



Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Biologia



**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais**

**INTERAÇÃO PARASITA-HOSPEDEIRO EM PEQUENOS
MAMÍFEROS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DO GLÓRIA:
PADRÕES INTERESPECÍFICOS E IMPACTOS DA
INTERAÇÃO SOBRE OS INDIVÍDUOS PARASITADOS.**

Thomás Duarte Mota

2013

Thomás Duarte Mota

**INTERAÇÃO PARASITA-HOSPEDEIRO EM PEQUENOS
MAMÍFEROS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DO GLÓRIA:
PADRÕES INTERESPECÍFICOS E IMPACTOS DA
INTERAÇÃO SOBRE OS INDIVÍDUOS PARASITADOS.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais.

Orientadora: Dra. Natália Oliveira Leiner

UBERLÂNDIA
Fevereiro - 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M917i Mota, Thomás Duarte, 1982-
2016 Interação parasita-hospedeiro em pequenos mamíferos da fazenda experimental do Glória: padrões interespecíficos e impactos da interação sobre os indivíduos parasitados / Thomás Duarte Mota. - 2016.
52 f. : il.

Orientadora: Natália Oliveira Leiner.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Energia - Teses. 3. Helminto - Teses. 4. Imunidade - Teses. I. Leiner, Natália Oliveira. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574|

Thomás Duarte Mota

**INTERAÇÃO PARASITA-HOSPEDEIRO EM PEQUENOS
MAMÍFEROS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DO GLÓRIA:
PADRÕES INTERESPECÍFICOS E IMPACTOS DA
INTERAÇÃO SOBRE OS INDIVÍDUOS PARASITADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em 27 de Fevereiro de 2013

Prof. Dr. Matias Pablo Juan Szabó – UFU

Prof. Dr. Paulo Sérgio D'Andrea – FIOCRUZ/IOC

Profa. Dra. Natália Oliveira Leiner- UFU (Orientadora)

UBERLÂNDIA

Fevereiro – 2013

AGRADECIMENTOS

Pela finalização deste projeto gostaria de agradecer primeiramente à minha família e a excepcional orientação da Profa. Dra. Natália Oliveira Leiner, pois foram estas pessoas que me estimularam alcançar este objetivo.

Agradeço individualmente aos colegas da 14^a Turma de Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais por compartilhar a mesma rotina durante esse período.

Aos membros do Laboratório de Ecologia de Mamíferos da UFU.

Aos amigos que me escutaram discorrer sobre este trabalho, Daniel, Ana Flávia, Ivana, Renata, Lia, Yolanda, Kenner, Grazie.

Aos amigos que se dispuseram e sofreram ao me acompanhar em inúmeras emocionantes campanhas de capturas.

Ao Prof. Dr. Matias Pablo Juan Szabó pela parceria com o Laboratório de Ixodologia da UFU e suas orientadas Vanessa e Marcela por toda ajuda e companheirismo.

Ao Laboratório de Parasitologia do Instituto de Biociências da UFU, principalmente Marcelo Arantes Levenhagen, pelo desenvolvimento das análises parasitológicas.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio D'Andrea pela amizade e parceria com Instituto Oswaldo Cruz da FIOCRUZ.

Aos Prof. Dr. Arnaldo Maldonado Júnior e Prof. Dra. Cibeles Bonvicino pelo tempo, atenção e valorosas identificações científicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro.

À Maria Angélica, por dois anos de boas conversas e esclarecimentos acadêmicos.

ÍNDICE

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO GERAL	01
1. Introdução	01
2. Referências Bibliográficas	05
METODOLOGIA GERAL	08
1. Área de estudo	08
2. Captura, identificação, análise biométrica e marcação	08
3. Coleta de fezes e análise parasitológica	09
4. Referências Bibliográficas	11
CAPÍTULO I: Relação entre a massa corporal de pequenos mamíferos terrestres e a abundância e riqueza de endoparasitas na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, Minas Gerais	14
1. Resumo	14
2. Abstract	14
3. Introdução	15
4. Material e Métodos	17
4.1. Descrição da área	17
4.2. Captura dos roedores e marsupiais	17
4.3. Captura-Marcação-Recaptura	18
4.4. Análise Coproparasitológica	18
4.5. Análise dos dados	19
5. Resultados	20
6. Discussão	25
7. Referências Bibliográficas	28
CAPÍTULO II: Impactos do endoparasitismo sobre a condição corporal e o investimento reprodutivo de pequenos mamíferos não voadores da Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, Minas Gerais	33
1. Resumo	33
2. Abstract	33
3. Introdução	34

4. Material e Métodos	36
4.1. Descrição da área	36
4.2. Campanhas de Captura	36
4.3. Captura-Marcação-Recaptura	37
4.4. Análise coproparasitológica	37
4.5. Impactos sobre hospedeiros: índice de condição corporal (ICC) e investimento reprodutivo	38
4.6. Análise de dados	39
5. Resultados	40
6. Discussão	42
7. Referências Bibliográficas	46
CONCLUSÃO GERAL	52

RESUMO

Mota, Thomás D. 2013. Interação parasita-hospedeiro em pequenos mamíferos da Fazenda Experimental do Glória: padrões interespecíficos e impactos da interação sobre os indivíduos parasitados. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 52p.

A variação existente na riqueza e abundância de parasitas entre as espécies hospedeiras se tornou alvo de inúmeras pesquisas ecológicas. Entre os principais fatores tidos como responsáveis pela variação em parâmetros relacionados a população e comunidade de parasitas estão as características ecológicas dos hospedeiros, como densidade, tamanho e massa corporal, longevidade e reprodução. O entendimento dos fatores responsáveis pela abundância e riqueza de parasitas é importante, pois o número de parasitas em um hospedeiro pode influenciar o impacto que os primeiros causam aos últimos. Nesse sentido, o presente trabalho possui dois objetivos principais. O primeiro é analisar a variação da abundância e riqueza de endoparasitas entre diferentes espécies de roedores e marsupiais, e testar a hipótese de que espécies hospedeiras de maior massa corporal devem apresentar valores mais altos de parasitismo. O segundo objetivo é avaliar o impacto do endoparasitismo sobre os hospedeiros, através de testes das hipóteses de que hospedeiros que apresentam maior riqueza e abundância de endoparasitas devem apresentar redução da condição corporal e do investimento em caracteres sexuais secundários. Os animais foram capturados em um fragmento florestal no município de Uberlândia (MG), através de 12 campanhas de capturas no período de junho de 2011 a maio de 2012, com armadilhas abertas por quatro noites consecutivas por campanha. Foi possível obter um esforço amostral de 3840 armadilhas/noite, nas quais foram capturados 709 animais. Os roedores foram representados por indivíduos de *Rhipidomys* sp. (54), *Oligoryzomys* sp. (24) e *Hylaeamys megacephalus* (16) e os marsupiais por *Didelphis albiventris* (10) e *Gracilinanus agilis* (27). Os resultados indicam que as espécies hospedeiras diferem significativamente em sua massa corporal e, análises de co-variância mostram que a abundância de endoparasitas varia entre as espécies de roedores e não entre os marsupiais, porém esta variação é independente do peso do corpo dos hospedeiros. Por outro lado, a riqueza de endoparasitas é significativamente diferente apenas entre marsupiais. Esses resultados sugerem que outros fatores devem ser responsáveis pela variação da abundância de endoparasitas entre os roedores, como a densidade populacional dos hospedeiros. Já a riqueza parece ser influenciada pelo peso corporal, apenas quando essa variação apresenta grande magnitude, como é o caso dos marsupiais. Além disso, pesquisas futuras deveriam focar outros fatores capazes de explicar a variação na riqueza entre os membros desse grupo, como longevidade. Com relação aos impactos, os resultados sugerem compensação dos impactos sofridos por roedores através da ingestão de alimentos ou ausência de efeitos deste parasitismo nestas espécies, uma vez que resultados significativos não foram observados. Entre os marsupiais, os indivíduos de *G. agilis* apresentaram correlação positiva entre a abundância de ovos de endoparasitas e a condição corporal, indicando escolha dos parasitas por hospedeiros com maior reserva energética, porém testes futuros devem avaliar esta hipótese. Com relação à reprodução, os resultados encontrados para *G. agilis* e *D. albiventris* foram conflitantes. É possível que diferenças na resposta dos hospedeiros a diferentes parasitas, ligadas a patogenicidade e ciclo de vida dos últimos, podem ser responsáveis pelos padrões de investimento reprodutivo observados.

Palavras-chave: alocação de energia; teoria da imunocompetência; *status* nutricional; reprodução.

ABSTRACT

Mota, Thomás D. 2013. Host-parasite interaction in small mammals of Fazenda Experimental do Glória: interspecific patterns and impacts of interaction on infected individuals. Master's dissertation on Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia-MG. 52p.

The existing variation in parasites species richness and abundance among host species has become the aim of several ecological researches. Among the main factors considered responsible for the variation in parameters related to the parasites population and community are the host's ecological characteristics, such as population density, body size and mass, longevity and reproduction. It's of summary importance the comprehension of factors responsible for parasite abundance and species richness, because the impacts promoted by parasites might be influenced by the number of parasites occurring in a host species. In this way, the present study has two main objectives. The first one is to analyze the variation in endoparasite abundance and species richness among different rodents and marsupials species, and test the hypotheses that the host species with higher values of body weight should have the highest parasitism rates. The second objective of this research is to evaluate the impacts promoted by endoparasites on hosts, through the test of the hypotheses that the hosts with richer parasites communities and with high abundance must have decreased body condition and reduced investment in secondary sexual characters. All animals were captured in a forest fragment located at Uberlândia municipality (MG), through 12 monthly captures events of four consecutive nights between June 2011 to May 2012. 709 animals were captured through an effort of 3840 traps/night. The rodents species were represented by *Rhipidomys* sp. (54), *Oligoryzomys* sp. (24) and *Hylaeamys megacephalus* (16) and the marsupials species by *Didelphis albiventris* (10) and *Gracilinamus agilis* (27). The results indicates that host body mass differ between species and, co-variance tests show that abundance of endoparasites varies among rodents hosts, independent of body weight, but not among marsupials hosts. On the other hand, the richness of endoparasites is significantly different only between marsupials. These results suggest that other factors might be responsible for the variation in endoparasite abundance in rodents, such as hosts' population density. Parasites species richness appears to be influenced by body weight, only when this variation has a large magnitude, as in the case of marsupials. Furthermore, future research must focus in others factors that could explain the variation in parasite species richness between the hosts, such as longevity. The absence of significant results on the impacts of parasitism on rodents hosts suggest some kind of overcompensation of the potential damage caused by parasites through increased food ingestion or maybe because of the lack of effects of this parasitism on these hosts species. Among marsupials, the members of *G. agilis* species presented positive correlation between abundance of endoparasite eggs and body condition. These results indicate that parasites might choose for hosts with greater energetic reserves, yet future tests must evaluate these hypotheses. The results observed in the impacts on reproductive investment on *G. agilis* and *D. albiventris* were conflicting. It's possible that differences on the response of hosts to different parasites are related to pathogenicity and the latter life span.

Keywords: energy allocation; immunocompetence handicap; nutritional status; reproduction.

INTRODUÇÃO GERAL

1. Introdução

O parasita é um organismo que se beneficia de outra espécie, obtendo desta os recursos que necessita para a manutenção de suas necessidades básicas, como alimento, transporte, proteção e sítios de nidificação. Podendo ser encontrado dentro ou sobre seus hospedeiros, os parasitas estão a eles associados de maneira obrigatória, podendo regular suas populações através de alterações nas taxas de natalidade e mortalidade dos hospedeiros (Anderson & May, 1978; Arneberg et al., 1998; Bordes & Morand, 2009; Bordes et al., 2011; Fortes, 1997; Neves et al., 2005; Rey, 1992). Os parasitas são divididos em dois grandes grupos: microparasitas, que são os vírus, bactérias e outros microrganismos; e platelmintos, nematódeos e artrópodos que formam o grupo dos macroparasitas (Morand et al., 2006).

Inúmeras são as características apresentadas por parasitas e hospedeiros que se relacionam significativamente com o parasitismo, de maneira que a intensidade do parasitismo e a abundância e riqueza de parasitas em um hospedeiro são determinadas por atributos de ambos os grupos. Encontrar qual caractere, ou o conjunto deles, que determina este tipo de interação entre espécies se tornou o objetivo de vários estudos e pesquisas ecológicas. O biólogo e parasitologista francês Claude Combes estabeleceu o conceito dos filtros do encontro e da compatibilidade na relação parasito-hospedeiro em uma publicação de 1991 sobre ciclos de vida dos parasitas. O autor consolidou o termo em 2001 em seu livro *Parasitism – The ecology and evolution of intimate interactions*, no qual desenvolve os conceitos dos filtros visando aumentar o conhecimento sobre a amplitude de hospedeiros que um parasita pode explorar (Dick & Patterson, 2006; Krasnov et al., 2012).

