dra. Malva
Isabel Medina Hernández

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rover, Carina Macagnan
Diversidade de besouros escarabêneos
(Coleoptera: Scarabaeinae) e remoção de massa fecal
em sistema silvipastoril com núcleos / Carina
Macagnan Rover ; orientador, Abdon Luiz Schmitt
Filho, coorientadora, Malva Isabel Medina
Hernández, 2019.
58 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

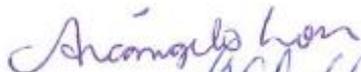
1. Agroecossistemas. 2. Funções ecossistêmicas.
3. Ecologia de paisagens rurais. 4. Pastagem. 5.
Pastoreio Racional. Voisin. I. Schmitt Filho, Abdon
Luiz. II. Hernández, Malva Isabel Medina. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

**“Diversidade de Besouros
Escarabeíneos (*Coleoptera*:
Scarabaeinae) e Remoção de Massa
Fecal em Sistema Silvipastoril com
Núcleos.”**

Por

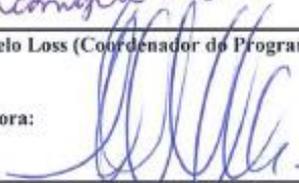
CARINA MACAGNAN ROVER

Dissertação julgada adequada, em 27/02/2019, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.



Prof. Dr. Arcângelo Loss (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:



Abdon Luiz Schmitt Filho (Presidente/Orientador)



Patrícia Menegaz de Farias (Titular Externa/UNISUL)



Gisele Garcia Alarcon (Titular Interno/ PNP/PGA/UFSC)

Candidata ao título:



CARINA MACAGNAN ROVER

Florianópolis, 27 de fevereiro de 2019

Este trabalho é dedicado à minha família, por serem exemplo de força e coragem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, com muito carinho:

À minha família,

Pelo apoio, por acreditarem e torcerem por mim sempre e por serem meu porto seguro.

Aos meus orientadores Abdon e Malva,

Pela confiança, paciência, orientação, apoio e todos os ensinamentos profissionais e pessoais. Em especial, agradeço a Malva por todo o tempo que generosamente dedicou e por tudo que me ensinou sobre o mundo dos rola-bostas.

Aos colegas do LASSre,

Pela amizade, cooperação, risadas, cafés, docinhos e todos os momentos que compartilhamos. Em especial, agradeço à Thais Buratto e Luiz Zin Battisti pelos conselhos, ao Stéfano Kretzer, Thais Buratto e André de Almeida pela ajuda de campo e ao Matheus Deniz por estar sempre disponível, pelas “trocas científicas”, chimarrão e tereré.

Aos agricultores de Santa Rosa de Lima,

Por sempre estarem de “portas-abertas” e por todos os ensinamentos e vivências. Em especial, agradeço às famílias de Madalena e Bertilo Vandrensen, Cláudia e Dauri Herdt, e Lauro Blemer pela oportunidade de fazer as coletas em suas propriedades. Agradeço também às famílias de Rosangela e Sebastião Vanderlinde e de Madalena e Bertilo Vandrensen pela hospitalidade e à Paula e Beatriz Vanderlinde pela ajuda no trabalho de campo.

Aos colegas do LECOTA,

Pelos ensinamentos sobre o mundo dos besouros e sobre as funções no laboratório.

À Samya Bordallo,

Pela amizade, pela parceria de sempre e por todos os momentos que compartilhamos.

À Paola Borba e Beatriz Carrer,

Por serem uma família, por todos os momentos compartilhados, por sempre me escutarem e pelos inúmeros conselhos e suporte.

À Bruna Cipriano,

Por me ajudar a tornar todo esse processo mais leve.

Aos meus amigos,

Por serem pacientes com minha ausência, pelo amor, apoio, carinho e dedicação de sempre.

À Fabiana Dassoler,

Pela paciência e apoio durante o curso.

Aos professores do PPGA,

Pelas reflexões, ensino e apoio durante o curso.

À Universidade Federal de Santa Catarina,

Pelo ensino público de qualidade e pela oportunidade de continuar meu crescimento pessoal e profissional.

À CAPES,

Pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq,

Pelo suporte financeiro no projeto “Sinergias entre Serviços Ecosistêmicos e Agroecologia na Mata Atlântica” do qual fiz parte.

“A natureza, em seus caprichos e mistérios, condensa em pequenas coisas o poder de dirigir as grandes; nas sutis, a potência de dominar as mais grosseiras; nas coisas simples, a capacidade de reger as complexas. ”
(Ana Primavesi)

RESUMO

Mediante a intensificação do uso da terra para utilização da agricultura e pecuária, a manutenção da biodiversidade não depende mais apenas das áreas de florestas protegidas, mas da possibilidade de conservação dentro da matriz agrícola. Assim, é importante aprofundar o conhecimento do valor das paisagens agrícolas no contexto da valorização da biodiversidade. Estudos sobre como os atributos de comunidades da fauna respondem às mudanças no uso da terra são úteis para esses esclarecimentos. Os besouros escarabeíneos compreendem um grupo importante em paisagens com pastagem por estarem diretamente relacionados com a remoção de massa fecal, participando da ciclagem de nutrientes, podendo ser beneficiados ou prejudicados dependendo do manejo. O objetivo desse estudo foi investigar se a diversidade, abundância, biomassa e remoção de massa fecal de besouros escarabeíneos se modifica com a implantação de sistemas silvipastoris com núcleos (SSPnúcleos) de diversidade nas pastagens. Entre dezembro de 2017 e fevereiro de 2018 foram amostradas, através de armadilhas de queda do tipo *pitfall* e por meio da montagem de experimentos de remoção de massa fecal, três propriedades rurais que possuem tanto pastagem sem árvores como sistema silvipastoril com núcleos, localizadas no município de Santa Rosa de Lima, estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Foram coletados um total de 153 besouros de sete espécies, somando uma biomassa de peso seco de 34 g. Não foram verificadas diferenças de riqueza, abundância e biomassa entre o sistema silvipastoril com núcleos e o sistema de pasto aberto. Diferenças na remoção de massa fecal entre os dois tratamentos também não foram identificadas. As áreas dos experimentos encontravam-se isoladas de áreas florestais, logo, a ausência de diferença entre os tratamentos pode estar relacionada ao fato de que somente as espécies de pastagens são capazes de colonizar as áreas, tanto as pastagens com e sem núcleos. Duas espécies: *Dichotomius nisus* e *Ontherus sulcator*, foram de alta importância na remoção de massa fecal sendo que cada indivíduo removeu, em média, 2,26 g de fezes bovinas em 48 h. Ambas as espécies, de grande tamanho corporal, são típicas de pastagens no sul do Brasil e cumprem uma importante função na ciclagem de nutrientes nas pastagens.

Palavras-chave: Agroecossistema. Funções ecossistêmicas. Ecologia de paisagens rurais. Pastagem. Pastoreio Racional Voisin.

ABSTRACT

Through the intensification of land use for agriculture and livestock, the biodiversity conservation does not depend only on protecting forest areas, but also the possibility of conservation within the agricultural landscape. Thus, it is important to deepen the knowledge of the value of agricultural landscapes in the context of the valuation of biodiversity. Studies of how community attributes respond to changes in land and use are useful for such clarifications. Scarabaeinae dung beetles represent an important group in pastures landscapes because they are directly related to dung removal, being part of nutrient cycling, and benefited or damaged according to the management. The objective of the present study was to investigate if the diversity, abundance, biomass and dung removal of dung beetles is modified by the implementation of high biodiversity silvopastoral system (SPSnuclei). From December 2017 to February 2018, three dairy farms were sampled, through pitfall traps and dung removal experiment, with both treatments: treeless pasture and high biodiversity silvopastoral system. The dairy farms are located in the municipality of Santa Rosa de Lima, located in the State of Santa Catarina, countryside in Southern Brazil. A total of 153 beetles of seven species were collected, with a biomass total (dry weight) of 34 g. No differences were found in richness, abundance and biomass between high biodiversity silvopastoral system and treeless pasture. Also, there was no difference in dung removal between the treatments. The areas of the experiment are isolated from forest areas, so the no difference between treatments may be due the fact that only pasture species are able to colonize the areas, both treeless pasture and high biodiversity silvopastoral system. Two species, *Dichotomius nesus* and *Ontherus sulcator*, had high importance in the dung removal, and each individual removed, on average, 2,26 g of cattle feces in 48 h. Both species, of large body size, are typical of pastures in Southern Brazil and play an important role in the nutrient cycling in the pastures.