O primeiro filtro relaciona-se diretamente com a possibilidade de encontro entre o parasita e seu hospedeiro, de modo que determinados atributos dos hospedeiros podem torná-los mais expostos a parasitas. Nesse ponto, características dos hospedeiros como densidade populacional, mobilidade, tamanho da área de vida e do corpo podem se correlacionar com a probabilidade de que parasitas e hospedeiros se deparem (Anderson & May, 1978; Arneberg, 2002; Arneberg et al., 1998; Morand & Poulin, 1998). Teoricamente, espera-se que quanto maior a densidade populacional dos hospedeiros, maior a chance de encontro entre indivíduos e transmissão dos parasitas (Arneberg et al., 1998; Arneberg, 2002). Da mesma forma, indivíduos com maior tamanho corporal possuem maior superfície de contato com o meio, podendo abrigar uma assembleia mais rica e abundante de parasitas devido à diversidade de

nichos proporcionada por estes hospedeiros (Krasnov et al., 2004; Morand & Poulin, 1998). Além disto, animais com maior tamanho, tendem a apresentar maiores áreas de vida (Harestad & Bunnell, 1979), fato este que acarreta em um aumento das taxas de exposição destes indivíduos aos parasitas. Assim como a relação entre tamanho do corpo e área de vida, a mobilidade dos animais também está relacionada com a taxa de exposição, aumentando a possibilidade de infestação (Krasnov et al., 2005).

A maioria dos estudos que avaliaram a relação entre densidade, tamanho corporal dos hospedeiros e a riqueza e intensidade do parasitismo em mamíferos apresentaram resultados conflitantes. Existem registros de relações significativas positivas e negativas entre estas variáveis, entretanto acredita-se que a ausência de um padrão nestas análises esteja relacionada à diferença de esforço amostral entre os trabalhos e a não utilização de métodos envolvendo contrastes filogenéticos, que podem amenizar os efeitos do parentesco entre as espécies envolvidas (Arneberg et al., 1998; Arneberg, 2002; Morand & Poulin, 1998; Poulin, 1995; Poulin, 1996).

Porém, a relação parasitária não se estabelece apenas com o encontro das espécies envolvidas; se faz necessário que o parasita ultrapasse as barreiras naturalmente impostas pelo hospedeiro, que podem ser respostas dos genes do complexo principal de histocompatibilidade, ou ainda fatores que estejam relacionados com o comportamento, a taxa metabólica basal, a idade ou o sexo dos hospedeiros (Bordes et al., 2007; Charbonnel et al., 2006; Folstad & Karter, 1992; Krasnov et al., 2005; Morand & Harvey, 2000). Estas barreiras caracterizam o filtro da compatibilidade, que limita os hospedeiros que um parasita pode utilizar apenas àqueles em que ele possa se desenvolver e sobreviver (Dick & Patterson, 2006; Krasnov et al., 2012).

Os distintos padrões comportamentais apresentados pelos hospedeiros podem intervir no parasitismo sofrido por eles, influenciando suas taxas de exposição e susceptibilidade aos parasitas. Algumas espécies de hospedeiros possuem o comportamento de se abrigar em grupos, o que pode elevar a carga parasitária dos indivíduos, considerando que a taxa de transmissão de certos parasitas depende da densidade dos hospedeiros (Arneberg et al., 1998; Krasnov et al., 2012). Em outras espécies, o grau de socialidade apresentado interfere em aspectos do parasitismo como a riqueza da assembleia parasitária. Comportamentos complexos como a auto-limpeza (*grooming*) em espécies sociais poderiam reduzir a intensidade de ectoparasitas no corpo dos hospedeiros (Bordes et al., 2007; Hawlena et al., 2007; Mooring and Hart, 1992), porém em algumas espécies os machos reduzem este

comportamento para aumentar a vigilância sobre fêmeas reprodutivas e competidores, se tornando mais parasitados que as fêmeas de sua população (Krasnov et al., 2005).

Dentre os principais fatores que influenciam os parâmetros de infestação por parasitas deve-se definitivamente mencionar o gênero sexual do hospedeiro. Acredita-se que para os vertebrados como um todo exista uma tendência de um maior parasitismo nos hospedeiros machos, e em diversos casos estes são os responsáveis por transmitir os parasitas aos outros membros de sua população (Cattadori et al., 2006; Rosà et al., 2006). A tendência de maior parasitismo em machos pode ser explicada pela maior mobilidade e área de vida nos membros desse sexo quando comparado às fêmeas, o que aumenta a sua exposição aos parasitas no ambiente e a taxa de encontro com indivíduos infestados. Outra explicação para essa tendência é o dimorfismo sexual de tamanho, em que machos apresentam maior tamanho corporal que fêmeas no caso dos mamíferos (Harestad & Bunnell, 1979). Indivíduos com maior tamanho corporal apresentam maior superfície de contato e podem sustentar populações maiores de parasitas, devido a maior quantidade de recursos e habitats disponíveis (Morand & Poulin, 1998; Poulin, 1995).

A terceira explicação para a hipótese de um maior parasitismo nos machos sustenta-se na susceptibilidade diferencial dos sexos. De acordo com a hipótese da imunocompetência, proposta por Folstad & Karter (1992), hormônios andrógenos (e.g. testosterona) atuam como mediadores da relação entre a expressão de caracteres sexuais secundários, parasitas e respostas do sistema imune dos hospedeiros. Neste caso, o tamanho dos testículos dos mamíferos funciona como um caractere sexual secundário, podendo ser relacionado com o investimento dos machos em reprodução. Geralmente, há uma relação positiva entre tamanho dos testículos e concentração de hormônios andrógenos no sangue desses indivíduos. Diversos estudos já demonstraram que aumentos nos níveis de testosterona no sangue tornam os machos mais vulneráveis e susceptíveis aos parasitas, devido a um efeito imunossupressor desse hormônio (Folstad & Karter, 1992; Hughes & Randolph, 2011; Kenagy & Trombulak, 1986; Klein, 2004; Rosà et al., 2006).

O sistema imune apresenta uma demanda energética para que possa defender o hospedeiro dos agentes parasitários. Uma vez que os animais apresentam quantidade limitada de energia para diferentes funções, pode haver um balanço energético entre a energia investida em crescimento e reprodução e a energia restante para ativação e manutenção do sistema imune (Sheldon & Verhulst, 1996). Nesse sentido, espera-se que a infestação seja mais alta durante os períodos de alto gasto energético (Christe et al., 2000), ou em espécies em que investem demasiadamente em crescimento, sistema nervoso e reprodutivo (Bordes &

Morand, 2011). Ao mesmo tempo, devido a esse balanço na alocação de energia, quanto maior os gastos relacionados à resposta imune devido ao parasitismo, maior deve ser o impacto dos parasitas sobre a quantidade de energia do hospedeiro investida em outras atividades.

Nesse contexto, vários autores discutem os efeitos negativos que os parasitas podem exercer sobre seus hospedeiros, os quais devem variar de acordo com a intensidade do parasitismo e o número de infecções distintas. Bordes et al. (2011) testaram a hipótese de que roedores que investem mais em reprodução ou em sistema nervoso apresentam uma maior intensidade parasitária devido a um *trade-off* energético entre estes sistemas e o sistema imune, aumentando a susceptibilidade destes hospedeiros. A partir de análises de contrastes filogenéticos foi possível averiguar uma correlação positiva entre o investimento reprodutivo e a riqueza de helmintos gastrintestinais, entretanto nenhuma relação foi encontrada entre investimento em sistema nervoso e riqueza de helmintos. Estes resultados sugerem que possa haver um menor investimento energético do que seria esperado para manter e desenvolver esses tecidos de alto custo para o indivíduo, entretanto sem comprometer suas funções primordiais.

Considerando a influência dos parasitas sobre aspectos populacionais de seus hospedeiros, como a densidade e a área de vida, faz-se importante mencionar como as espécies podem responder individualmente ao parasitismo. Além de alterar atributos reprodutivos, metabólicos e até comportamentais dos hospedeiros, os parasitas podem apresentar impactos negativos sobre o crescimento e a condição corporal ou *fitness* destes indivíduos. Sendo que estes efeitos deletérios sobre os hospedeiros podem ser amplificados no caso de um múltiplo parasitismo (Bordes & Morand, 2011). Seja pela redução da ingestão de alimentos ou pela realocação energética para a manutenção do sistema imune, o parasitismo apresenta o potencial de comprometer aspectos fundamentais da biologia do hospedeiro, desde a limitação na obtenção de energia e nutrientes até o aumento da morbidade do animal, reduzindo sua longevidade. Um indivíduo que ingere menos energia que o seu metabolismo consome diariamente, pode ter que recorrer aos seus próprios tecidos para suprir esta demanda, consequentemente deteriorando sua condição corporal (Morand et al., 2006).

Como observado, inúmeros são os esforços que almejam encontrar quais são as características que determinam a relação entre um parasita e seu hospedeiro e os impactos do parasitismo sobre seus hospedeiros. Sabe-se que os fatores determinantes desta interação ecológica podem variar amplamente, envolvendo atributos populacionais e individuais das espécies de hospedeiros envolvidas. Com isso, este estudo procura entender quais atributos

das espécies de hospedeiros determinam sua carga parasitária e como a abundância e riqueza de parasitas influenciam parâmetros individuais dos hospedeiros, utilizando pequenos mamíferos silvestres como modelo. Os pequenos mamíferos não voadores, como roedores e marsupiais, podem ser infestados por uma gama de macroparasitas distintos, sendo que os filos Rhabditophorea, Syndermata, Nematoda e Arthropoda estão entre os mais representativos. Tais filos podem apresentar relação direta ou indireta com seus hospedeiros, dependendo do seu ciclo completo de vida. Membros das ordens Phthiraptera (piolhos) e Siphonaptera (pulgas) e das sub-ordens Ixodida e Gamasida (sub-classe Acari) correspondem aos principais ectoparasitas de mamíferos, enquanto nematódeos gastrointestinais representam o grupo mais importante e prevalente de endoparasitas (Hugot et al., 2001; Morand et al., 2006).

Dentro desse contexto, essa dissertação será dividida em dois capítulos, construídos a partir de um levantamento da comunidade de roedores e marsupiais e seus endoparasitas em um fragmento de floresta estacional semidecidual. No primeiro capítulo, a abundância e riqueza de endoparasitas será comparada entre as espécies de pequenos mamíferos não voadores, e avaliada a hipótese de que espécies com maior tamanho corporal apresentam maior riqueza e abundância de endoparasitas. No segundo capítulo, serão avaliados os impactos da riqueza e abundância de diferentes espécies de endoparasitas sobre a condição corporal e o investimento reprodutivo dos hospedeiros estudados no primeiro capítulo.

2. Referências Bibliográficas

- ANDERSON, R.M. & MAY, R.M., 1978. Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. Regulatory processes. *Journal of Animal Ecology*, vol.47, n.1, pp.219-247.
- ARNEBERG, P., 2002. Host population density and body mass as determinants of species richness in parasite communities: comparative analyses of directly transmitted nematodes of mammals. *Ecography*, vol.25, n.1, pp.88-94.
- ARNEBERG, P., SKORPING, A., GRENFELL, B. and READ, A.F., 1998. Host densities as determinants of abundance in parasite communities. *Proceedings of The Royal Society B*, vol.265, pp.1283-1289.
- BORDES, F.; BLUMSTEIN, D.T. and MORAND, S., 2007. Rodent sociality and parasite diversity. *Biology Letters*, 3, pp.692-694.
- BORDES, F. & MORAND, S., 2009. Parasite diversity: an overlooked metric of parasite pressures? *Oikos*, 118, pp.801-806.
- BORDES, F. & MORAND, S., 2011. The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology and Epidemiology*, 1, pp.7346-7355.

BORDES, F.; MORAND, S. and KRASNOV, B.R., 2011. Does investment into “expensive” tissue compromise anti-parasitic defence? Testes size, brain size and parasite diversity in rodents hosts. *Oecologia*, 165, pp.7-16.

CATTADORI, I.M., HAUKISALMI, V. HENTTONEN, H. and HUDSON, P.J., 2006. Transmission ecology and the structure of parasite communities in small mammals. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.349-369.

CHARBONNEL, N.; GOÛY DE BELLOCQ, J. and MORAND, S., 2006. Immunogenetics of micromammals-macroparasite interactions. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.400-442.

CHRISTE, P.; ARLETTAZ, R. and VOGEL, P., 2000. Variation in intensity of a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) in relation to the reproductive cycle and immunocompetence of its bats host (*Myotis myotis*). *Ecology Letters*, v.3, pp.207-212.

COMBES, C., 2001. *Parasitism – The ecology and evolution of intimate interactions*. University of Chicago Press, Chicago, 742p.

DICK, C.W. & PATTERSON, B.D., 2006. Bat flies: obligate ectoparasites of bats. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.179-194.

FOLSTAD, I. & KARTER, A.J., 1992. Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist*, vol.139, n.3, pp.603-622.

FORTES, E., 1997. *Parasitologia Veterinária*. Ícone, 3a ed. ver. e ampl., São Paulo, Brasil, 686p.

HARESTAD, A.S. & BUNNEL, F.L., 1979. Home range and body weight – A Reevaluation. *Ecology*, v.60, n.2, pp.389-402.

HAWLENA, H.; BASHARY, D.; ABRAMSKY, Z. & KRASNOV, B.R., 2007. Benefits, costs and constraints of anti-parasitic grooming in adult and juvenile rodents. *Ethology*, v.113, pp.394-402.

HUGHES, V.L. & RANDOLPH, S.E., 2011. Testosterone increases the transmission potential of tick-borne parasites. *Parasitology*, v.123, pp.365-371.

HUGOT, J.; BAUJARD, P. and MORAND, S., 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field study: an overview. *Nematology*, vol.3(3), pp.199-208.

KENAGY, G.J. & TROMBULAK, S.C., 1986. Size and function of mammalian testes in relation to body size. *Journal of Mammalogy*, v.67, pp.1-22.

KLEIN, S.L., 2004. Hormonal and immunological differences mediating sex differences in parasite infection. *Parasite Immunology*, v.26, pp.247-264.

- KRASNOV, B.R.; SHENBROT, G.I.; KHOKHLOVA, I.S. and DEGEN, A.A., 2004. Flea species richness and parameters of host body, host geography and host 'milieu'. *Journal of Animal Ecology*, 78, pp.1121-1128.
- KRASNOV, B.R.; MORAND, S.; HAWLENA, H., KHOKHLOVA, I.S. and SHENBROT, G.I., 2005. Sex-biased parasitism, seasonality and sexual dimorphism in desert rodents. *Oecologia*, 146, pp.209-217.
- KRASNOV, B.R.; BORDES, F.; KHOKHLOVA, I.S. and MORAND, S., 2012. Gender-biased parasitism in small mammals: patterns, mechanisms, consequences. *Mammalia*, 76, pp.1-13.
- MOORING, M.S. and HART, B.L., 1992. Animal grouping for protection from parasites: selfish herd and encounter-dilution effects. *Behaviour*, v.123, n.3/4, pp.173-193.
- MORAND, S. & HARVEY, P.H., 2000. Mammalian metabolism, longevity and parasite species richness. *Proceedings of The Royal Society B*, 267, pp.199-2003.
- MORAND, S. & POULIN, R., 1998. Density, body mass and parasite species richness of terrestrial mammals. *Evolutionary Ecology*, 12, pp.717-727.
- MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.), 2006. *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, 647p.
- NEVES, D.P.; MELO, A.L., LINARDI, P.M. e VITOR, R.W.A., 2005. *Parasitologia Humana*. Atheneu, 11ª edição, Brasil, 494p.
- POULIN, R., 1995. Phylogeny, ecology and the richness of parasite communities in vertebrates. *Ecological Monographs*, vol.65, n.3, pp.283-302.
- POULIN, R., 1996. Sexual inequalities in helminth infections: a cost of being a male? *American Naturalist*, v.147, n.2, pp.287-295.
- REY, L., 1992. *Bases da Parasitologia Médica*. Guanabara-Koogan, Brasil, 349p.
- ROSÀ, R.; RIZZIOLI, A.; FERRARI, N. and PUGLIESE, A., 2006. Models for host-macroparasite interactions in micromammals. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.319-348.
- SHELDON, B.C. & VERHULST, S., 1996. Ecological immunology: costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. *Tree*, v.11, n.8, pp.317-321.

METODOLOGIA GERAL

1. Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em um remanescente florestal da Fazenda Experimental do Glória (FEG), que está localizada na porção sudeste do município de Uberlândia, Minas Gerais. A fazenda está situada às margens da BR – 050, a aproximadamente 880 m.a.n.m, e se insere dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Possui uma área de 685 hectares, sendo que a maior parte é destinada a práticas agropastoris, enquanto a área de reserva ambiental é representada por apenas 30 hectares (Lopes, 2010; Prieto, 2005).

De acordo com a classificação proposta por Koeppen (1948), o clima da região apresenta duas estações bem definidas, caracterizando-o como Tropical savana (Aw Megatérmico). Há um verão chuvoso que começa por meados de novembro podendo se estender até maio, e um inverno seco entre os meses de junho a outubro. A média da temperatura durante os doze meses de capturas na Fazenda foi de 21,6°C e a pluviosidade apresentou uma média de 119,03mm de chuva no mesmo período, dados estes disponibilizados pelo Laboratório de Irrigação e Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia.

A área de reserva ambiental é caracterizada por um fragmento florestal, no qual a Floresta Estacional Semidecidual é a fitofisionomia predominante (Lopes, 2010). Determinada pelas duas estações climáticas da região, a Floresta Estacional Semidecidual possui de 20 a 50% de árvores que perdem suas folhas no período de déficit hídrico (IBGE, 1992). Com mais de 80 espécies arbóreas, o fragmento florestal da FEG se encontra em um processo sucessional intermediário, no qual as espécies secundárias iniciais prevalecem tanto em riqueza quanto em abundância. Dentre as espécies que ocorrem neste fragmento, sessenta delas possuem síndromes de dispersão zoocóricas, como é o caso de *Ocotea corymbosa* (Meissn.) Mez., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. e *Siparuna guianensis* Aubl., que são as três espécies com maior valor de importância no remanescente (Lopes et. al., 2011).

2. Captura, identificação, análise biométrica e marcação

As campanhas de captura foram realizadas mensalmente entre junho de 2011 e maio de 2012, com duração de quatro noites consecutivas.

Para capturar os pequenos mamíferos foram utilizadas armadilhas do tipo Sherman, com dois tamanhos distintos (42x11,5x14cm e 25x7,5x9,5cm), dispostas no interior do fragmento florestal em uma grade de captura. A grade de captura (1.12 hectares) consistiu de cinco transectos paralelos com oito estações ou pontos de captura, totalizando 40 pontos, com uma distância de 20 metros tanto entre pontos como entre os transectos. Em cada estação foram colocadas duas armadilhas, uma no solo entre a vegetação e a outra entre galhos e cipós no estrato subarbustivo. Desta maneira, viabiliza-se a captura de espécies que apresentem hábitos terrestres e espécies arborícolas. Os dois modelos de armadilhas utilizados foram distribuídos intercalando entre os dois estratos, a fim de se obter o mesmo número de armadilhas no solo e nas árvores dos dois modelos de armadilhas.

Durante cada campanha as armadilhas recebiam iscas atrativas compostas por uma mistura de aveia, paçoca, banana e bacon, e eram diariamente verificadas. Os animais capturados foram pesados com balanças de precisão imediatamente após serem retirados das armadilhas. Verificou-se o sexo e a condição reprodutiva de cada indivíduo. Os machos de todas as espécies capturadas foram considerados reprodutivos a partir do momento em que era possível observar e medir os testículos fora da cavidade abdominal. As fêmeas tiveram suas condições reprodutivas avaliadas a partir de sinais como vagina aberta ou com obstrução, tetas inchadas e/ou lactantes, que podem ser observadas com uma leve compressão das mamas e, no caso dos marsupiais, a presença de filhotes no marsúpio.

A identificação da espécie se deu com o auxílio de guias de identificação (Bonvicino et al., 2008; Emmons & Feer, 1999) e a idade dos indivíduos pôde ser determinada para os marsupiais de acordo com o padrão de erupção dentária proposto por Macedo et al. (2006). Em seguida, com o uso de um paquímetro foram tomadas as medidas do comprimento da cabeça, do corpo, da cauda, da tíbia e pata esquerdas, além da largura e altura da orelha esquerda. Estas medidas biométricas auxiliam na confirmação da identificação dos espécimes. Ainda foram medidas a largura e extensão dos testículos, quando estes se encontravam na bolsa escrotal, com o intuito de desenvolver um cálculo para área testicular. Antes de serem liberados exatamente no mesmo ponto em que foram capturados, os animais receberam brincos de latão numerados para posterior identificação do indivíduo em recapturas.

3. Coleta de fezes e análise parasitológica

Ao retirar os indivíduos capturados de dentro das armadilhas, estas foram abertas e as amostras de fezes presentes coletadas para se realizar as análises parasitológicas. Estas

amostras foram armazenadas em tubos Eppendorf e identificadas com a data, localização (número do transecto e da estação de captura), a espécie, o sexo e o número do brinco de marcação do animal capturado.

Em laboratório, as amostras fecais coletadas foram pesadas em balança de precisão e apenas aquelas que possuíam peso superior a 0,3 gramas foram avaliadas quanto à presença de ovos e/ou cistos de endoparasitas. O método selecionado para se analisar quantitativamente a abundância de parasitas foi a técnica McMaster, adaptada para pequenos mamíferos silvestres. Esta técnica foi escolhida por apresentar um conjunto de características que conferem vantagens inquestionáveis nas análises coproparasitológicas, como coleta das amostras de maneira não invasiva, praticidade e rapidez de análise e avaliação e baixos custos operacionais (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Aguirre et al., 1998; Fernandes et al., 2005; Rossanigo and Gruner, 1991). A mesma consiste em realizar uma diluição das fezes em solução saturada de NaCl, onde para cada grama de fezes adiciona-se 15mL da solução salina. O produto desta etapa é filtrado em filtros plásticos reforçados com gaze e então pipetado no interior das câmaras de McMaster. Após este procedimento as câmaras descansam por um período de cinco minutos antes de serem analisadas no microscópio óptico com objetiva de 10x. Cada câmara apresenta duas áreas quadradas divididas em seis colunas, nas quais foram contados o número de ovos e/ou cistos de endoparasitas. O valor total desta contagem é multiplicado por cem e dividido por dois, e o resultado deste cálculo indica o número de ovos e/ou cistos de endoparasitas por grama de fezes do hospedeiro (OPG e CPG respectivamente).

Devido ao fato de que a técnica que utiliza as câmaras de McMaster é adequada para flutuação de ovos leves, foi estabelecido um método que complementasse qualitativamente as análises coproparasitológicas destes hospedeiros. Para isso, em uma lâmina de microscópio foi disposta uma gota da solução filtrada sobre uma gota de lugol e analisado em microscopia óptica.

Os ovos e cistos de endoparasitas foram identificados em dois laboratórios, no Laboratório de Parasitologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia e no Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios do Instituto Oswaldo Cruz da FIOCRUZ no Rio de Janeiro. No primeiro havia a orientação do técnico Marcelo A. Levenhagen e no segundo, do professor Doutor Arnaldo Maldonado Júnior. A identificação dos espécimes foi realizada com o auxílio de bibliografia específica (Foreyt, 2002; Pinto et al., 2011; Vicente et al., 1997) e os endoparasitas tiveram suas estruturas e morfotipos analisados com o objetivo de encontrar a identificação mais precisa para cada caso.