Keywords: Agroecosystem. Ecosystem functions. Rural landscapes ecology. Pasture. Voisin's Rational Grazing.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Sistema silvipastoril com núcleos na Propriedade 1 (A), Propriedade 2 (B) e Propriedade 3 (C) em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil..... 32
- Figura 2 - Desenho amostral da distribuição das armadilhas para coleta de dados de diversidade de besouros escarabeíneos e para o experimento de quantificação de remoção de massa fecal em sistema silvipastoril em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. As áreas de pastagem sem árvores seguem a mesma distribuição das armadilhas. 35
- Figura 3 - Suficiência amostral da análise da riqueza de besouros escarabeíneos em pastagens sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPn) em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. . 36
- Figura 4 - Curvas de rarefação (linhas sólidas) e extrapolação (linhas pontilhadas) da riqueza de espécies de besouros escarabeíneos para os números de Hill de ordem $q=0$ em três pastagens no município de Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. PSA representa pastagens sem árvores e SSPn representa o sistema silvipastoril com núcleos. O intervalo de confiança de 95% (regiões sombreadas) foi obtido com o método de *bootstrap* baseado em 50 replicações. A: Propriedade 1, B: Propriedade 2, C: Propriedade 3..... 38
- Figura 5 - Quantidade de massa fecal removida (mediana, quartis, mínimos e máximos) em experimento de remoção de massa fecal em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPn) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. . 41
- Figura 6 - Correlação entre a remoção de massa fecal e a biomassa total por armadilha em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPn) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil..... 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características agrônômicas das propriedades onde foram realizados os experimentos de levantamento de diversidade de besouros escarabeíneos e remoção de massa fecal em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil..... 31

Tabela 2 - Besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. De cada propriedade é apresentado o número de indivíduos (N) e a biomassa total (B(g)). Características ecológicas das espécies com base na literatura: PA: Preferência Alimentar (C: coprófago, G: generalista, N: necrófago), GF: Guilda Funcional baseado na literatura (P: paracoprídeo, T: telecoprídeo, E: endocoprídeo). 37

Tabela 3 - Besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em experimento de remoção de massa fecal em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina. De cada propriedade é apresentado o número de indivíduos (N) e a biomassa total (B(g))..... 40

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	21
2	OBJETIVOS.....	26
2.1	OBJETIVO GERAL	26
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3	ARTIGO: BESOUROS ESCARABÉINEOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS EM PASTAGENS NO SUL DO BRASIL	27
3.1	INTRODUÇÃO	28
3.2	MÉTODOS	29
3.2.1	Área de estudo	29
3.2.2	Levantamento da diversidade de besouros escarabeíneos.....	33
3.2.3	Quantificação da remoção de massa fecal.....	34
3.2.4	Análise dos dados	34
3.3	RESULTADOS.....	35
3.3.1	Diversidade de besouros escarabeíneos.....	35
3.3.2	Remoção de massa fecal.....	39
3.4	DISCUSSÃO.....	42
3.5	CONCLUSÃO	47
3.6	REFERENCIAS	47
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERENCIAS	55

1 APRESENTAÇÃO

A mudança da cobertura vegetal associada à expansão e intensificação da agricultura é o indicador mais visível da atividade humana e a principal causa da diminuição da diversidade em todo o planeta (PHALAN; GREEN; BALMFORD, 2014). Na América Latina, a expansão da produção pecuária em especial foi um fator chave no desflorestamento ocorrido nas últimas décadas (WASSENAAR et al., 2007). A pecuária convencional, com baixa diversidade de plantas e alta dependência de fertilizantes e herbicidas, simplifica os ecossistemas e afeta negativamente o seu funcionamento (GIRALDO et al., 2011; IAASTD 2009; MEA 2005). Esse sistema de produção colaborou para a perda de habitats naturais e da biodiversidade, ocasionando efeitos negativos nas funções ecológicas e nos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas paisagens rurais (PERFECTO; VANDERMEER, 2008).

Assim, o futuro de espécies da floresta tropical depende em parte na habilidade delas em sobreviver em paisagens modificadas pelos humanos (GARDNER et al., 2009). Portanto, as paisagens agrícolas são elementos chave na conservação e gestão da biodiversidade e dos processos ecológicos que dependem dela (CHAZDON et al., 2009). As paisagens agrícolas podem ser muito heterogêneas, com uma diversidade de tipos de cobertura vegetal, fornecendo habitats e recursos que podem ser complementares e benéficos tanto para a biodiversidade quanto para os sistemas agrícolas (BAWA, 2004).

A persistência a longo prazo de muitas espécies de insetos em paisagens transformadas depende da interação entre processos ecológicos e a estrutura da paisagem, como interações de espécies, disponibilidade de habitat local e em nível de paisagem e influência das práticas de manejo (JEANNERET et al., 2003). A conservação da diversidade de espécies não depende apenas da proteção de áreas florestais, mas também da gestão da paisagem na qual elas estão inseridas (ARELLANO et al., 2013). É importante avaliar o potencial dessas paisagens como alvo de conservação (CULTID-MEDINA; ESCOBAR, 2016).

Besouros escarabeíneos

Os besouros escarabeíneos estão presentes em quase todos os ecossistemas, incluindo savanas, terras agrícolas, florestas e pastagens, podendo ser utilizados para avaliar perturbações e alterações de habitat

(HALFFTER; EDMONDS, 1982; NICHOLS et al., 2007). Nos trópicos, são bons indicadores de biodiversidade porque sua estrutura de comunidade responde rapidamente a mudanças ambientais, sua biologia é relativamente bem conhecida e são fáceis de amostrar (HALFFTER; FAVILA, 1993; NICHOLS et al., 2007).

Popularmente são conhecidos como besouros “rola-bosta” devido ao comportamento que apresentam de formar bolas com o recurso alimentar (fezes de mamíferos) e rodá-las para utilizar como recurso de nidificação ou alimentação (HALFFTER; FAVILA, 1993). Devido a esse comportamento, os besouros escarabeíneos são classificados em três grupos. Besouros endocoprídeos ou “residentes” colocam seus ovos e nidificam nas fezes ou na interface solo-fezes. Besouros telecoprídeos ou “roladores” formam bolas com as fezes e rolam para longe da fonte inicial antes de enterra-las. Besouros paracoprídeos ou tuneleiros entram no solo e escavam câmaras de nidificação, carregando as fezes que são utilizadas como fonte de alimento para as larvas que se desenvolvem no interior da câmara (HALFFTER; EDMONDS, 1982).

Com o comportamento de nidificação, os besouros escarabeíneos removem e incorporam as fezes de mamíferos e outros animais em florestas tropicais e pastagens (AMÉZQUITA; FAVILA, 2010). Este é o passo inicial para a realização dos processos benéficos de que os escarabeíneos fazem parte (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HALFFTER; FAVILA, 1993). Os besouros tuneleiros são considerados a guilda mais importante na remoção de massa fecal (ARELLANO, 2016; ANDRESEN, 2003). Estes desempenham um papel importante na reincorporação das fezes porque seu comportamento alimentar e reprodutivo consiste principalmente em atividade subterrânea, diferentemente das espécies de roladores ou residentes, que desintegram ou dispersam as fezes na superfície sem incorporar quantidades substanciais ao solo (ANDUAGA; HUERTA, 2007). Durante a escavação de galerias para alimentação e construção de ninhos, os besouros tuneleiros alteram a estrutura do solo, aumentando sua porosidade. Esta atividade melhora a troca de gases e aumenta a infiltração de água, resultando em um melhor crescimento da pastagem. Além disso, a fertilidade do solo e conseqüentemente a produtividade aumenta substancialmente com a incorporação de quantidades consideráveis de esterco, especialmente durante o período de nidificação (HALFFTER; EDMONDS, 1982).

Devido a todo esse processo, a remoção de massa fecal é um passo crucial na ciclagem de nutrientes devido à redução e decomposição de materiais orgânicos através do enterrio e remoção.

Estes materiais, são convertidos em biomassa, conservando energia e reciclando nutrientes no ecossistema (ARELLANO, 2016; HALFFTER; EDMONDS, 1982). Essas funções têm implicações nas funções secundárias, como melhoria da fertilidade e aeração do solo, redução da compactação, aceleração das taxas de mineralização, aumento dos nutrientes no solo, aumento da dispersão de sementes, controle de moscas e outras pragas e proteção de sementes contra predadores (AMÉZQUITA; FAVILA, 2010; NICHOLS et al., 2008).

Logo, os besouros escarabeíneos são fundamentais para a manutenção das funções e serviços dos ecossistemas (NICHOLS et al., 2007, 2008) e são também um excelente táxon para analisar o efeito de distúrbios antropogênicos na estrutura da comunidade em ambientes tropicais terrestres (FAVILA; HALFFTER, 1997). A compreensão dessas funções ecológicas permite o reconhecimento dos serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas ou pelas guildas ou organismos individuais, que são direta ou indiretamente benéficos aos seres humanos, o que pode contribuir para um gerenciamento futuro desses serviços (ANDRESEN, 2003; ARELLANO, 2016; NICHOLS et al., 2007, 2008).

Em pastagens, besouros escarabeíneos, através da sua atividade de nidificação, desempenham um papel muito importante na decomposição das fezes dos animais. A degradação das fezes depende dos fatores abióticos como temperatura, chuva e umidade do solo, e de fatores bióticos, principalmente os besouros escarabeíneos (CRUZ et al., 2012). A decomposição das fezes nas pastagens fornece nutrientes ao solo, beneficiando e aumentando a produção do pasto (AARONS; O'CONNOR; GOURLEY, 2004). Quando não é decomposta, as fezes no solo geram problemas ecológicos e econômicos. No nível ecológico, a não degradação rompe o fluxo de matéria e energia dentro do ecossistema. Isto traz como consequência os prejuízos econômicos, como maiores gastos para eliminar as fezes das pastagens, perda de pasto útil para pastoreio, gastos com adubos químicos para compensar o não fluxo de nutrientes e gastos para controlar as pragas que se desenvolvem nas fezes (CRUZ et al., 2012). Além disso, caso as fezes não sejam rapidamente incorporadas no solo, há a perda do nitrogênio pela volatilização (GUILLARD, 1967).

O valor das atividades dos besouros escarabeíneos pode ser estimada com a diferença dos custos dos serviços quando os besouros estão presentes e quando estão ausentes (LOSEY; VAUGHN, 2006). Em pastagens, besouros limpam uma área de 8,5 a 26,9 m²/ha/dia. A incorporação de nitrogênio varia de 32,2 a 136,2 kg/ha/ano. A área

limpa mantida em pastagens varia de 31 a 98,0% do hectare. O benefício por unidade animal varia de US\$ 149,1 e US\$ 423,6 por ano (LOPEZ-COLLADO et al., 2017). Os benefícios dos besouros escarabeíneos no Reino Unido, através de alguns serviços ecossistêmicos associados a função ecossistêmica de remoção de massa fecal (controle da mosca do chifre, controle de parasitas gastrointestinais, redução de área não pastoreada pelos animais pela presença de fezes, maior ciclagem de nutrientes), geram uma economia de £367 milhões por ano (BEYNON; WAINWRIGHT; CHRISTIE, 2015). Assim, é notório que modificações no uso da terra permitam a criação de novos habitats para espécies inter-relacionadas a atividades pecuárias, como os besouros rola-bostas (ARELLANO et al., 2013).