4. Referências Bibliográficas

- ABIDU-FIGUEIREDO, M.; BARWINSKI, A.; CARVALHO, B. & REINECKE, R.K., 2001. Comparação entre técnicas coproparasitológicas para a contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de caprinos. *Ciência Animal*, 11(2), pp.137-139.
- AGUIRRE, D.H.; VIÑABAL, A.E. y GAIDO, A.B., 1998. Comparacion de tres tecnicas coprologicas para el diagnostico de *Fasciola hepatica* en rumiantes. *Veterinaria Argentina*, v.15, n.146, pp.421-427.
- ANTUNES, G.M., 2005. Diversidade e potencial zoonótico de parasitos de *Didelphis albiventris* Lund, 1841 (Marsupialia: Didelphidae). Tese de Doutorado. 122p.
- BONFIM, D.S., 2013. Interação parasita-hospedeiro em pequenos mamíferos não-voadores em Mata de Galeria no Brasil Central. Dissertação de Mestrado. 92p.
- BONVICINO, C.R.; OLIVEIRA, J.A. e D'ANDREA, P.S., 2008. Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS, 120p.
- CAMPBELL, M.L.; GARDNER, S.L. and NAVONE, G.T., 2003. A new species of *Mathevotaenia* (Cestoda: Anoplocephalidae) and other tapeworms from marsupials in Argentina. *Journal of Parasitology*, 89(6), pp.1181-1185.
- EMMONS, L.H. & FEER, F., 1999. Neotropical Rainforest Mammals: a field guide. The University of Chicago Press, Chicago, 307p.
- FEIJÓ, I.A.; TORRES, E.J.L., JÚNIOR, A.M. and LANFREDI, R.M., 2008. A new oxyurid genus and species from *Gracilinanus agilis* (Marsupialia: Didelphidae) in Brazil. *Journal of Parasitology*, 94(4), pp.847-851.
- FERNANDES, R.M.; FARIAS, E.H.S.; BATISTA, K.M.; FERNANDES, M.Z.L.C.M. e RODRIGUES, M.L.A., 2005. Comparação entre as técnicas McMaster e Centrífugo-flutuação para contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de ovinos. *Ciencia Animal Brasileira* v.6, n.2, p.105-109, Abr./Jun. Brasil.
- FOREYT, W.J., 2002. Veterinary Parasitology Reference Manual. Fifth Edition. Published by Wiley-Blackwell, 248p.
- HUMBERG, R.M.P.; TAVARES, L.E.R.; PAIVA, F.; OSHIRO, E.T.; BONAMIGO, R.A.; JÚNIOR, N.T. and OLIVEIRA, A.G., 2011. *Turgida turgida* (Nematoda: Physalopteridae) parasitic in White-bellied opossum, *Didelphis albiventris* (Marsupialia: Didelphidae), state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 31(1), pp.78-80.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1, Rio de Janeiro, 92p.
- KAWAZOE, U.; DIAS, L.C.S. e PIZA, J.T., 1978. Infecção natural de pequenos mamíferos por *Schistosoma mansoni*, na represa de Americana (São Paulo, Brasil). *Revista Saúde Pública*, 12, pp.200-208.

KOEPPEN, W., 1948. Climatologia. Con un estudio de los climas de la Tierra. Editora Fondo de Cultura Económica, Mexico.

KOMMA, M.D. e ALVES, E.L., 1974. *Rhopalias goyanna* n. sp. (Trematoda, Rhopaliasidae) parasito de marsupial de Nerópolis, Brasil. Revista de Patologia Tropical, (3): 4, pp.341-345.

KOMMA, M.D.; SANTOS, M.A.Q.; SCHMIDT, S. e ALVES, E.L., 1972. Helminthos de roedores (*Rattus rattus alexandrinus* E. Geoffrey, 1803) e marsupiais (*Didelphis azarae azarae* – Tomnik, 1825) procedentes da cidade de Nerópolis, estado de Goiás. Revista de Patologia Tropical, (1): 3, pp.399-403.

LOPES, S.F., 2010. Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG. Dissertação de Mestrado. 192p.

LOPES, S.F.; SCHIAVINI, I.; PRADO JÚNIOR, J.A.; GUSSON, A.E.; SOUZA NETO, A.R.; VALE, V.S. e DIAS NETO, O.C., 2011. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG. Bioscience Journal, v.27, n.2, p.322-335, Mar./Apr.

MACEDO, J.; LORETTO, D.; VIEIRA, M.V. e CERQUEIRA, R., 2006. Classes etárias de desenvolvimento em marsupiais: um método para animais vivos. Mastozoología Neotropical, 13 (1):133-136, Mendoza.

MÜLLER, G.; PESENTI, T.C. e MASCARENHAS, C.S., 2009. Parasitos de animais silvestres com potencial zoonótico no Rio Grande do Sul. Veterinária em foco, v.6., n.2, pp.185-190.

NAVONE, G.T. y SURIANO, D.M., 1992. Species composition and seasonal dynamics of the helminth community parasitizing *Didelphis albiventris* (Marsupialia; didelphidae) in savannas of central Argentina. Ecología Austral, 2, pp.95-100.

NORONHA, D.; VICENTE, J.J. and PINTO, R.M., 2002. A survey of new host records for nematodes from mammals deposited in the Helminthological Collection of the Oswaldo Cruz Institute (CHIOC). Revista Brasileira de Zoologia, 19(3), pp.945-949.

PINTO, R.M.; KNOFF, M.; GOMES, D.C. and NORONHA, D., 2011. Nematodes from Mammals in Brazil: an updating. Neotropical Helminthology, v.5, n.2, pp.139-183.

PRIETO, E.C., 2005. Os desafios institucionais para implantação de uma cidade universitária: o Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado.

QUINTÃO e SILVA, M.G. and COSTA, M.A., 1999. Helminths of White-bellied Opossum from Brazil. Journal of Wildlife Diseases, 35(2), pp.371-374.

RIBEIRO, V.O.; SIQUEIRA, D.B.; ALÉSSIO, F.M.; MARVULO, M.F.V.; MAUFFREY, J.; ALVES, L.C.; GALINDO, M.K.F.; SERCUNDES, M.K.; SOARES, R.M. e SILVA, J.C.R., 2009. Pesquisa de endoparasitas em fezes de gambás do gênero *Didelphis* na Mata Atlântica no estado de Pernambuco. Apresentação de Trabalho em Congresso. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0558-1.pdf>. Acesso realizado em abril de 2013.

SANTA CRUZ, A.M.C.; BORDA, J.T.; MONTENEGRO, M.A.; GÓMEZ, L.G.; PRIETO, O.H. y SCHEIBLER, N., 1999. Estudio de Ecto y Endo Parásitos em *Didelphis albiventris*

(Comadreja Overa), Marsupialia, Didelphidae. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste, Tomo IV.

SANTA CRUZ, A.M.C.; PRIETO, O.H.; BORDA, J.T.; SCHEIBLER, N. y GÓMEZ, L., 2000. Descripción de la morfología externa de *Duboisella proloba* Baer, 1938 (Trematoda: Strigeida) de *Didelphis albiventris* em Argentina, por microscopia electrónica de barrido. Boletín Chileno de Parasitología, v.55, n.3-4, pp.103-105.

TORRES, E.J.L., 2007. Nematóides parasitos de *Gracilinamus agilis* Burmeister, 1854 (Marsupialia: Didelphidae) marsupial do Pantanal Sul-Matogrossense e *Gracilinamus microtarsus* Wagner, 1842 (Marsupialia: Didelphidae) marsupial da Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado. 121p.

TORRES, E.L.; JÚNIOR, A.M. and LANFREDI, R.M., 2007. *Pterygodermatites* (*Paucipectines*) *jägerskiöldi* (Nematoda: Rictulariidae) from *Gracilinamus agilis* and *G. microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in Brazilian Pantanal and Atlantic Forest by light and scanning electron microscopy. Journal of Parasitology, 93(2), pp.274-279.

TORRES, E.J.L.; JÚNIOR, A.M. and LANFREDI, R.M., 2007. Spirurids from *Gracilinamus agilis* (Marsupialia: Didelphidae) in Brazilian Pantanal wetlands with a new species of *Physaloptera* (Nematoda: Spirurida). Veterinary Parasitology, 163 (1-2), pp.87-92.

TRAVASSOS, L. e FREITAS, J.F.T., 1948. Relatório da excursão do Instituto Oswaldo Cruz ao norte do Estado do Espírito Santo, junto ao Parque de Reserva e Refúgio Soóretama, em fevereiro e março de 1948. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 46, pp.605-631.

VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O.; GOMES, D.C. e PINTO, R.M., 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de Mamíferos. Revista Brasileira de Zoologia, 14 (supl. 1), pp. 1-452.

CAPÍTULO I

Título: Relação entre a massa corporal de pequenos mamíferos terrestres e a abundância e riqueza de endoparasitas na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, Minas Gerais.

Autores: Mota, T.D. e Leiner, N.O.

1. Resumo

A massa corporal dos hospedeiros é uma característica fundamental para o estabelecimento do parasitismo nos vertebrados. Espera-se que os indivíduos que possuem maior tamanho e peso do corpo abriguem uma assembleia parasitária mais rica e numerosa, pois apresentam maior área de contato com o meio e fornecem mais nichos e recursos aos parasitas. Além disso, estes animais possuem maior mobilidade e área de vida, atributos que aumentam as chances de encontro com diferentes formas infectantes. O objetivo deste trabalho é analisar a variação da abundância e riqueza de endoparasitas entre as espécies de pequenos mamíferos não voadores capturadas na Fazenda Experimental do Glória, no município de Uberlândia, Minas Gerais. Com 12 campanhas de capturas mensais foi possível obter um esforço amostral de 3840 armadilhas/noite, nas quais foram capturadas três espécies de roedores sigmodontíneos, *Rhipidomys* sp. (54), *Oligoryzomys* sp. (24), *Hylaeamys megacephalus* (16) e duas espécies de marsupiais didelfídeos, *Didelphis albiventris* (10) e *Gracilianus agilis* (27). Análises de variância e um teste t confirmaram a existência de diferenças significativas entre a massa corporal das espécies hospedeiras. Análises de co-variância demonstraram variação significativa na abundância de endoparasitas entre os roedores, independente do peso do corpo, e ausência de diferenças significativas na abundância de endoparasitas entre os marsupiais. Os resultados deste trabalho sugerem que a variação da abundância de endoparasitas deve estar relacionada com outros parâmetros das espécies hospedeiras que não o peso corporal. Alguns estudos propõem que esta variável do parasitismo poderia estar mais relacionada a aspectos ligados a susceptibilidade dos hospedeiros e a atributos populacionais. Novos estudos entre parâmetros dos parasitas e hospedeiros devem ser analisados com a maior abrangência possível, aumentando o número de variáveis avaliadas para ambas as espécies, utilizando diferentes abordagens metodológicas.

Palavras-chave: parâmetros da infestação; massa corporal; riqueza de endoparasitas.

2. Abstract

The body mass of vertebrates hosts it's a key feature for the establishment of parasites. Hosts with greater body size and weight are supposed to harbor a richer and larger parasite assemblage, because their contact area with the environment is larger and they provide more niches and resources to parasites. Besides all that, these animals have a larger mobility and home range, attributes that increase the possibility of encounters with different infecting forms. The main goal of this study is to analyze the variation in the abundance and species richness of endoparasites among non-flying small mammals species captured in Fazenda

Experimental do Glória, in Uberlândia, Minas Gerais. Twelve monthly captures campaigns promoted an effort of 3840 traps/night, in which were captured three species of sigmodontinae rodents, *Rhipidomys* sp. (54), *Oligoryzomys* sp. (24), *Hylaeamys megacephalus* (16) and two species of didelphidae marsupials, *Didelphis albiventris* (10) and *Gracilamus agilis* (27). The significant difference between hosts body mass was confirmed with variance analyzes test and a t test. Co-variance tests demonstrate contradictory results, among rodents there's a significant variation between endoparasite abundance independently of host body weight, and no significant relation among marsupials. The results provided by this research suggest that the variation on endoparasite abundance must be related to others parameters from hosts species than body mass. Some essays propose that this parasite variable should be more related with aspects connected to host susceptibility and populational attributes. New researches that evaluate parasite and host parameters must be analyzed with greatest possible range, increasing the number of variables evaluated from both species, using different methodological approaches.

Keywords: infestation parameters; body mass; endoparasites species richness.

3. Introdução

Uma das áreas centrais da ecologia é o estudo dos fatores que determinam a riqueza de espécies em uma comunidade (Ricklefs & Schluter, 1993). Parasitas são bons modelos ecológicos, devido à ubiquidade dessa interação, a possibilidade de avaliações repetidas da comunidade através de estimativas de riqueza em diferentes indivíduos de uma população de hospedeiros, e principalmente devido à influência dos parasitas sobre a estrutura e estabilidade das comunidades de hospedeiros (Lebarbenchon et al., 2009). Recentemente, muitos trabalhos avaliaram os fatores que governam a riqueza de parasitas em diferentes escalas, mostrando que características ecológicas dos hospedeiros são cruciais para o estabelecimento desta comunidade (Arneberg, 2002; Krasnov et al., 2004; Lindenfors et al., 2007; Poulin, 1995). Estas mesmas características podem também determinar a abundância dos parasitas nos hospedeiros, porém estes fatores foram menos estudados, especialmente a nível interespecífico. Entender quais fatores determinam a abundância de parasitas por hospedeiros pode auxiliar na compreensão da importância do parasitismo como força seletiva e seu papel na regulação de populações naturais (Morand & Deter, 2009).

Para o parasitologista francês Combes (2001), a relação parasito-hospedeiro é determinada primariamente por dois filtros que estabelecem a amplitude de hospedeiros que pode ser utilizada por um parasita. O primeiro, denominado filtro da exposição, está relacionado com atributos dos hospedeiros que tendem a aumentar sua taxa de exposição aos parasitas. Neste sentido, mobilidade, distribuição geográfica, longevidade, densidade,

tamanho do corpo e tipo de dieta podem explicar os parâmetros de infestação encontrados (Poulin & Morand, 2004). O segundo filtro, ou filtro da compatibilidade, delimita quais os hospedeiros que podem ser utilizados pelos parasitas, pois várias espécies possuem barreiras imunológicas, fisiológicas e comportamentais para se defender do parasitismo. Para este filtro, os hospedeiros possuem susceptibilidade diferencial aos parasitas, de maneira que a infestação deve variar de acordo com características genéticas (Meyer-Lucht et al., 2010), imunológicas, fisiológicas e comportamentais que podem alterar a performance dos parasitas nos hospedeiros (Combes, 2001).

A massa corporal dos hospedeiros é um dos atributos fundamentais para o estabelecimento da relação parasito-hospedeiro, dado que o hospedeiro pode ser visto como o habitat e o alimento dos parasitas. Dessa maneira, acredita-se que hospedeiros maiores possam abrigar um maior número de parasitas por apresentarem uma maior área de contato com o meio (Shine, 1989) e maior mobilidade (Harestad & Bunnell, 1979), tornando-os mais expostos. Além disso, indivíduos mais pesados devem abrigar comunidades mais ricas e com um número maior de parasitas, devido a maior variedade de nichos disponibilizados, maior quantidade de recursos para ser explorada (Krasnov et al., 2005) e a ingestão de uma maior quantidade de alimentos, aumentando a possibilidade de ingerir diferentes agentes infectantes (Arneberg, 2002; Arneberg et al., 1998; Morand & Poulin, 1998). Diversos estudos já avaliaram a relação entre peso corporal e riqueza e abundância de parasitas, encontrando resultados muitas vezes contraditórios, especialmente devido a diferenças metodológicas entre os estudos (Arneberg, 2002; Morand & Poulin, 1998; Nunn et al., 2003; Rózsa, 1997a; Rózsa, 1997b). Poulin (1995) e Morand & Poulin (1998) analisaram a relação entre riqueza de parasitas gastrintestinais e a massa corporal de várias espécies de vertebrados, e não encontraram correlações significativas entre as variáveis quando as relações filogenéticas entre os hospedeiros foram incluídas nas análises. Por outro lado, Arneberg (2002) e Guégan & Morand (1996) encontraram relações positivas entre peso corporal e riqueza de parasitas, em mamíferos e peixes respectivamente, mesmo após levar em conta as relações de parentesco entre os hospedeiros. Porém, entre os mamíferos a relação positiva entre as variáveis só aparece quando o efeito da densidade dos hospedeiros é controlado (Arneberg, 2002).

Devido a ocorrência de resultados ambíguos na literatura, e da ausência de estudos avaliando essa relação com roedores e marsupiais neotropicais, o objetivo deste trabalho é o de testar a hipótese de que há uma relação positiva entre o peso corporal e a riqueza e abundância de endoparasitas dentro desse grupo de hospedeiros. Além de contribuir para o

entendimento dos fatores responsáveis pela riqueza da comunidade de parasitas, esse estudo também pode auxiliar na compreensão dos fatores que influenciam a variação interespecífica na abundância do parasitismo; que carece de maior exploração.

4. Material e Métodos

4.1. Descrição da área

A Fazenda Experimental do Glória, localizada no sudeste do município de Uberlândia, MG, possui em sua área de 685 hectares um fragmento de floresta estacional semidecidual de 30 hectares onde foram realizadas as campanhas de captura de pequenos mamíferos. A fazenda, de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, é destinada principalmente a práticas agropastoris e projetos de ensino e pesquisa da instituição (Lopes, 2010; Prieto, 2005).

O fragmento de floresta semidecídua da propriedade encontra-se envolto por áreas destinadas a atividades agropastoris, o que representa um impacto na composição e na regeneração florestal. Entretanto, estudos mostram que este remanescente é caracterizado como uma floresta em estágio intermediário de sucessão florestal (Lopes 2010, Lopes et al. 2011).

O clima da região é caracterizado por duas estações bem definidas, um verão chuvoso de novembro a maio e um inverno seco de junho a outubro. A denominação climática para a área de estudo de acordo com Koeppen (1948) é a Tropical Savana (Aw Megatérmico).

4.2. Captura dos roedores e marsupiais

No fragmento florestal foi estabelecida uma grade de captura para pequenos mamíferos não voadores com área de 1,12 hectares. Foram alocadas 80 armadilhas em 40 estações de captura, distantes 20 metros umas das outras. Dois modelos de duas dimensões (42x11,5x14cm e 25x7,5x9,5cm) de armadilhas do tipo Sherman foram utilizados nas campanhas de capturas. Cada estação de captura tinha uma armadilha disposta no solo entre o folhicho, próxima de tocas ou vestígios, e outra entre a vegetação até 1,80 metros de altura. As armadilhas ficaram ativas por um período de quatro noites por campanha, sendo verificadas diariamente e re-iscadas caso necessário. A isca utilizada neste trabalho foi uma combinação de banana, paçoca, aveia e bacon.

As campanhas para a captura dos roedores e marsupiais silvestres foram realizadas mensalmente entre o período de junho de 2011 a maio de 2012, sendo que cada uma delas apresentou duração de quatro noites consecutivas.

4.3. Captura-Marcação-Recaptura

Todos os pequenos mamíferos não voadores capturados foram pesados com balança de precisão e identificados com o auxílio de guias de identificação de mamíferos (Bonvicino et al., 2008; Emmons & Feer, 1999). Após este procedimento, os indivíduos receberam brincos de latão numerados e suas medidas morfométricas padrão, como cabeça, corpo (da nuca até a inserção da cauda), cauda, pata e tibia esquerda posterior, e largura e comprimento da orelha esquerda, foram tomadas com um paquímetro. Os valores de comprimento da cabeça e corpo foram somados para todos os indivíduos capturados, a fim de se obter um valor bruto de tamanho do corpo do hospedeiro. Os machos foram considerados reprodutivos quando apresentavam os testículos fora da cavidade abdominal e as fêmeas quando havia sinais de lactação, gravidez, inchaço abdominal ou filhotes no marsúpio nas espécies de marsupiais. Antes de liberar os indivíduos capturados, sempre no mesmo ponto em que foram coletados, foram colhidas amostras de fezes presentes na armadilha e no saco de contenção. Estas amostras foram armazenadas individualmente em tubos Eppendorf e devidamente identificadas com a espécie, data, sexo, número do brinco de marcação e estação de captura. Os brincos foram usados como marcações para posteriores identificações em recapturas e as medidas corporais tomadas foram utilizadas para auxiliar a identificação das espécies.

4.4. Análise coproparasitológica

A abundância de endoparasitas neste estudo foi estimada através da contagem de ovos e cistos por flotação, utilizando a técnica de McMaster (Gordon & Whitlock, 1939), modificada para se adaptar aos pequenos mamíferos silvestres (Fernandes et al., 2005). As fezes coletadas no interior das armadilhas foram diluídas em solução de NaCl, filtradas, e o produto foi inserido em câmaras de McMaster para observação em microscopia ótica (aumento de 10x). Dessa maneira, foi possível quantificar a abundância do endoparasitismo, calculando o número de ovos e/ou cistos de parasitas por grama de fezes do hospedeiro (OPG e CPG, respectivamente). A escolha deste método se fez por ser uma técnica não invasiva, de baixo custo operacional e de rápida avaliação, sendo amplamente utilizada em trabalhos de

campo, em pesquisas com populações de animais domésticos e silvestres e em avaliações epidemiológicas (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Ahid et al., 2008; Aro et al., 2007; Brito et al., 2009; Coltherd et al., 2010; Fernandes et al., 2005; Hakkarainen et al., 2007; Kochanowski et al., 2013; Kristan, 2004; Kristan and Hammond, 2000; Meyer-Lucht et al., 2010; Püttker et al., 2008; Rossanigo and Gruner, 1991).

A avaliação qualitativa do endoparasitismo foi realizada através da utilização de lâminas de microscopia contendo uma gota da solução obtida através da diluição das amostras de fezes em NaCl, corada com uma gota de lugol. Tais lâminas foram observadas em microscópio ótico (aumento de 40x). A identificação dos ovos e cistos foi realizada analisando os diferentes morfotipos, as estruturas e os hospedeiros nos quais foram resgistrados, contando com o auxílio do professor Doutor Arnaldo Maldonado Júnior do Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios do Instituto Oswaldo Cruz da FIOCRUZ no Rio de Janeiro e do técnico Marcelo A. Levenhagen do Laboratório de Parasitologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia. Em alguns casos foi necessária a utilização de bibliografia específica para confirmar a identificação dos parasitas (Foreyt, 2002; Pinto et al., 2011; Vicente et al., 1997).

A contagem dos diferentes morfotipos de endoparasitas nas amostras fecais de cada hospedeiro foi utilizada como um indicador da riqueza de endoparasitas. Os valores de riqueza foram obtidos pela soma dos morfotipos de parasitas encontrados para cada hospedeiro, dividido pelo número de animais capturados por espécie.

4.5. Análise dos dados

Primeiro, para avaliar o papel do peso corporal dos pequenos mamíferos sobre a riqueza e abundância de endoparasitas, foi necessário testar a presença de variação significativa no peso do corpo em gramas entre as espécies de marsupiais e entre os roedores. Para isso, foi utilizado um teste t para avaliar as diferenças na massa corpórea entre os marsupiais e uma ANOVA, com teste Tukey a posteriori, para testar essas diferenças entre os roedores. A partir de diferenças significativas no peso do corpo entre as espécies, foi testada a hipótese de que a abundância e a riqueza de endoparasitas são maiores em hospedeiros com maior massa corporal, separadamente para roedores e marsupiais e para cada variável do parasitismo.

A abundância do parasitismo foi estabelecida como o somatório do OPG e CPG de cada hospedeiro. Análises de covariância (ANCOVA) foram usadas para testar essa hipótese,

considerando a abundância de endoparasitas como variável dependente, as espécies como variáveis preditoras e o peso corporal como co-variável. Para a ANCOVA, dados de abundância foram transformados em $\log 10 + 1$, para garantir a distribuição normal dos mesmos. Como os dados de riqueza não apresentaram distribuição normal mesmo após transformações, não foi possível realizar análises de co-variância. Sendo assim, o teste da variação de riqueza entre espécies foi realizado através de Mann-Whitney para os marsupiais e Kruskal-Wallis para os roedores, com um teste de Tukey a posteriori para apontar as diferenças entre as espécies. O programa de análises estatísticas SYSTAT Software foi utilizado para a realização de todos os testes supracitados.

Cabe mencionar que em todas as análises estatísticas realizadas neste estudo foram utilizadas apenas os dados da primeira captura de cada indivíduo, o que inclui os registros biométricos e as amostras de fezes relativas a esta data.

5. Resultados

As campanhas de captura possibilitaram um esforço amostral de 3840 armadilhas/noite, nas quais foram capturados 709 pequenos mamíferos terrestres, considerando as capturas e recapturas. Dentre estes animais encontravam-se três espécies de roedores sigmodontíneos, *Rhipidomys* sp., *Oligoryzomys* sp. e *Hylaeamys megacephalus*; e duas espécies de marsupiais didelfídeos, *Didelphis albiventris* e *Gracilinanus agilis*. Estes hospedeiros possibilitaram o registro de diferentes morfotipos de endoparasitas ocorrendo nos pequenos mamíferos da Fazenda Experimental do Glória. De acordo com os valores de riqueza média de endoparasitas, os hospedeiros que apresentaram maior riqueza média de endoparasitas foram *D. albiventris*, seguidos de *Oligoryzomys* sp., *G. agilis*, *H. megacephalus* e *Rhipidomys* sp.. Os morfotipos, os dados de prevalência, e a riqueza média de endoparasitas por espécie hospedeira podem ser observados na TABELA 1.