Sistemas silvipastoris

A conversão da pecuária convencional em sistemas silvipastoris é uma alternativa que, além de aumentar a produtividade e retornos financeiros aos agricultores, contribui para a recuperação da diversidade biológica e mantém a integridade de vários processos ecológicos vitais (MURGUEITIO et al., 2009). O manejo sustentável da pecuária requer a compreensão do papel que os sistemas silvipastoris podem desempenhar na restauração na escala da paisagem e como esses sistemas contribuem para a manutenção das populações de besouros escarabeíneos nas paisagens agrícolas (MONTROYA-MOLINA et al., 2016).

Conceituando, sistemas silvipastoris são sistemas para produção de carne e/ou leite que combinam vários tipos de gramíneas, leguminosas, arbustos e árvores, que juntos formam um sistema de pastoreio com alta diversidade de plantas – e proporcionam a obtenção de produtos ou serviços da pastagem, árvores e animais (CALLE et al., 2014; DIAS-FILHO, 2006). Esses sistemas podem contribuir para a reabilitação ecológica na paisagem. A conversão de pastagens sem árvores para esse tipo de sistema melhora a conectividade da paisagem, promove a conservação de besouros escarabeíneos e aumenta a funcionalidade ecológica das terras de pastagem, que pode contribuir para a conservação da biodiversidade e a estabilidade dos processos ecológicos (CALLE et al., 2014; GIRALDO et al., 2011).

Sistemas silvipastoris e agroflorestas podem então reduzir os impactos negativos da agricultura na conservação da biodiversidade, pela capacidade de reter algumas espécies presentes nos remanescentes da vegetação original dentro das paisagens dominadas pela atividade humana (BHAGWAT et al., 2008). A cobertura arbórea em sistemas

silvipastoris pode fornecer recursos e habitats para uma variedade de organismos e também pode aumentar a heterogeneidade e a conectividade funcional da paisagem para certas espécies animais (ARELLANO; LEÓN-CORTÉS; OVASKAINEN, 2008; DE FARIAS et al., 2015; GIRALDO et al., 2011; HARVEY et al., 2006; NEITA; ESCOBAR, 2012; RÖS; ESCOBAR; HALFFTER, 2012).

Sistema silvipastoril com núcleos de alta diversidade (SSPNúcleos)

O sistema silvipastoril com núcleos (SSPNúcleos) foi desenvolvido para, além de proporcionar sombra aos animais e renda extra aos agricultores, reabilitar a paisagem rural através da nucleação, e assim proporcionar melhoria na resiliência, elevar a biodiversidade local e a diversidade funcional dos agroecossistemas (SCHMITT et al., 2017).

Desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Silvipastoris & Restauração Ecológica (LASSre) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o SSPNúcleos diferencia-se dos sistemas silvipastoris convencionais por usar exclusivamente árvores nativas em núcleos, para além da sombra, produzir produtos florestais não madeireiros e sinergicamente restaurar as funções e serviços ecossistêmicos (SCHMITT et al., 2017). As árvores são plantadas em núcleos que possuem 5 x 5 m e são distribuídos de forma equidistante na pastagem. São um total de 40 núcleos por hectare que ocupam 10,0% da área de pastagem. Inicialmente, cada núcleo contém 10 mudas de seis espécies de árvores nativas: aroeira (*Schinus terebinthifolius*), bracatinga (*Mimosa scabrella*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), tucaneira (*Citharexylum myrianthum*), ingá (*Inga sessilis*) e canela-amarela (*Nectandra lanceolata*). Além das árvores nativas, o sistema inicia também com quatro mudas da espécie exótica bananeira (*Musa ssp.*) em cada núcleo. A partir do segundo ano são adicionadas a cada núcleo oito mudas de açaí Juçara (*Euterpe edulis*) e outras duas espécies clímax, caracterizando assim um sistema silvipastoril sucessional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a diversidade de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) e sua contribuição ecológica na remoção de massas fecais em sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I: Descrever as comunidades de besouros escarabeíneos que habitam o sistema silvipastoril com núcleos e comparar com as comunidades de áreas adjacentes de pastagem sem árvores.

II: Avaliar a remoção de massa fecal bovina realizada pela comunidade de besouros escarabeíneos em sistema silvipastoril com núcleos e comparar com áreas adjacentes de pastagem sem árvores.

3 ARTIGO: BESOUROS ESCARABEÍNEOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM NÚCLEOS EM PASTAGENS NO SUL DO BRASIL

RESUMO: Conhecer a diversidade de besouros escarabeíneos e quantificar a remoção de massa fecal por eles realizada é fundamental para compreender como estes organismos são beneficiados ou prejudicados com as alterações antropogênicas na paisagem. Sistemas silvipastoris podem contribuir para a recuperação da diversidade biológica em áreas de pecuária. No entanto, ainda não se sabe se o sistema silvipastoril com núcleos, que apresenta maior diversidade de espécies vegetais que sistemas silvipastoris convencionais com apenas uma espécie arbórea, traz benefícios às comunidades que habitam essas pastagens. O objetivo do estudo foi comparar a diversidade, abundância e biomassa de besouros escarabeíneos em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos), assim como a remoção de massa fecal realizada pelos mesmos. Em três propriedades rurais do município de Santa Rosa de Lima, estado de Santa Catarina no sul do Brasil, entre dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, foram realizadas coletas dos insetos através de 10 armadilhas de queda tipo *pitfall* em cada tratamento dentro das propriedades. Nos mesmos pontos, um experimento de remoção de massa fecal bovina foi realizado tanto nas pastagens sem árvores como nos sistemas silvipastoris com núcleos. Na avaliação da diversidade, foram coletados 153 besouros escarabeíneos de sete espécies, com uma biomassa total de 34 g. A abundância, assim como a riqueza, foi similar entre os tratamentos. Não houve diferença na quantidade de remoção de massa fecal entre os dois tratamentos. A ausência de diferença entre os tratamentos pode estar relacionada ao fato de que somente as espécies de pastagens foram capazes de colonizar tanto as áreas com e sem núcleos, pelo fato das áreas encontrarem-se isoladas ou porque as pastagens não permitiram a chegada de espécies tipicamente florestais. Também, o manejo dos animais com a utilização de antiparasitário pode estar afetando a comunidade em ambas as áreas, e consequentemente as funções ecológicas. As duas espécies coletadas no experimento de remoção de massa fecal somaram uma biomassa de 38 g, sendo 43 espécimes de *Dichotomius nisus* e 146 de *Ontherus sulcator*. Essas espécies removeram pouco mais de 20,0% do total oferecido, sendo que cada indivíduo removeu, em média, 2,26 g de fezes bovinas em 48 h. Ambas as espécies são consideradas de alta importância na ciclagem de nutrientes em pastagens no sul do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Agroecossistema, Ecologia, Função ecossistêmica, Scarabaeinae.

3.1 INTRODUÇÃO

A pecuária tem sido um fator chave no desmatamento ocorrido nas últimas décadas, especialmente na América Latina (SPAROVEK et al., 2012; WASSENAAR et al., 2007). Logo, a agricultura e o manejo do uso do solo são vitais para a preservação da diversidade global (TSCHARNTKE et al., 2005; TILMAN et al., 2002). Dentro deste conceito, os sistemas silvipastoris surgem como uma alternativa sustentável do uso da terra para a pecuária. Ao integrar a produção animal e forrageira com árvores, esse sistema contribui para a recuperação da diversidade biológica e para a manutenção de processos ecológicos nas áreas utilizadas pela pecuária, além de contribuir para ganhos de produtividade e retornos financeiros aos agricultores (MURGUEITIO et al., 2009).

O sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) diferencia-se dos sistemas silvipastoris convencionais por priorizar o plantio de árvores nativas em núcleos de diversidade, para além da sombra, produzir produtos florestais não madeireiros e sinergicamente restaurar as funções ecossistêmicas (SCHMITT et al., 2017). Esse sistema já se mostrou eficiente em melhorar os atributos químicos do solo (BATISTI et al., 2018), as condições microclimáticas e o índice de conforto térmico aos bovinos (DENIZ et al., 2018). No entanto, ainda não se sabe se esse sistema, que apresenta uma maior diversidade arbórea em relação aos sistemas silvipastoris convencionas, traz benefícios às comunidades que habitam essas pastagens.

Uma forma de melhor entender o efeito das mudanças de uso e ocupação do solo – como a introdução de núcleos arbóreos de diversidade – é avaliando a dinâmica da comunidade de organismos como os escarabeíneos. Estes executam funções ecológicas e apresentam alta sensibilidade a mudanças nas paisagens naturais ou antropogênicas (BATILANI-FILHO; HERNANDEZ, 2017; NICHOLS et al., 2008). Através das atividades de alimentação e reprodução, que envolvem o enterrio de fezes de mamíferos e matéria orgânica em decomposição para uso como alimento ou recurso de nidificação, os besouros escarabeíneos realizam funções ecossistêmicas (BEYNON; WAINWRIGHT; CHRISTIE, 2015; LOSEY; VAUGHN, 2006; NICHOLS et al., 2008), como a ciclagem de nutrientes (YAMADA et

al., 2007), crescimento de plantas (BANG et al., 2005), controle de moscas (WU; SUN, 2010) e dispersão secundária de sementes. Em pastagens, os besouros escarabeíneos desempenham um papel importante na remoção de massa fecal (HALFFTER; FAVILA, 1993).