TABELA 1. Prevalência (%) e riqueza média de endoparasitas nos pequenos mamíferos da Fazenda Experimental do Glória.

Classe	Subclasse	Superfamília	Família	Parasitas	Hospedeiros				
					<i>Didelphis albiventris</i>	<i>Gracilinanus agilis</i>	<i>Rhipidomys sp.</i>	<i>Olygoryzomys sp.</i>	<i>Hylaeamys megacephalus</i>
					(n = 10)	(n = 27)	(n = 54)	(n = 24)	(n = 16)
Cestoda	-	-	Hymenolepididae	<i>Rodentolepis</i>	-	-	1,9	8,3	-
Nematoda	-	Ancylostomatoidea	Ancylostomatidae	Ancylostomineo	-	-	1,9	-	-
Nematoda	-	Cosmocercoidea	Kathlaniidae	<i>Cruzia</i>	10	-	-	-	-
Nematoda	-	Gnathostomatoidea	Gnathostomatidae	<i>Gnathostoma</i>	40	-	-	-	-
Nematoda	-	Heterakoidea	Aspidoderidae	<i>Aspidodera</i>	50	-	-	-	-
Nematoda	-	Heterakoidea	Lauroiidae	<i>Paraspidodera</i>	-	-	1,9	-	-
Nematoda	-	Metastrongyloidea	Metastrongylidae	Metastrongilideo	20	-	-	-	-
Nematoda	-	Oxyurioidea	Oxyuridae	<i>Syphacia</i>	20	7,4	5,6	-	-
Nematoda	-	Spiruroidea	Gongylonematidae	<i>Gongylonema</i> ou <i>Gongylonemoides</i>	10	-	-	-	-
Nematoda	-	Spiruroidea	Spiruridae	<i>Spirura</i>	20	-	-	-	-
Nematoda	-	Spiruroidea	-	Spiruroidea	-	-	1,9	-	-
Nematoda	-	Trichinelloidea	Trichuridae	<i>Capillaria</i>	10	-	-	-	-
Nematoda	-	Trichinelloidea	Trichuridae	<i>Trichuris</i>	-	11,1	-	4,2	-
Nematoda	-	Trichinelloidea	Trichuridae	<i>Trichuris</i> <i>didelphis</i>	30	-	-	-	-
...continua...									
Nematoda	-	Trichostrongyloidea	Trichostrongylidae	Trichostrongilideo	40	-	1,9	20,8	12,5

Classe	Subclasse	Superfamília	Família	Parasitas	Hospedeiros				
					<i>Didelphis albiventris</i>	<i>Gracilinanus agilis</i>	<i>Rhipidomys</i> sp.	<i>Olygoryzomys</i> sp.	<i>Hylaeamys megacephalus</i>
					(n = 10)	(n = 27)	(n = 54)	(n = 24)	(n = 16)
Nematoda	-	Strongyloidea	Strongylidae	<i>Strongylus</i>	-	-	-	4,2	-
Trematoda	Digenea	-	Fasciolidae	<i>Fasciola</i>	-	3,7	-	-	-
Sporozoa	Coccidia	-	Eimeriidae	Coccidio	40	59,3	7,4	12,5	6,3
Sporozoa	Coccidia	-	Eimeriidae	<i>Isospora</i>	-	-	64,8	20,8	6,3
Lobosea	-	-	Endamoebidae	Cistos de ameba	-	-	1,9	-	-
Cestódeos não identificados					10	26	-	8,3	-
Nematódeos não identificados					40	7,4	3,7	12,5	6,3
Não identificados					30	3,7	1,9	8,3	-
Riqueza Média					1,4	0,26	0,2	0,38	0,25

Entre os roedores, houve uma diferença significativa no peso corporal das espécies avaliadas (ANOVA $F_{2,91} = 60,659$; $p = 0,00$), sendo que os indivíduos de *Rhipidomys* sp. apresentaram as maiores médias, seguidos de *H. megacephalus* e *Oligoryzomys* sp. (FIGURA 1). Também houve diferença significativa no peso corporal entre *D. albiventris* e *G. agilis* ($t = 19,016$; g.l. = 35; $p = 0,00$), sendo que a primeira espécie apresenta valores mais altos de peso que a segunda (FIGURA 2).

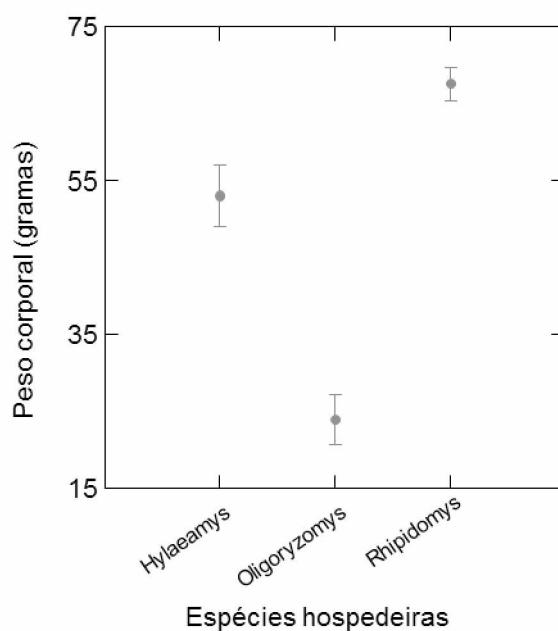


FIGURA 1. Diferenças nas médias do peso corporal entre as três espécies de roedores.

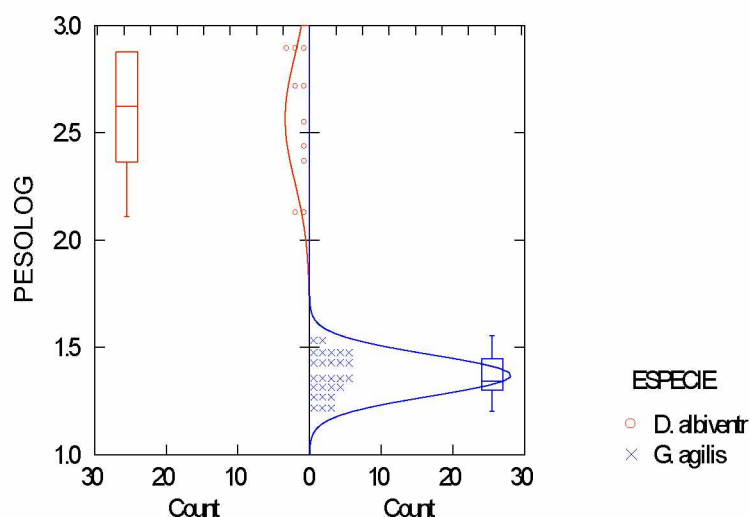


FIGURA 2. Diferenças nas médias do peso do corpo para as duas espécies de marsupiais.

Com a confirmação da existência de diferenças significativas na massa corporal dos pequenos mamíferos foi possível desenvolver uma ANCOVA para os roedores e outra para os marsupiais. Este teste possibilitou analisar a ocorrência de variação significativa na abundância parasitária entre as espécies hospedeiras, retirando o efeito do peso corporal desses animais. Nos roedores foram observadas diferenças significativas na abundância de parasitas entre estas espécies ($F_{2,90} = 8,765$; $p = 0,00$), independente da massa corpórea destes hospedeiros ($F_{1,90} = 0,013$; $p = 0,911$) (FIGURA 3a). Por outro lado, não houve diferenças significativas na abundância de endoparasitas entre os marsupiais ($F_{1,34} = 2,030$; $p = 0,16$), independente do peso do corpo destes animais ($F_{1,34} = 3,248$; $p = 0,08$) (FIGURA 3b).

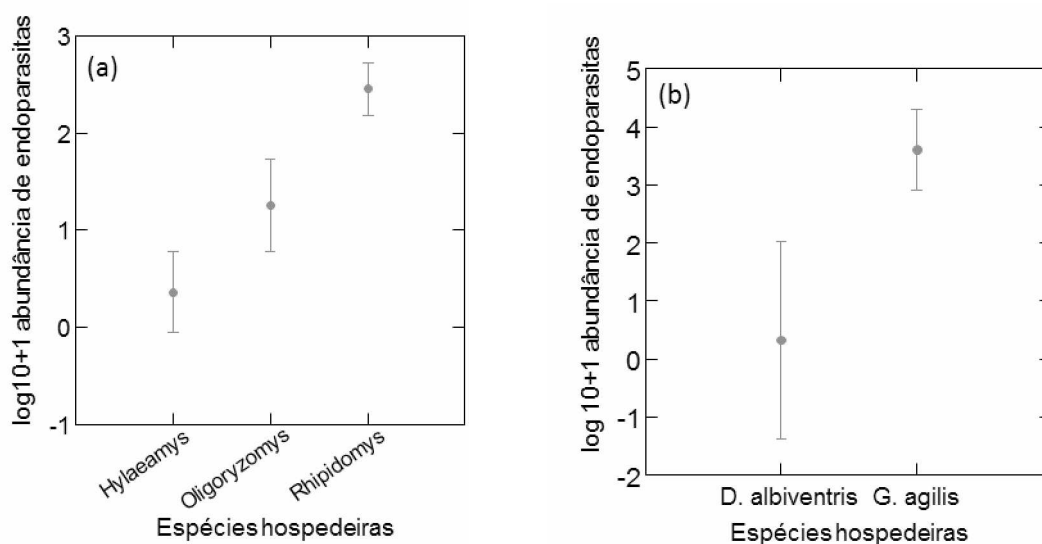


FIGURA 3. Diferenças nas médias da abundância de endoparasitas nas espécies de roedores (a) e marsupiais (b), independente do peso corporal dos hospedeiros.

Os testes relativos a existência de diferenças na riqueza de parasitas entre as espécies de roedores e marsupiais apresentaram resultados discrepantes. Enquanto os roedores não possuem variação significativa na riqueza de endoparasitas ($K = 4,686$; $p = 0,10$) (FIGURA 4a), o teste de Mann-Whitney demonstrou que as médias desta variável apresentam diferenças significativas entre os indivíduos das espécies de marsupiais capturadas ($U = 242,500$; $n_1 = 10$; $n_2 = 27$; $p = 0,00$) (FIGURA 4b).

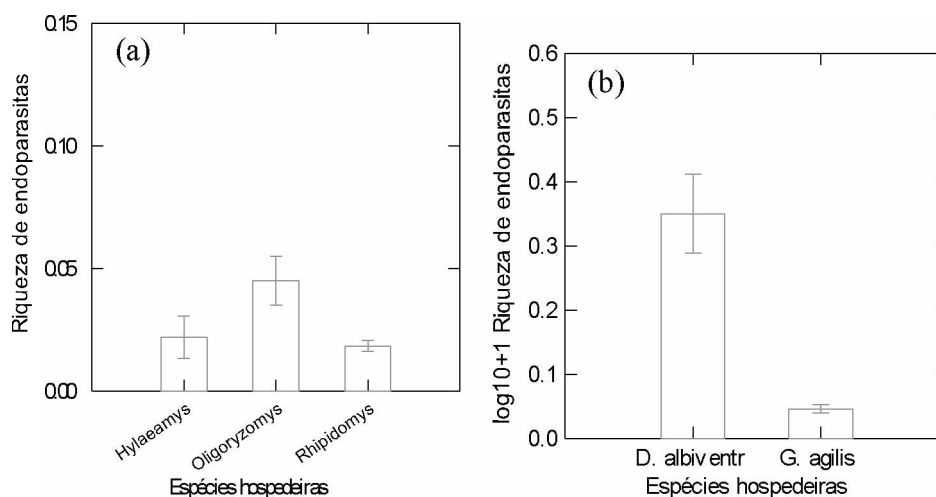


FIGURA 4. Diferenças nas médias da riqueza de endoparasitas nas espécies de roedores (a) e de marsupiais (b) com erro padrão.

6. Discussão

Hospedeiros com maior massa corporal têm o potencial para abrigar um maior número de parasitas, pois possuem uma maior área de contato com o meio e proporcionam uma grande diversidade de nichos e recursos as espécies parasitas. Esta ideia é corroborada por diversos estudos (Gregory et al., 1996; Poulin & George-Nascimento, 2007; Rózsa, 1997a; Rózsa, 1997b), nos quais estes autores observaram uma relação positiva entre a massa corporal de alguns grupos de hospedeiros vertebrados e as variáveis analisadas do parasitismo, como abundância e riqueza de parasitas.