Portanto, conhecer como os besouros escarabeíneos respondem a essas variações no ambiente pastoril é de grande relevância para a compreensão dos possíveis impactos do sistema silvipastoril com núcleos nos agroecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis mudanças em riqueza, abundância e biomassa da comunidade de besouros escarabeíneos e a remoção de massa fecal por eles realizada com a implantação de sistemas silvipastoris com núcleos. Partiu-se da hipótese de que a riqueza de espécies, abundância, biomassa e remoção de massa fecal seriam maiores nas áreas de sistema silvipastoril com núcleos porque esse sistema forneceria um habitat mais adequado para as espécies do que uma pastagem sem árvores.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Santa Rosa de Lima, estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. O município encontra-se a uma longitude 49°07'40"Oeste e latitude 28°02'21"Sul, a 240 m acima do nível do mar e pertence ao bioma Mata Atlântica. A região tem clima Cfa – subtropical úmido –, onde as temperaturas mínimas não são menores que -3°C e não ultrapassam 18°C, com precipitação média mensal acima de 40 mm (ALVARES et al., 2013).

Os locais onde foram feitas as amostragens pertencem a três propriedades familiares de bovinocultura de leite em sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV). As características agrônômicas de cada propriedade estão descritas na Tabela 1.

Em cada uma das propriedades (Figura 1), implantou-se um sistema silvipastoril com núcleos pareados com pastagens desprovidas de árvores, ou seja, cada propriedade conta com os dois tratamentos do estudo: pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos). Desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Silvipastoris & Restauração Ecológica (LASSre) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no SSPnúcleos as árvores são plantadas em núcleos que possuem 5 x 5 m e são distribuídos de forma equidistante na pastagem, com um total de 40 núcleos por hectare que ocupam 10% da

área. No primeiro ano são plantados em cada núcleo 10 mudas de seis espécies nativas, além de quatro mudas de bananeira (*Musa* ssp.). As árvores nativas são: aroeira (*Schinus terebinthifolius*), bracatinga (*Mimosa scabrella*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), tucaneira (*Citharexylum myrianthum*), ingá (*Inga sessilis*) e canela-amarela (*Nectandra lanceolata*). Após dois anos são colocados nos núcleos oito mudas de açaí Juçara (*Euterpe edulis*) e duas espécies clímax para cada um dos quarenta núcleos, caracterizando assim um sistema agroflorestal sucessional (SCHMITT et al., 2017).

Tabela 1 - Características agronômicas das propriedades onde foram realizados os experimentos de levantamento de diversidade de besouros escarabeíneos e remoção de massa fecal em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil.

Característica	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3
Área da propriedade	19 ha	20 ha	26 ha
Área de pastagem	13 ha	6 ha	15 ha
Tempo de uso do solo com pastagem	8 anos	17 anos	50 anos
Composição florística da pastagem	Predominância de <i>Axonopus obtusifolius</i> com sobre semeadura de <i>Avena strigosa</i> e <i>Trifolium repens</i> no inverno	Predominância de <i>Axonopus obtusifolius</i> com sobre semeadura de <i>Avena strigosa</i> no inverno	Predominância de <i>Axonopus catharinensis</i> com sobre semeadura de <i>Avena strigosa</i> no inverno
Número de animais	11 vacas em lactação, 6 vacas secas, 11 novilhas	28 vacas em lactação	43 vacas em lactação, 6 vacas secas, 20 novilhas
Alimentação dos animais	Pastagem, silagem e ração	Pastagem, silagem, ração e farelo de trigo	Pastagem, silagem, ração e levedura
Adução	Aduco mineral e cama aviária	Aduco mineral, ureia, esterco bovino e de aves	Adução mineral e esterco bovino
Medicamentos utilizados nos animais	Produtos para controles de parasitas (vermífugos)	Antibióticos, vermífugos e homeopatia	Antibióticos e vermífugos
Tempo de implantação do SSPnúcleos	1 ano	6 anos	6 anos

Figura 1 - Sistema silvipastoril com núcleos na Propriedade 1 (A), Propriedade 2 (B) e Propriedade 3 (C) em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil.

A



B



C



Fonte: A autora (2018)

3.2.2 Levantamento da diversidade de besouros escarabeíneos

Os besouros escarabeíneos coprófagos foram coletados com armadilhas do tipo queda “*pitfall*” iscadas. As armadilhas consistiam em um pote plástico de 1 l de volume preenchida com solução de água e detergente neutro, para capturar e matar os indivíduos. As armadilhas possuíam uma tampa de proteção suportada por palitos de madeira a 20 cm de altura. Devido ao hábito alimentar dos besouros coprófagos, cada armadilha possuía uma isca de atração com aproximadamente 10 g de fezes humanas. As iscas de atração foram depositadas dentro de pequenas bolsas de tecido do tipo *voile* e penduradas nas tampas. As armadilhas foram enterradas no solo, com a borda ao nível do solo, para permitir a entrada dos besouros. As armadilhas permaneceram em campo por 48 h e a cada 24 h realizou-se a coleta dos insetos presentes, com o auxílio de uma peneira.

Nas três propriedades foi conduzido o experimento que consistiu na realização de coletas com 10 armadilhas em cada tratamento: pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos), sendo que as armadilhas de cada tratamento se encontravam a pelo menos 100 m uma da outra e separadas 20 m entre si, distribuídas aleatoriamente ao longo das áreas. Para as armadilhas dentro do tratamento SSPnúcleos, cada uma era colocada aproximadamente a 2 m de um núcleo (Figura 2). O experimento foi repetido mensalmente durante dezembro de 2017 e janeiro e fevereiro de 2018, totalizando um esforço amostral de 30 armadilhas para cada tratamento.

Os indivíduos coletados foram conservados em álcool 70% e transportados ao Laboratório de Ecologia Terrestre Animal da Universidade Federal de Santa Catarina. Os insetos foram triados e os besouros escarabeíneos foram secos em estufa a 35°C durante 48h e pesados individualmente, para obter o peso seco como medida de biomassa. A classificação dos indivíduos foi feita por comparação com a Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas/UFSC e a identificação das espécies foi confirmada pelo Dr. Fernando Vaz-de-Mello, da Universidade Federal de Mato Grosso. Os besouros coletados ficaram depositados na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina e da Universidade Federal de Mato Grosso.

3.2.3 Quantificação da remoção de massa fecal

O experimento de remoção de massa fecal foi realizado em fevereiro de 2018, seguindo protocolo adaptado de Arellano 2016, e respeitando uma diferença de 15 dias do experimento anterior. Baldes (28 cm de diâmetro x 25 cm de profundidade) foram preenchidos com solo e enterrados na pastagem ao nível do solo em cada uma das três propriedades de estudo. Uma malha de plástico, com quadriculado de 2 x 2 cm, cobriu o balde e sobre ela foi depositado uma quantidade previamente pesada (1 kg) de esterco bovino fresco, proveniente de animais saudáveis e com dieta similar. Após 48 h de exposição, o esterco foi pesado.

Cada tratamento contou com 10 pontos de amostragem, separados 20 m uns dos outros. Dos 10 pontos, três foram utilizados como controle para perda de peso por desidratação, totalizando, portanto, sete repetições por tratamento (Figura 2). O controle consistiu na estrutura de balde com solo e uma malha igual à mencionada anteriormente, com a mesma quantidade (1 kg) de esterco bovino fresco, mas deixando o esterco tampado com tecido do tipo *voile* para não permitir a entrada de insetos.

Foi descontado o peso da desidratação a partir da média do peso dos controles. Os besouros presentes no estrume ou no solo dentro do balde foram coletados, conservados em álcool 70% e transportados ao Laboratório de Ecologia Terrestre Animal da Universidade Federal de Santa Catarina onde foram identificados, pesados e depositados seguindo o mesmo procedimento do experimento anterior.

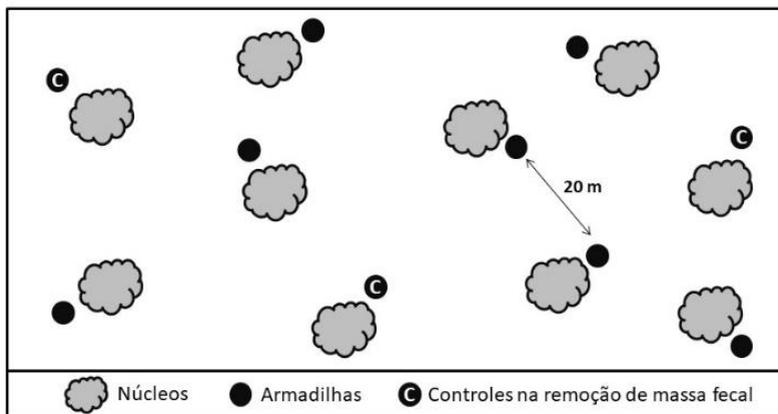
3.2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados para cada propriedade, pois cada uma apresenta condições ambientais diferentes, assim como de manejo, o que impede que sejam tratadas como réplicas de um mesmo experimento. Assim, a comparação foi realizada entre tratamentos (com e sem núcleos) tanto para a propriedade com núcleos de um ano, como para as duas propriedades com seis anos de implantação do sistema. As análises consistiram na comparação de curvas de interpolação e extrapolação seguindo a série de Hill, no pacote INEXT dentro do ambiente R.

A quantidade de bosta removida foi avaliada com ANOVA e uma correlação entre quantidade de massa fecal removida com a biomassa total por armadilhas dos besouros foi realizada para avaliar a relação

entre ambos. Todas as análises foram realizadas no software R versão 3.4.3 (R Core Team, 2018).

Figura 2 - Desenho amostral da distribuição das armadilhas para coleta de dados de diversidade de besouros escarabeíneos e para o experimento de quantificação de remoção de massa fecal em sistema silvipastoril em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. As áreas de pastagem sem árvores seguem a mesma distribuição das armadilhas.



Fonte: A autora (2019)

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Diversidade de besouros escarabeíneos

Foi coletado um total de 153 besouros de sete espécies, os quais somaram 34,11 g de biomassa total (Tabela 2). Das sete espécies encontradas, *Dichotomius nisus*, *Deltochilum* aff. *multicolor* e *Ontherus sulcator* apresentaram maior abundância e biomassa e foram coletadas em todas as três propriedades.

A abundância dos besouros coletados na região foi semelhante nas três propriedades, sendo que a Propriedade 1 apresentou 41,0% do total de indivíduos coletados (n=63), seguido por 30,0% na Propriedade 2 (n=46) e 29,0% na Propriedade 3 (n=44). Em relação a abundancia nos diferentes tratamentos, elas possuíram um número semelhante, a exceção da Propriedade 1, que possui apenas um ano de implantação dos núcleos, e a abundância de besouros na área sem árvores (n=50) foi mais

de três vezes maior que a abundância de besouros da área de silvipastoreil com núcleos ($n=13$). Com isso, a área de pastagem da Propriedade 1 apresentou uma biomassa de besouros muito maior que todas as outras áreas, devido à grande ocorrência de *Dichotomius nesus*, que é uma espécie de tamanho corporal grande em relação às outras espécies coletadas.

A riqueza de espécies variou entre três e seis espécies em cada propriedade, sendo que a Propriedade 3 foi a mais rica, com seis das sete espécies encontradas. A suficiência amostral de todos os locais foi próxima de 100%: 100% no PSA e 100% no SSPnúcleos na Propriedade 1; 100% no PSA e 98,4% no SSPnúcleos na Propriedade 2; e 92,7% no PSA e 93,9% no SSPnúcleos na Propriedade 3 (Figura 3). Isso confirma que o número de espécies observadas é similar ao número de espécies esperadas, indicando que as espécies encontradas são as que realmente estão presentes no habitat. A partir das curvas de rarefação e com a sobreposição dos intervalos de confiança observa-se que não houve diferença de riqueza de espécies entre os tratamentos (Figura 4).

Figura 3 - Suficiência amostral da análise da riqueza de besouros escarabeíneos em pastagens sem árvores (PSA) e sistema silvipastoreil com núcleos (SSPn) em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil.

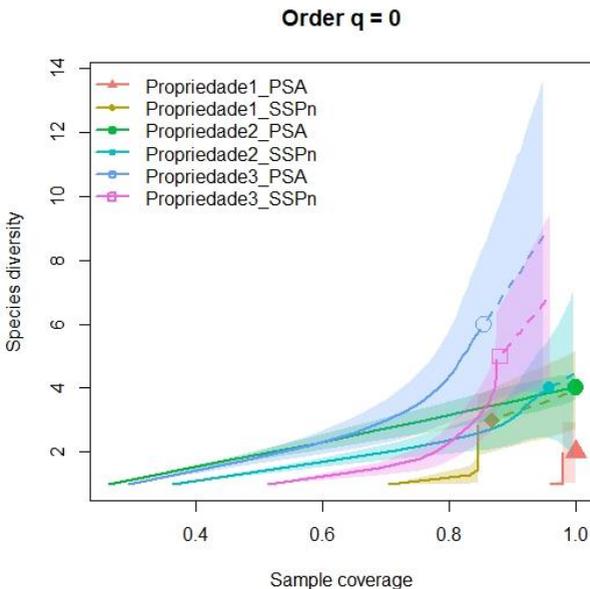
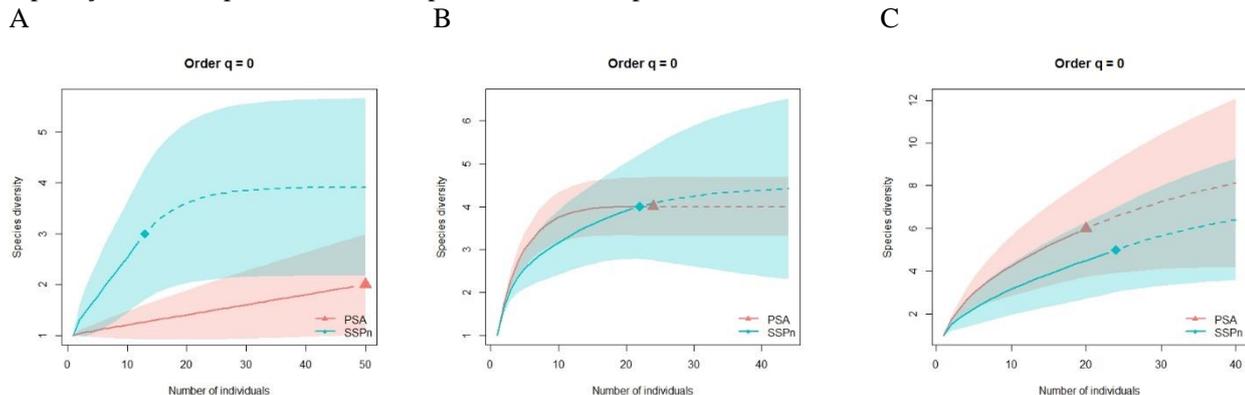


Tabela 2 - Besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. De cada propriedade é apresentado o número de indivíduos (N) e a biomassa total (B(g)). Características ecológicas das espécies com base na literatura: PA: Preferência Alimentar (C: coprófago, G: generalista, N: necrófago), GF: Guilda Funcional baseado na literatura (P: paracoprídeo, T: telecoprídeo, E: endocoprídeo).

Espécie			Propriedade 1		Propriedade 2		Propriedade 3		Total
	PA	GF	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	N (B(g))
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1867	C	T			3 (0,07 g)		2 (0,06 g)	4 (0,14 g)	9 (0,27 g)
<i>Deltochilum</i> aff. <i>multicolor</i>	N	T	1 (0,15 g)	1 (0,09 g)	6 (1,08 g)	8 (1,50 g)	10 (1,90 g)	17 (3,45 g)	43 (8,17 g)
<i>Dichotomius mormon</i> (Ljungh, 1799)	C	P					1 (0,23 g)		1 (0,23 g)
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	C	P	49 (12,84 g)	11 (3,28 g)	10 (3,16 g)	11 (3,01 g)	5 (1,69 g)	1 (0,39 g)	87 (24,37 g)
<i>Eurysternus parallelus</i> (Laporte, 1840)	C	E					1 (0,05 g)	1 (0,07 g)	2 (0,12 g)
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius, 1775)	C	P		1 (0,03 g)	5 (0,56 g)	2 (0,12 g)	1 (0,05 g)	1 (0,07 g)	10 (0,83 g)
<i>Sulcophanaeus menelas</i> (Castelnau, 1840)	C	P				1 (0,12 g)			1 (0,12 g)
Abundância			50	13	24	22	20	24	153
Riqueza de espécies			2	3	4	4	6	5	7
Riqueza estimada Chao 1			2	3,92	4	4,47	10,25	7,87	
Biomassa total			12,99 g	3,40 g	4,87 g	4,75 g	3,98 g	4,12 g	34,11 g

Figura 4 - Curvas de rarefação (linhas sólidas) e extrapolação (linhas pontilhadas) da riqueza de espécies de besouros escarabeíneos para os números de Hill de ordem $q=0$ em três pastagens no município de Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. PSA representa pastagens sem árvores e SSPn representa o sistema silvipastoril com núcleos. O intervalo de confiança de 95% (regiões sombreadas) foi obtido com o método de *bootstrap* baseado em 50 replicações. A: Propriedade 1, B: Propriedade 2, C: Propriedade 3.



3.3.2 Remoção de massa fecal

Na remoção de massa fecal foram coletados 189 besouros, de duas espécies, sendo 43 *Dichotomius nisus*, somando uma biomassa de 12,89 g no total ($0,30 \pm 0,108$ g cada espécime) e 146 *Ontherus sulcator*, somando uma biomassa de 25,88 g ($0,17 \pm 0,054$ g cada espécime) (Tabela 3). Ambas as espécies são caracterizadas como coprófagos na preferência alimentar e paracoprídeos noturnos na guilda funcional.

A quantidade de massa fecal removida variou entre 3 g e 209 g, ou seja, o máximo de remoção foi pouco mais de 20% do total de 1 kg oferecido (Figura 5). No sistema silvipastoril a remoção foi em média de 12% do total e nas pastagens sem árvores foi de 10% do total oferecido. A desidratação correspondeu a 20,3% ($203,6 \pm 31,21$ g). Não houve diferença significativa na remoção de massa fecal entre os tratamentos ($F[1,30]=2,788$; $p=0,1054$).

Foi verificado uma correlação significativa entre a biomassa total dos besouros por área (soma do peso de cada besouro coletado em cada área) e a remoção de massa fecal ($r=0,804$; $p=0,05$) (Figura 6), indicando que a função ecossistêmica de remoção está associada à biomassa de besouros escarabeíneos presente. Cada indivíduo das duas espécies encontradas foi capaz de remover, em média, 2,26 g de fezes bovinas em 48h.

Tabela 3 - Besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) em experimento de remoção de massa fecal em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina. De cada propriedade é apresentado o número de indivíduos (N) e a biomassa total (B(g)).

Espécie	Propriedade 1		Propriedade 2		Propriedade 3		Total
	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	PSA N (B(g))	SSPnúcleos N (B(g))	N (B(g))
<i>Dichotomius nesus</i> (Olivier, 1789)	7 (1,77 g)	14 (4,05 g)	10 (3,16 g)	7 (2,54 g)		5 (1,37 g)	43 (12,89 g)
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius, 1775)	8 (1,36 g)	50 (9,12 g)	36 (6,10 g)	37 (6,63 g)	3 (0,46 g)	12 (2,20 g)	146 (25,87 g)
Abundância	15	64	46	44	3	17	189
Biomassa total	3,13 g	13,17 g	9,26 g	9,17 g	0,46 g	3,57 g	38,76 g

Figura 5 - Quantidade de massa fecal removida (mediana, quartis, mínimos e máximos) em experimento de remoção de massa fecal em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPn) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil.