Ao contrário, os resultados obtidos com o presente trabalho apontam uma ausência de efeito do peso corporal dos hospedeiros sobre a abundância de parasitas, seja entre roedores ou entre marsupiais. Entre os roedores, a variação na abundância de endoparasitas entre as espécies foi independente da massa corporal, sendo que entre os marsupiais não houveram diferenças significativas na abundância de parasitas entre as espécies. No caso dos roedores, é possível que outro atributo seja responsável pela variação encontrada, como por exemplo a densidade populacional dos hospedeiros estudados. Diversos estudos já demonstraram a importância da densidade dos hospedeiros sobre as variáveis do parasitismo (Arneberg, 2002; Arneberg et al., 1998; Hakkarainen et al., 2007; Morand & Poulin, 1998; Stanko et al., 2002), especialmente no caso de parasitas com transmissão através de contato direto entre indivíduos (Arneberg, 2002). De fato, há uma forte interação entre densidade e peso corporal dos hospedeiros como determinantes da abundância de parasitas (Arneberg et al., 1998), e os

resultados obtidos neste estudo corroboram o padrão observado de abundância de endoparasitas por espécie. Porém, outros atributos dos hospedeiros e dos parasitas avaliados podem influenciar a variação observada na abundância (Rózsa, 1997a; Stanko et al., 2002).

Por outro lado, inúmeros estudos anteriores não encontraram relação entre massa corporal dos hospedeiros e abundância de parasitas em diferentes escalas (Patterson et al., 2008; Viljoen et al., 2011). Poulin & George-Nascimento (2007) discutem que o número de parasitas não é a medida mais adequada de abundância, e sim a biomassa, uma vez que o tamanho dos parasitas varia em ordens de magnitude e isso influencia sua abundância (Arneberg et al., 1998). Dessa maneira, a reserva de energia em um hospedeiro deve determinar a biomassa de parasitas que ele é capaz de sustentar, o que é de fato corroborado pelo estudo com parasitas de vertebrados (Poulin & George-Nascimento, 2007). Além disso, a abundância de cada parasita deve ser influenciada pela fecundidade, sobrevivência e regulação da população de cada espécie de parasita, de maneira que características ligadas a susceptibilidade dos hospedeiros e os próprios atributos populacionais dos parasitas podem ser mais importantes para determinar abundância de parasitas do que o tamanho do corpo dos hospedeiros.

Entretanto, muitos estudos já demonstraram o papel do tamanho/peso do corpo sobre a comunidade de parasitas, especialmente sobre a riqueza (Morand & Harvey, 2000; Poulin, 1995). De fato, a riqueza parece ser uma medida mais adequada da pressão de parasitismo do que a abundância, devido aos altos custos relacionados a defesa contra diferentes tipos de parasitas (Bordes & Morand, 2009). Arneberg (2002) demonstra a forte relação existente entre a riqueza de parasitas e atributos do hospedeiro, sugerindo a importância dessa variável sobre a biologia e ecologia das espécies parasitadas, enquanto Poulin (1995) e Bordes & Morand (2008) reiteram essa relação.

Os resultados deste trabalho mostram uma maior riqueza de endoparasitas nos indivíduos de *D. albiventris* comparadas a *G. agilis*, que poderia ser explicada pelo fato de que a variação no peso do corpo entre estas espécies é muito grande, acarretando em uma diferença significativa na riqueza de parasitas. Além disso, espécies do gênero *Didelphis* apresentam indivíduos que podem explorar diferentes ambientes, como o estrato arbustivo e o terrestre (Emmons & Feer, 1999), aumentando a possibilidade de encontro com muitas espécies de parasitas. Por último, *D. albiventris* possui um ciclo de vida maior do que indivíduos de *G. agilis*, que apresenta indícios de semelparidade parcial (Andreazzi et al., 2011; Lopes & Leiner, 2015). Desta maneira, espera-se que os *D. albiventris* sejam um recurso mais confiável para os parasitas, sendo que devem ser mais estáveis para manter

comunidades mais ricas de helmintos, ao passo que apenas algumas espécies devem conseguir explorar um recurso menos estável como *G. agilis* neste caso. Bell & Burt (1991) observaram uma correlação positiva entre a longevidade dos hospedeiros e a diversidade parasitária, e sugerem que hospedeiros que vivem por maiores períodos de tempo apresentam uma maior chance de acumularem uma comunidade mais rica de parasitas.

Pode-se ainda relacionar a teoria da realocação de energia com os resultados obtidos para as duas espécies de marsupiais. Animais que investem grande parte de sua energia em crescimento corpóreo e armazenamento de reservas energéticas, comprometem a energia que deveria ser investida na manutenção e ativação do sistema imune (Degen, 2006; Sheldon & Verlhust, 1996), tornando os indivíduos de *D. albiventris* mais susceptíveis a diferentes espécies de endoparasitas.

Entre os roedores, não houve diferença significativa na riqueza de endoparasitas presentes em cada espécie. É possível que a ausência de relação esteja ligada a pequena variação obtida entre as espécies analisadas, seja em termos de peso corporal, hábitos de vida e até mesmo devido a proximidade filogenética. Hospedeiros que possuem uma pequena distância filogenética podem apresentar espécies e comunidade de parasitas semelhantes (Gregory et al., 1996; Morand & Poulin, 1998), devido a especificidade da relação parasito-hospedeiro. De fato, relações de parentesco entre hospedeiros podem alterar as relações entre a riqueza de parasitas e atributos ecológicos dos hospedeiros (Gregory et al., 1996; Morand & Poulin, 1998; Poulin, 1995).

É importante mencionar que o método de McMaster, utilizado neste trabalho para detectar o parasitismo por helmintos gastrintestinais e avaliar a intensidade do mesmo sobre os hospedeiros, apresenta um conjunto de características que conferem vantagens inquestionáveis nas análises coproparasitológicas, como coleta das amostras de maneira não invasiva, praticidade na elaboração e desenvolvimento, rapidez de avaliação e baixo custo operacional (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Aguirre et al., 1998; Fernandes et al., 2005; Rossanigo and Gruner, 1991). Entretanto, limitações são inerentes a qualquer técnica e a metodologia de Gordon e Whitlock, elaborada originalmente em 1939 e modificada várias vezes, não é diferente das outras.

Independentemente de qualquer limitação, a técnica de McMaster continua sendo apropriada e aplicada em larga escala em estudos que analisam a intensidade do endoparasitismo, principalmente quando se faz necessária rápidas avaliações epidemiológicas. Embora possa não detectar a infecção em indivíduos com baixo número de ovos por grama de

fezes, nas amostras positivas pode revelar maiores números de ovos do que outros métodos, independente da solução utilizada (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Fernandes et al., 2005).

Desta forma, é recomendada a utilização de métodos que controlam o efeito da filogenia sobre as relações entre peso corporal e abundância/riqueza de parasitas, como os contrastes filogenéticos (Arneberg, 2002; Gregory et al., 1996; Morand & Poulin, 1998; Poulin, 1995). É fundamental aumentar o número de espécies de hospedeiros avaliadas, na tentativa de aumentar a variação nos atributos que podem influenciar a pressão de parasitismo. Por fim, é sugerida a utilização da biomassa, como medida mais adequada de abundância de parasitas, e a avaliação separada da abundância de cada espécie de parasita, uma vez que as mesmas possuem tamanho, histórias de vida e formas de transmissão distintas.

7. Referências Bibliográficas

ABIDU-FIGUEIREDO, M.; BARWINSKI, A.; CARVALHO, B. & REINECKE, R.K., 2001. Comparação entre técnicas coproparasitológicas para a contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de caprinos. *Ciência Animal*, 11(2), pp.137-139.

AGUIRRE, D.H.; VIÑABAL, A.E. Y GAIDO, A.B., 1998. Comparacion de tres técnicas coprológicas para el diagnostico de *Fasciola hepatica* em rumiantes. *Veterinaria Argentina*, v.15, n.146, pp.421-427.

AHID, S.M.M.; SUASSUNA, A.C.D.; MAIA, M.B.; COSTA, V.M.M. e SOARES, H.S., 2008. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da região oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, v.9, n.1, pp.212-218.

ANDREAZZI, C.S.; RADEMAKER, V.; GENTILE, R.; HERRERA, H.M.; JANSEN, A.M. and D'ANDREA, P.S., 2011. Population ecology of small rodents and marsupials in a semi-deciduous tropical forest of the Southeast Pantanal, Brazil. *Zoologia*, v.28, pp.762-770.

ARNEBERG, P., 2002. Host population density and body mass as determinants of species richness in parasite communities: comparative analyses of directly transmitted nematodes of mammals. *Ecography*, vol.25, n.1, pp.88-94.

ARNEBERG, P., SKORPING, A., GRENFELL, B. and READ, A.F, 1998. Host densities as determinants of abundance in parasite communities. *Proceedings of The Royal Society B*, vol.265, pp.1283-1289.

ARO, D.T.; POLIZER, K.A.; BELUT, D.S.; DE ALMEIDA, C.R.; DO AMARAL, L.C.; NEVES, M.F. e RODRIGUES, R., 2007. Verminose Ovina. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, ano V, n.9.

BELL, G. and BURT, A., 1991. The comparative biology of parasite species diversity: internal helminths of freshwater fish. *Journal of Animal Ecology*, v.60, n.3, pp.1047-1064.

- BONVICINO, C.R.; OLIVEIRA, J.A. E D'ANDREA, P.S., 2008. Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS, 120p.
- BORDES, F. & MORAND, S., 2008. Helminth species diversity of mammals: parasite species richness is a host species attribute. *Parasitology*, v.135, pp.1701-1705.
- BORDES, F. & MORAND, S., 2009. Coevolution between multiple helminth infestations and basal immune investment in mammals: cumulative effects of polyparasitism? *Parasitology Research*, v.106, pp.33-37.
- BRITO, D.R.B.; SANTOS, A.C.G.; TEIXEIRA, W.C. e GUERRA, R.M.S.N.C., 2009. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da microrregião do Alto Mearim e Grajaú, no estado do Maranhão, Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, n.3, pp.967-974.
- COLTHERD, J.C.; MORGAN, C.; JUDGE, J.; SMITH, L.A. and HUTCHINGS, M.R., 2010. The effects of parasitism on recapture rates of wood mice (*Apodemus sylvaticus*). *Wildlife Research*, 37, pp.413-417.
- COMBES, C., 2001. Parasitism – The ecology and evolution of intimate interactions. University of Chicago Press, Chicago, 742p.
- DEGEN, A.A., 2006. Effects of macroparasites on the energy budget of small mammals. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.371-399.
- EMMONS, L.H. & FEER, F., 1999. Neotropical Rainforest Mammals: a field guide. The University of Chicago Press, Chicago, 307p.
- FERNANDES, R.M.; FARIAS, E.H.S.; BATISTA, K.M.; FERNANDES, M.Z.L.C.M. e RODRIGUES, M.L.A., 2005. Comparação entre as técnicas McMaster e Centrifugo-flutuação para contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de ovinos. *Ciencia Animal Brasileira* v.6, n.2, p.105-109, Abr./Jun. Brasil.
- FOREYT, W.J., 2002. *Veterinary Parasitology Reference Manual*. Fifth Edition. Published by Wiley-Blackwell, 248p.
- GORDON, H. & WHITLOCK, H.V.A., 1939. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, v.12, n.1, pp.50-52.
- GREGORY, R.D.; KEYMER, A.E. and HARVEY, P.H., 1996. Helminth parasite richness among vertebrates. *Biodiversity and Conservation*, v.5, pp.985-997.
- GUÉGAN, J.F. & MORAND, S., 1996. Polyploids hosts: strange attractors for parasites? *Oikos*, v.77, n.2, pp.366-370.
- HAKKARAINEN, H.; HUHTA, E.; KOSKELA, E.; MAPPES, T.; SOVERI, T. and SUORSA, P., 2007. *Eimeria*-parasites are associated with a lowered mother's and offspring's body condition in island and mainland populations of the bank vole. *Parasitology*, v.134, pp.23-31.

HARESTAD, A.S. & BUNNEL, F.L., 1979. Home range and body weight – A Reevaluation. *Ecology*, v.60, n.2, pp.389-402.

KOCHANOWSKI, M.; DABROWSKA, J.; KARAMON, J.; CENCEK, T. and OSINSKI, Z., 2013. Analysis of the accuracy and precision of the McMaster method in detection of the eggs of *Toxocara* and *Trichuris* species (Nematoda) in dog faeces. *Folia Parasitologica*, 60(3), pp.264-272.