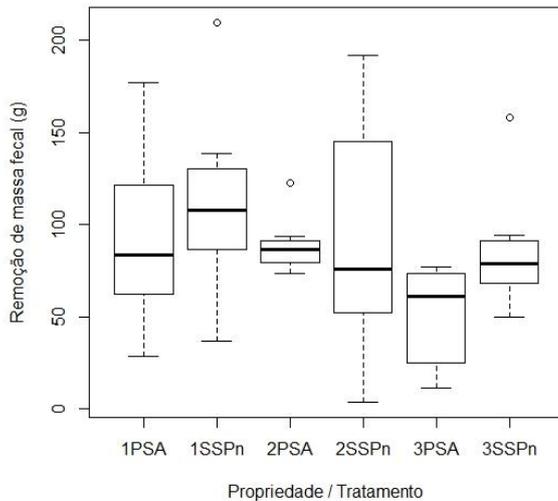
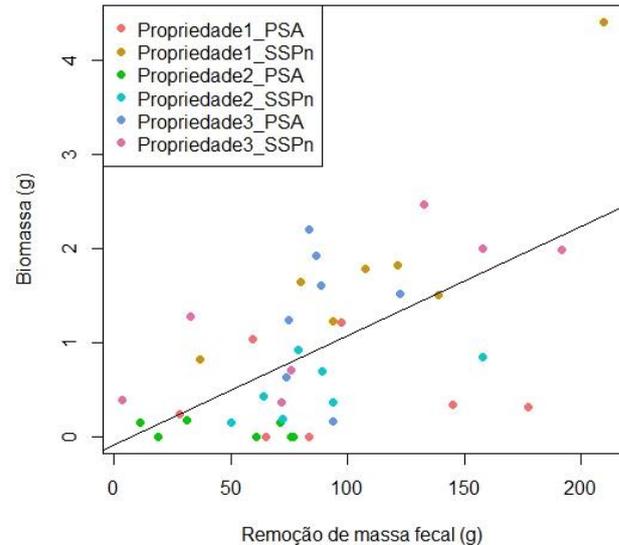


Figura 6 - Correlação entre a remoção de massa fecal e a biomassa total por armadilha em pastagem sem árvores (PSA) e sistema silvipastoril com núcleos (SSPn) em três propriedades em Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil.



3.4 DISCUSSÃO

Todas as espécies encontradas na análise de diversidade são típicas de áreas abertas, e aliado a ausência de diferença entre os tratamentos, indicam que o ambiente com núcleos ainda não é suficiente para atrair espécies de áreas florestais ou novas espécies que não estão presentes nas pastagens atualmente.

Dentre as sete espécies encontradas na análise de diversidade, *Canthon conformis* ainda não havia sido registrada em pastagens do Brasil (DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017). *Dichotomius nisus*, a espécie mais abundante e com maior biomassa coletada neste trabalho, é considerada uma das espécies mais frequente, amplamente distribuída, abundante e funcionalmente importante em pastagens por seu hábito de enterramento e pelo tamanho corporal (DE FARIAS, 2016; DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017). Espécies como *Dichotomius nisus* se beneficiam ou são dependentes de habitats abertos criados por perturbações humanas (FILGUEIRAS et al., 2015) e devido à maior biomassa corporal, é uma espécie que remove maior quantidade de fezes para o interior do solo (DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017). *Deltochilum* aff. *multicolor*, segunda espécie mais abundante na análise de diversidade, não possui classificação de importância por não constar na revisão de espécies em pastagens brasileiras (DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017), mas já foi registrada em áreas de pastagens no sul do Brasil (DE FARIAS; HERNÁNDEZ, 2017). *Ontherus sulcator*, que apresentou a terceira maior abundância, é considerada de média importância em pastagens brasileiras por ser encontrada com alto número de indivíduos ou massa corporal elevada, mas com distribuição restrita (DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017). *Dichotomius mormon*, *Eurysternus parallelus* e *Sulcophanaeus menelas* são consideradas de baixa importância em pastagens brasileiras por apresentarem distribuição local ou baixa abundância (DE OLIVEIRA TISSIANI; VAZ-DE-MELLO; CAMPELO-JÚNIOR, 2017).

Os sistemas pastoris que utilizam árvores e animais em manejo integrado podem fornecer condições favoráveis para a manutenção de uma diversidade relativamente alta de espécies de besouros escarabeíneos (DE FARIAS et al., 2015; GIRALDO et al., 2011). Além disso, habitats que contenham pelo menos uma certa cobertura vegetal podem servir como refúgio para espécies com maior requisito de habitat

(ARELLANO et al., 2013). Estudos já verificaram que um sistema silvipastoril pode suportar assembleias de besouros de floresta e de áreas abertas (GIRALDO et al., 2011; MONTOYA-MOLINA et al., 2016; RIVERA; ARMBRECHT; CALLE, 2013). Diferenças no contexto biogeográfico e paisagístico e no manejo das áreas e dos animais podem explicar por que vários estudos mostram um padrão de aumento de diversidade em habitats antropogênicos, como as pastagens com componentes arbóreos, diferentemente dos nossos resultados.

Apesar do sistema silvipastoril com núcleos apresentar, no verão, uma temperatura 4°C a menos que a área de pastagem (31,3°C nas áreas de SSPnúcleos e 35,05°C nas áreas de PSA) (KRETZER et al. 2019, dados não publicados), o microclima mais favorável não foi suficiente para atrair espécies mais dependentes de sombra ao sistema, como espécies florestais. A radiação solar é o fator de maior influência na atividade dos escarabeíneos (HALFFTER; ARELLANO, 2002) e várias espécies de besouros são dependentes de sombras para a sobrevivência. A sombra das árvores prolonga o tempo médio de colonização nas fezes por espécies generalistas de escarabeíneos: enquanto fezes a céu aberto são evitadas após um único dia, fezes depositadas em áreas sombreadas podem ser colonizadas por generalistas noturnos até uma semana após a deposição; e paracoprídeos raramente colonizam fezes que estiveram expostas a luz solar direta durante dois dias (HORGAN, 2002). Com a homogeneização da paisagem das pastagens, espécies que precisam de sombra podem ser excluídas nestas áreas e conseqüentemente reduzir a eficiência da decomposição das fezes (HORGAN, 2002). No sistema silvipastoril com núcleos, apesar da amenidade do microclima, a sombra ocupa apenas 20% da área ao longo do dia, diferente de uma floresta que possui um ambiente mais homogêneo. As espécies encontradas na análise de diversidade são consideradas de áreas abertas, ou seja, mais adaptadas ao calor e exposição ao sol, indicando que a sombra e o microclima proporcionados pelo SSPnúcleos ainda não é suficiente para atrair espécies dependentes disso.

Outro fator que também pode explicar a ausência de diferenças entre os sistemas é que as árvores influenciam na dispersão do odor do recurso alimentar. Escarabeíneos geralmente usam o odor para localizar o alimento (DORMONT et al., 2010) e os compostos voláteis são fundamentais para a atração dos escarabeíneos, podendo variar dependendo da estrutura da vegetação de um determinado habitat (CORREA et al., 2016). Em ambientes abertos como as pastagens espera-se que a fonte de alimento seque rapidamente, e que o odor se espalhe mais rápido devido à falta de barreiras físicas, o que pode

encurtar o período de atratividade dos recursos alimentares (SIMMONS; RIDSDILL-SMITH, 2011). Nos ecossistemas florestais, além da maior diversidade de recursos alimentares potencialmente disponíveis (PUKER; CORREA; KORASAKI, 2014), os odores gerados pelas fontes alimentares são dispersos mais lentamente na presença de barreiras como a vegetação herbácea e árvores (CORREA et al., 2016). Além disso, a umidade em ambientes florestais é maior (ESCOBAR; HALFFTER; ARELLANO, 2007), resultando em secagem mais lenta da fonte de alimento. No SSPnúcleos, as árvores ocupam 10% da área de pastagem, possuindo então uma densidade e ocupação menor do que uma área florestal, fazendo com que as fezes sequem mais rapidamente que uma área densamente florestada.

A riqueza de espécies também diminui quando áreas florestais são convertidas em ambientes abertos, como as pastagens, porque as espécies que colonizam estas áreas são apenas aquelas que toleram altas temperaturas e/ou exposição ao sol (ESCOBAR; HALFFTER; ARELLANO, 2007; FILGUEIRAS et al., 2009; NAVARRETE; HALFFTER, 2008). A região de estudo no estado de Santa Catarina, sul do Brasil, originariamente era coberta de Floresta Ombrófila Densa, sendo atualmente caracterizado por uma paisagem heterogênea de fragmentos florestais e áreas de agricultura e reflorestamento, com *Pinus* e *Eucalyptus*, e por isso podem não ter conseguido receber a fauna típica de áreas florestais. A cobertura vegetal pode também limitar a capacidade de dispersão das espécies devido à fragmentação do habitat e à presença de barreiras geográficas (DA SILVA; HERNÁNDEZ, 2014).

O manejo dos animais dos animais é um fator que pode ter influenciado muito na comunidade de escarabeíneos. Todas as propriedades utilizam a ivermectina, que é o antiparasitário veterinário mais comumente utilizado no mundo (ADLER et al., 2016). Excrementos produzidos pelos animais contêm resíduos dessa substância e afetam insetos que habitam a bosta e também organismos do solo, atingindo as funções da comunidade, como taxa de decomposição das fezes (ADLER et al., 2016; LIEBIG et al., 2010). A ivermectina reduz a abundância de escarabeíneos (BEYNON et al., 2012) e conseqüentemente a remoção de massa fecal (MANNING et al., 2017).

Além dos fatores apresentados, os sistemas silvipastoris são muito dinâmicos, pois seus componentes podem permanecer constantes ou mudar com o tempo, dependendo do manejo. Essas condições mutáveis levam a uma riqueza de espécies local variável e permite a

permeabilidade de certas espécies dentro da paisagem (ARELLANO et al., 2013).

As espécies encontradas na remoção, *Dichotomius nisus* e *Ontherus sulcator*, indicam ser as espécies que estão realizando a função ecológica de remoção de massa fecal nas áreas. Ambas as espécies são de áreas abertas e classificadas dentro do grupo funcional dos paracoprídeos (tuneleiros), a guilda mais importante na remoção de massa fecal (ARELLANO, 2016; ANDRESEN, 2003). Os paracoprídeos desempenham um papel importante na reincorporação das fezes porque seu comportamento alimentar e reprodutivo consiste principalmente em atividade subterrânea, diferentemente das espécies de rola-dores ou residentes, que desintegram ou dispersam as fezes na superfície sem incorporar quantidades substanciais ao solo (ANDUAGA; HUERTA, 2007).

Essas duas espécies também apresentaram maior abundância em áreas de pastagens na mesma região de abrangência deste estudo, onde foi verificado que *Ontherus sulcator* é capaz de remover em média 6,7 vezes seu peso corporal em 24 horas, e sua abundância favorece a aeração do solo, pois quanto maior a abundância destes organismos, maior é o número de túneis (DE FARIAS, 2016). A atividade promovida por eles também aumenta a mistura de solo mineral com matéria orgânica – bioturbação – e cria macroporos que facilitam o crescimento de raízes nos túneis (AMÉZQUITA; FAVILA, 2010). A espécie *Deltachilum* aff. *multicolor*, segunda mais abundante na análise de diversidade, provavelmente não foi coletada na remoção de massa fecal por se tratar de um telecoprídeo, que são escarabeíneos que formam bolas com os recursos e as rodam para longe da fonte inicial antes de enterrá-las, e nesse experimento foram coletados apenas os besouros que estavam dentro do balde com solo. No entanto, a maior remoção é realizada pelos besouros paracoprídeos, que removem aproximadamente 50,0% da bosta, enquanto os telecoprídeos removem em torno de 30,0% (SLADE et al., 2007).

Dichotomius nisus e *Ontherus sulcator* foram importantes também pelo seu tamanho corporal grande, pois a maior biomassa significa também maior remoção de massa fecal, função ecológica que contribui para a incorporação de nutrientes no solo (NERVO et al., 2014; YAMADA et al., 2007). Os escarabeíneos movimentam grandes quantidades de solo com o comportamento de nidificação e a profundidade do túnel e quantidade de solo removida estão positivamente relacionadas ao tamanho do corpo do besouro (MITTAL et al., 1993; HALFFTER; EDMONDS, 1982).

Pode-se verificar na Figura 6, que a biomassa dos escarabeíneos coletados está relacionada a remoção de massa fecal por eles realizada, indicando que nessas áreas está ocorrendo a função ecossistêmica de remoção de massa fecal, passo inicial para a realização das demais funções que os besouros escarabeíneos estão envolvidos, como a ciclagem de nutrientes. A ciclagem de nutrientes acontece a partir da transferência de resíduos da superfície do solo para o interior, realizada com as atividades dos besouros tuneleiros e rola-dores. Essa transferência de resíduos realoca fisicamente material orgânico rico em nutrientes e provoca mudanças químicas, físicas e de microrganismos nas camadas do solo, onde os nutrientes podem ser devolvidos ao ciclo ao serem absorvidos pelas plantas, sendo utilizados para seu crescimento e conseqüentemente, produtividade (NICHOLS et al., 2008). Além disso, os escarabeíneos também afetam o ciclo do nitrogênio por acelerarem as taxas de mineralização. Cerca de 80,0% do nitrogênio das fezes remanescentes na superfície do pasto é perdida por volatilização, mas quando há a presença de um número suficiente de besouros escarabeíneos para a realização do enterrio rapidamente, esse número é reduzido para 5-15,0% (BANG et al., 2005; GILLARD, 1967). Ao favorecer a ciclagem de nutrientes, há o aumento da produtividade da pastagem (biomassa acima do solo e teores de nitrogênio) como resultado da incorporação de matéria orgânica no solo, com conseqüente aumento da friabilidade e aeração do solo, assim como da capacidade de retenção de água (BANG et al., 2005).

Os besouros escarabeíneos também contribuem no controle das populações de moscas e outros parasitas pela competição por fezes e carniças, já que ambos utilizam esse recurso para alimentação e reprodução (BRAGA et al., 2012; HANSKI, 1991). Os escarabeíneos também causam danos mecânicos em ovos e larvas durante o processo de remoção das fezes (WU; SUN, 2010). Além disso, ao movimentar as fezes, podem promover mudanças no microclima e aumentar o acesso de predadores, reduzindo o desenvolvimento e a sobrevivência de moscas imaturas (RIDS-DILL-SMITH, 1987). O controle biológico de moscas com remoção de massa fecal foi estimado em uma economia de 130 milhões de dólares por ano nas pastagens Norte Americanas (LOSEY; VAUGHN, 2006).

Neste trabalho foi observado que o sistema silvipastoril com núcleos, em seis anos de implantação, ainda não foi eficiente em promover um melhor habitat para atrair novas espécies de besouros para as áreas pastagens. Assim, a semelhança entre a diversidade e a remoção das fezes entre os tratamentos pode ter implicações relevantes na

manutenção de funções ecossistêmicas, como a remoção de massa fecal. No entanto, o manejo dos animais pode ter influenciado negativamente nos resultados, sendo importante novas pesquisas nas áreas que avaliem também essa variável.

3.5 CONCLUSÃO

Não foram encontradas diferenças significativas na riqueza, abundância, biomassa e remoção de massa fecal entre o sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) e a área de pastagem sem árvores (PSA). Isso pode ser devido a que somente as espécies de pastagens foram capazes de colonizar as áreas com núcleos, por estarem isoladas e circundadas por outras áreas agrícolas ou de plantações de *Pinus* e *Eucalyptus* – e por isso não terem conseguido receber a fauna típica de áreas florestais. Também, pode ser porque o ambiente ainda não permitiu a chegada de espécies tipicamente florestais ou porque o manejo dos animais com a utilização de antiparasitário está afetando a comunidade de escarabeíneos. No entanto, as espécies coletadas na remoção de massa fecal, *Dichotomius nisus* e *Ontherus sulcator* são consideradas de alta importância em áreas de pastagem, com papel fundamental na ciclagem de nutrientes.

3.6 REFERENCIAS

ADLER, N. et al. Effects of ivermectin application on the diversity and function of dung and soil fauna: regulatory and scientific background information. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.35, n.8, p. 1914-1923, 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AMÉZQUITA, S.; FAVILA, M. E. Removal Rates of Native and Exotic Dung by Dung Beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a Fragmented Tropical Rain Forest. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 2, p. 328–336, 2010.

ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, v. 26, n. 1,

p. 87–97, 2003.

ANDUAGA, S.; HUERTA, C. Importance of dung incorporation activity by three species of coprophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) macrofauna in pastureland on “La Michilía” biosphere reserve in Durango, Mexico. **Environmental entomology**, v. 36, n. 3, p. 555–559, 2007.

ARELLANO, L. A novel method for measuring dung removal by tunneler dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in pastures. **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 1, p. 1–4, 2016.

ARELLANO, L. et al. Acacia woodlots, cattle and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Mexican silvopastoral landscape. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 84, n. 2, p. 650–660, 2013.

BANG, H. S. et al. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. **Applied Soil Ecology**, v. 29, n. 2, p. 165–171, 2005.

BATILANI-FILHO, M.; HERNANDEZ, M. I. M. Decline of ecological functions performed by dung beetles in areas of atlantic forest and contribution of rollers and tunnellers in organic matter removal. **Environmental Entomology**, v. 46, n. 4, p. 784–793, 2017.

BATTISTI, L. F. Z.; et al. Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. **Acta Agron.**, v.67, n.3, p.451-458, 2018.

BEYNON, S. A.; et al. Consequences of alternative and conventional endoparasite control in cattle for dung-associated invertebrates and ecosystem functioning. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 162, p. 36–44, 2012.

BEYNON, S. A.; WAINWRIGHT, W. A.; CHRISTIE, M. The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the U.K. cattle industry. **Ecological Entomology**, v. 40, n. S1, p. 124–135, 2015.

BRAGA, et al. Are Dung Beetles Driving Dung-Fly Abundance In Traditional Agricultural Areas in the Amazon? **Ecosystems**, v.15, p1173-1181, 2012.

CORREA, C. M. A. et al. Attractiveness of baits to dung beetles in

Brazilian savanna and exotic pasturelands. **Entomological Science**, v. 19, n. 2, p. 112–123, 2016.

DA SILVA, P. G.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Local and regional effects on community structure of dung beetles in a mainland-island scenario. **PLoS ONE**, v. 9, n. 10, 2014.

DE FARIAS, P. M. et al. Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **J Insect Conserv**, v. 19, p. 947-960, 2015.

DE FARIAS, P. M. **Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em agroecossistemas: funções ecossistêmicas e contribuição na ciclagem de nutrientes**. Tese (Doutorado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 182 p., 2016.

DE FARIAS, P. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Dung beetles associated with agroecosystems of Southern Brazil: Relationship with soil properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-13, 2017.

DE OLIVEIRA TISSIANI, A. S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; CAMPELO-JÚNIOR, J. H. Dung beetles of Brazilian pastures and key to genera identification (Coleoptera: Scarabaeidae). **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 401–418, 2017.

DENIZ, M. et al. High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. **International Journal of Biometeorology**, 2018.

DORMONT, L. et al. Innate olfactory preferences in dung beetles. **Journal of Experimental Biology**, v. 213, n. 18, p. 3177–3186, 2010.

ESCOBAR, F.; HALFFTER, G.; ARELLANO, L. From forest to pasture: An evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. **Ecography**, v. 30, n. 2, p. 193–208, 2007.

FILGUEIRAS, B. K. C. et al. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.

53, n. 3, p. 422–427, 2009.

FILGUEIRAS, B. K. C. et al. Dung beetle persistence in human-modified landscapes: Combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. **Ecological Indicators**, v. 55, p. 65–73, 2015.

GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.** 33, 30-34, 1967.

GIRALDO, C. et al. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. **Insect Conservation and Diversity**, v. 4, n. 2, p. 115–122, 2011.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae): An Ecological and Evolutive Approach.** UNESCO, v.1, 1982.

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.

HALFFTER, G.; ARELLANO, L. Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 144–154, 2002.

HANSKI, I. The dung insect community. In.: Hanski I, Cambefort Y, Eds **Dung beetle ecology.** Princeton University Press, 1991.

HORGAN, F. G. Shady field boundaries and the colonisation of dung by coprophagous beetles in Central American pastures. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 91, n. 1–3, p. 25–36, 2002.

LIEBIG, M. et al. Environmental risk assessment of ivermectin: a case study. **Integrated Environmental Assessment Management**, v. 6, p. 567–587, 2010.

LOSEY, J. E.; VAUGHN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311–323, 2006.

MANNING, P. et al. Effect of dung beetle species richness and chemical perturbation on multiplique ecosystem functions. **Ecological Entomology**,

v. 42, p. 577-586, 2017.

MITTAL, I. Natural manuring and soil conditioning by dung beetles. **Tropical Ecology**, v.34, p.150-159, 1993.

MONTOYA-MOLINA, S. et al. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 204–212, 2016.

MURGUEITIO, E. Incentivos para los sistemas silvopastoriles em América Latina. **Revista de investigación y difusión científica agropecuaria.**, v.13, n.1, p.3-19, 2009.

NAVARRETE, D.; HALFFTER, G. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: The effects of anthropogenic changes. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 12, p. 2869–2898, 2008.

NERVO, B. et al. The effects of body mass on dung removal efficiency in dung beetles. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, 2014.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, 2008.

PUKER, A.; CORREA, C. M. A.; KORASAKI, V. Deltochilini and Phanaeini dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in introduced and native ecosystems of Brazil. **Journal of Natural History**, v. 48, n. 35–36, p. 2105–2116, 2014.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIDS DILL-SMITH, T.J. Mortality eggs and larvae of the bush fly *Musca vstutissima* Wlaker (Diptera: Muscidae), caused by Scarabeinae dung beetles (Coleoptera: Scarabeinae) in favourable cattle dung. **Bull Entomol Res**, v.77, p.731-736, 1987.

RIVERA, L. F.; ARMBRECHT, I.; CALLE, Z. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 181, p. 188–194,

2013.

SCHMITT FILHO, et al. Nucleation theory inspiring the design of high biodiversity silvopastoral system in the Atlantic Forest biome: ecological restoration, family farm livelihood and agroecology. **VII World Conference on Ecological Restoration – SER**, Foz do Iguaçu, Brazil.

SIMMONS, L.; RIDSDILL-SMITH, J. **Ecology and Evolution of Dung Beetles**. 1^a ed., 2011, 361p.

SLADE, E. M. et al. Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, n. 6, p. 1094–1104, 2007.

SPAROVEK, G. et al. The revision of the brazilian forest act: Increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? **Environmental Science and Policy**, v. 16, p. 65–72, 2012.

TSCHARNTKE, T. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - Ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, 2005.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v.418, p.671-677, 2008.

WASSENAAR, T. et al. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. **Global Environmental Change**, v. 17, n. 1, p. 86–104, 2007.

WU, X.; SUN, S. The Roles of Beetles and Flies in Yak Dung Removal in an Alpine Meadow of Eastern Qinghai-Tibetan Plateau. **Ecoscience**, v. 17, n. 2, p. 146–155, 2010.

YAMADA, D. et al. Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. **Grassland Science**, v. 53, n. 2, p. 121–129, 2007.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema silvipastoril com núcleos (SSPnúcleos) não apresentou, em comparação a área de pastagem sem árvores (PSA), diferenças na riqueza, abundância e biomassa de besouros escarabeíneos, assim como na remoção de massa fecal por eles realizada. No entanto, como diferentes espécies possuem diferentes requisitos de habitat e o sistema já se mostrou eficiente em melhorar os atributos químicos do solo, as condições microclimáticas e o índice de conforto térmico aos bovinos, outras espécies já estão sendo beneficiadas com os núcleos arbóreos.

Novas pesquisas a longo prazo, quando os núcleos atingirem um estágio sucessional mais avançado, assim como estudos nos fragmentos da paisagem, relacionados às propriedades do solo e ao manejo dos animais, podem trazer uma melhor compreensão das possíveis contribuições ecológicas do sistema silvipastoril com núcleos em relação a uma pastagem sem árvores.

REFERENCIAS

- AARONS, S. R.; O'CONNOR, C. R.; GOURLEY, C. J. P. Dung decomposition in temperate dairy pastures I. Changes in soil chemical properties. **Australian Journal of Soil Research**, v. 42, n. 1, p. 107–114, 2004.
- AMÉZQUITA, S.; FAVILA, M. E. Removal Rates of Native and Exotic Dung by Dung Beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a Fragmented Tropical Rain Forest. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 2, p. 328–336, 2010.
- ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**, v. 26, n. 1, p. 87–97, 2003.
- ANDUAGA, S.; HUERTA, C. Importance of dung incorporation activity by three species of coprophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) macrofauna in pastureland on “La Michilía” biosphere reserve in Durango, Mexico. **Environmental entomology**, v. 36, n. 3, p. 555–559, 2007.
- ARELLANO, L. A novel method for measuring dung removal by tunneler dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in pastures. **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 1, p. 1–4, 2016.
- ARELLANO, L. et al. Acacia woodlots, cattle and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Mexican silvopastoral landscape. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 84, n. 2, p. 650–660, 2013.
- ARELLANO, L.; LEÓN-CORTÉS, J. L.; OVASKAINEN, O. Patterns of abundance and movement in relation to landscape structure: A study of a common scarab (*Canthon cyanellus cyanellus*) in Southern Mexico. **Landscape Ecology**, v. 23, n. 1, p. 69–78, 2008.
- BAWA, K. S. Tropical Ecosystems into the 21st Century. **Science**, v. 306, n. 5694, p. 227b–228b, 2004.
- BEYNON, S. A.; WAINWRIGHT, W. A.; CHRISTIE, M. The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the U.K. cattle industry. **Ecological Entomology**, v. 40, n. S1, p. 124–135, 2015.

BHAGWAT, S. A. et al. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, n. 5, p. 261–267, 2008.

CALLE, Z. et al. Intensive silvopastoral systems: integration of sustainable cattle ranching. In: **Ecological Restoration and Sustainable Agricultural Landscapes**. p. 27–33, 2014.

CHAZDON, R. L. et al. Beyond reserves: A research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 41, n. 2, p. 142–153, 2009.

CRUZ, M. R. et al. Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de veracruz, México. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 38, n. 1, p. 148–155, 2012.

CULTID-MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F. Assessing the ecological response of dung beetles in an agricultural landscape using number of individuals and biomass in diversity measures. **Environmental Entomology**, v. 45, n. 2, p. 310–319, 2016.

DE FARIAS, P. M. et al. Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. **J Insect Conserv**, v. 19, p. 947-960, 2015.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas Embrapa Amazônia Oriental. **Embrapa Amazônia Oriental**, 2006, 33p.

FAVILA, M. E.; HALFFTER, G. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 72, p. 1–25, 1997.

GARDNER, T. A. et al. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, v. 12, n. 6, p. 561–582, 2009.

GILLARD, P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.** 33, 30-34, 1967.

GIRALDO, C. et al. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. **Insect Conservation and Diversity**, v. 4, n. 2, p. 115–122, 2011.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae): An Ecological and Evolutive Approach.** UNESCO, v.1, 1982.

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.

HARVEY, C. A. et al. Patterns of Animal Diversity in Different Forms of Tree Cover in Agricultural Landscapes. **Ecological Applications**, v. 16, n. 5, p. 1986–1999, 2006.

IAASTD. **Agriculture at a crossroads.** International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Washington D.C., 2009, 606p.

JEANNERET, P. et al. Arthropod reaction to landscape and habitat features in agricultural landscapes. **Landscape Ecology**, v. 18, n. 3, p. 253–263, 2003.

LOPEZ-COLLADO, J. et al. Contribution of dung beetles to cattle productivity in the tropics: A stochastic-dynamic modeling approach. **Agricultural Systems**, v. 155, n. April, p. 78–87, 2017.

LOSEY, J. E.; VAUGHN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311–323, 2006.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.** World Resources Institute, Washington D.C., 2005, 100p.

MONTOYA-MOLINA, S. et al. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 204–212, 2016.

MURGUEITIO, E. Incentivos para los sistemas silvopastoriles em América Latina. **Revista de investigación y difusión científica agropecuaria.**, v.13, n.1, p.3-19, 2009.

NEITA, J. C.; ESCOBAR, F. The potential value of agroforestry to dung beetle diversity in the wet tropical forests of the Pacific lowlands of

Colombia. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 121–131, 2012.

NICHOLS, E. et al. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, v. 137, n. 1, p. 1–19, 2007.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1461–1474, 2008.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1134, p. 173–200, 2008.

PHALAN, B.; GREEN, R.; BALMFORD, A. Closing yield gaps: perils and possibilities for biodiversity conservation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 369, n. 1639, p. 20120285–20120285, 2014.

RÖS, M.; ESCOBAR, F.; HALFFTER, G. How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: A study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. **Diversity and Distributions**, v. 18, n. 4, p. 377–389, 2012.

SCHMITT FILHO, et al. Nucleation theory inspiring the design of high biodiversity silvopastoral system in the Atlantic Forest biome: ecological restoration, family farm livelihood and agroecology. **VII World Conference on Ecological Restoration – SER**, Foz do Iguaçu, Brazil.

WASSENAAR, T. et al. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. **Global Environmental Change**, v. 17, n. 1, p. 86–104, 2007.