KOEPPEN, W., 1948. *Climatologia*. Con un estudio de los climas de la Tierra. Editora Fondo de Cultura Económica, Mexico.

KRASNOV, B.R.; SHENBROT, G.I.; KHOKHLOVA, I.S. and DEGEN, A.A., 2004. Flea species richness and parameters of host body, host geography and host 'milieu'. *Journal of Animal Ecology*, 78, pp.1121-1128.

KRASNOV, B.R.; MORAND, S.; HAWLENA, H.; KHOKHLOVA, I.S. and SHENBROT, G.I., 2005. Sex-biased parasitism, seasonality and sexual size dimorphism in desert rodents. *Oecologia*, v.146, pp.209-217.

KRISTAN, D.M., 2004. Intestinal nematode infection affects host life history and offspring susceptibility to parasitism. *Journal of Animal Ecology*, v.73, n.2, pp.227-238.

KRISTAN, D.M. and HAMMOND, K.A., 2000. Combined effects of cold exposure and sub-lethal intestinal parasites on host morphology and physiology. *The Journal of Experimental Biology*, 203, pp.3495-3504.

LEBARBENCHON, C.; POULIN, R. and THOMAS, F., 2009. Parasitism, biodiversity and conservation biology. In: THOMAS, F.; GUÉGAN, J. and RENAUD, F. (eds.). *Ecology and Evolution of Parasitism*. Oxford University press, 224p.

LINDENFORS, P.; NUNN, C.L.; CUNNINGHAM, A.A.; SECHREST, W. and GITTLEMAN, J.L., 2007. Parasite species richness in carnivores: effects of host body mass, latitude, geographical range and population density. *Global Ecology and Biogeography*, v.16, pp.496-509.

LOPES, G.P. and LEINER, N.O., 2015. Semelparity in a population of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) inhabiting the Brazilian Cerrado. *Mammalian Biology*, v.80(1), pp.1-6.

LOPES, S.F., 2010. Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia.

LOPES, S.F.; SCHIAVINI, I.; PRADO JÚNIOR, J.A.; GUSSEON, A.E.; SOUZA NETO, A.R.; VALE, V.S. e DIAS NETO, O.C., 2011. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de floresta estacional semidecidual, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG. *Bioscience Journal*, v.27, n.2, pp.322-335.

MEYER-LUCHT, Y.; OTTEN, C.; PÜTTKER, T.; PARDINI, R.; METZGER, J.P. and SOMMER, S., 2010. Variety matters: adaptive genetic diversity and parasite load in two mouse opossums from the Brazilian Atlantic forest. *Conservation Genetics*, v.11, pp.2001-2013.

- MORAND, S. & DETER, J., 2009. Parasitism and regulation of the host population. In: THOMAS, F.; GUÉGAN, J. and RENAUD, F. (eds.). *Ecology and Evolution of Parasitism*. Oxford University press, 224p.
- MORAND, S. & HARVEY, P.H., 2000. Mammalian metabolism, longevity and parasite species richness. *Proceedings of the Royal Society B*, v.267, pp.1999-2003.
- MORAND, S. & POULIN, R., 1998. Density, body mass and parasite species richness of terrestrial mammals. *Evolutionary Ecology*, 12, pp.717-727.
- NUNN, C.L.; ALTIZER, S.; JONES, K.E. and SECHREST, W., 2003. Comparative tests of parasites species richness in primates. *The American Naturalist*, v.162, pp.597-614.
- PATTERSON, B.D.; DICK, C.W. and DITTMAR, K., 2008. Parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae) on neotropical bats: effects of host body size, distribution, and abundance. *Parasitology Research*, v.103, pp.1091-1100.
- PINTO, R.M.; KNOFF, M.; GOMES, D.C. and NORONHA, D., 2011. Nematodes from Mammals in Brazil: an updating. *Neotropical Helminthology*, v.5, n.2, pp.139-183.
- POULIN, R., 1995. Phylogeny, ecology and the richness of parasite communities in vertebrates. *Ecological Monographs*, vol.65, n.3, pp.283-302.
- POULIN, R. & GEORGE-NASCIMENTO, M., 2007. The scaling of total parasite biomass with body mass. *International Journal for Parasitology*, v.37, pp.359-364.
- POULIN, R. & MORAND, S., 2004. *Parasite biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, 216p.
- PRIETO, E.C., 2005. Os desafios institucionais para implantação de uma cidade universitária: o Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, MG. *Dissertação de Mestrado*.
- PÜTTKER, T.; MEYER-LUCHT, Y. and SOMMER, S., 2008. Effects of fragmentation on parasite burden (nematodes) of generalist and specialist small mammals species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Research*, v.23, pp.207-215.
- RICKLEFS, R.E. & SCHLUTER, D., 1993. *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press, Chicago, 414p.
- ROSSANIGO, C.E. and GRUNER, L., 1991. Accuracy of two methods for counting eggs of sheep nematode parasites. *Veterinary Parasitology*, 39, pp.115-121.
- RÓZSA, L., 1997a. Patterns in the abundance of avian lice (Phthiraptera: Amblycera, Ischnocera). *Journal of Avian Biology*, v.28, pp.249-254.
- RÓZSA, L., 1997b. Wing-feather mite (Acari: Proctophyllodidae) abundance correlates with body mass of passerine hosts: a comparative study. *Canadian Journal of Zoology*, v.75, pp.1535-1539.
- SHELDON, B.C. & VERHULST, S., 1996. Ecological immunology: costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. *Tree*, v.11, n.8, pp.317-321.
- SHINE, R., 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, v.64, n.4, pp.419-461.

STANKO, M.; MIKLISOVÁ, D.; GOÜY DE BELLOQ, J. and MORAND, S., 2002. Mammal density and patterns of ectoparasite species richness and abundance. *Oecologia*, v.131, pp.289-295.

VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O.; GOMES, D.C. e PINTO, R.M., 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de Mamíferos. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14 (supl. 1), pp. 1-452.

VILJOEN, H.; BENNET, N.C.; UECKERMAN, E.A. and LUTERMANN, H., 2011. The role of host traits, season and group size on parasite burdens in a cooperative mammal. *PLOS One*, v.6, pp.1-9.

CAPÍTULO II

Título: Impactos do endoparasitismo sobre a condição corporal e o investimento reprodutivo de pequenos mamíferos não voadores da Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, Minas Gerais.

Autores: Mota, T.D. e Leiner, N.O.

1. Resumo

O parasitismo pode apresentar efeitos, negativos ou positivos, sobre os hospedeiros envolvidos nesta interação. Avaliar os impactos que os parasitas exercem sobre atributos dos hospedeiros se tornou alvo de inúmeros estudos ecológicos. Este trabalho analisou a influência da intensidade e riqueza de endoparasitas sobre a condição corporal e o investimento reprodutivo de pequenos mamíferos terrestres, capturados em um fragmento florestal no município de Uberlândia, MG. Com um esforço de 3840 armadilhas/noite, foram capturadas quatro espécies de roedores e marsupiais, *Rhipidomys* sp. (n=54), *Oligoryzomys* sp. (n=24), *Gracilinamus agilis* (n=27) e *Didelphis albiventris* (n=10). Neste trabalho, não houve correlações significativas entre as variáveis analisadas entre as espécies de roedores, sugerindo uma compensação dos impactos sofridos por estes hospedeiros através da ingestão de alimentos ou ausência de efeitos deste parasitismo nestas espécies ou nos parâmetros testados. Entre os marsupiais, os indivíduos de *G. agilis* apresentaram correlação positiva entre a abundância de ovos de endoparasitas e a condição corporal, o que pode ser explicado por seleção de hospedeiros com maior reserva energética por parte dos parasitas ou pela compensação dos impactos do parasitismo. Com relação à reprodução, houve uma correlação negativa entre investimento e abundância de cistos de Apicomplexa em *G. agilis* e uma correlação positiva entre investimento reprodutivo e abundância de helmintos em *D. albiventris*. Diferenças na resposta dos hospedeiros a diferentes parasitas, ligadas a patogenicidade e ciclo de vida dos últimos, podem ser responsáveis pelos padrões de investimento reprodutivo observados. Em *G. agilis*, há um efeito negativo imediato do parasitismo na reprodução, enquanto em *D. albiventris*, parece que há uma maior susceptibilidade e exposição dos indivíduos que investem mais em reprodução, devido a efeitos imunossupressores de hormônios andrógenos e maior mobilidade desses indivíduos.

Palavras-chave: realocação energética; teoria da imunocompetência; status nutricional; reprodução.

2. Abstract

Parasitism may have positive and negative effects on hosts. The evaluation of impacts of parasites on hosts attributes became the aim of numerous ecological studies. The present work analyzed the influence of endoparasite abundance and richness on body condition and the reproductive investment of small mammals captured in a forest fragment in Uberlândia, MG.

Two rodents and two marsupials species were captured through an effort of 3840 traps/night. *Rhipidomys* sp. (n=54) was the commonest species, followed by *Gracilinamus agilis* (n=27), *Oligoryzomys* sp. (n=24), and *Didelphis albiventris* (n=10). In this study, there were not significant correlations between parasitism and the analyzed host variables among rodents, suggesting an overcompensation of parasitism impacts by an increase in food consumption or a lack of effects of this kind of parasites on these host species or tested parameters. Among marsupials, *G. agilis* presented a positive correlation between the abundance of endoparasites eggs and host body condition, that could be explained by a preference of parasites for hosts with higher energetic reserves. Males of *G. agilis* had their testis size negatively correlated with the abundance of cists of Apicomplexa, while the opposite trend occurred with *D. albiventris*, which presented a positive correlation between testis size and helminth abundance. Differences on hosts response to different parasites, related to pathogenicity and the parasite life span, might be responsible for the host reproductive investment patterns observed. In *G. agilis* there's a negative immediate effect of parasites on reproduction, while it seems that a high investment in sexual characters among *D. albiventris* males increase their susceptibility and exposure to parasites, due to immunosuppressive hormones and higher mobility.

Keywords: energy allocation; immunocompetence handicap; nutritional status; reproduction.

3. Introdução

O consenso que existe entre pesquisadores que avaliam os efeitos do parasitismo sobre os hospedeiros é que os parasitas tem o potencial para controlar as populações das espécies parasitadas, influenciando aspectos ecológicos, fisiológicos e morfológicos de seus hospedeiros (Degen, 2006; Morand et al., 2006; Sheldon & Verhulst, 1996). Os parasitas apresentam um custo energético sobre as espécies que os abrigam, pois podem consumir a energia disponível nos alimentos ingeridos por seu hospedeiro, ocasionando uma redução da eficiência digestiva na espécie parasitada (Munger & Karasov, 1989). O aumento da demanda energética também pode ser propiciado pelo consumo das reservas energéticas dos hospedeiros, ou ainda, pela ativação e manutenção do sistema imune para combater a infestação (Degen, 2006).

O custo energético inerente ao parasitismo faz com que em algumas situações os hospedeiros necessitem rearranjar a energia que seria destinada a outras atividades corporais, como crescimento, desenvolvimento e manutenção de tecidos reprodutivos e nervosos, para ativar e manter um sistema imune eficiente contra infestações. Assim, este *trade off* de energia entre sistemas supõe que, organismos que investem uma parcela significativa de sua energia em defesa antiparasitária comprometem seu desenvolvimento, condição corporal e investimento reprodutivo. Ao passo que o contrário deve ser esperado de organismos que

investem muito em crescimento e reprodução, tornando-os mais susceptíveis a diferentes agentes infecciosos (Degen, 2006; Sheldon & Verhulst, 1996).

Os efeitos do parasitismo sobre as espécies hospedeiras são negativos na maioria das interações. Diversos estudos já demonstraram que organismos apresentando alta carga parasitária geralmente apresentam redução em tamanho corporal e sobrevivência, assim como menor sucesso reprodutivo (Ehman & Scott, 2002; Meagher and Dudek, 2002; Michalakis, 2009; Schwanz, 2008). Os efeitos dos parasitas podem ser intensificados em casos de múltiplo parasitismo, nas quais várias espécies de parasitas exploram o mesmo hospedeiro, devido a um provável efeito espoliativo cumulativo sobre a espécie parasitada (Bordes & Morand, 2011). Entretanto, são inúmeros os trabalhos que apresentam resultados contraditórios a respeito dos impactos do parasitismo. Em alguns casos não se encontra nenhuma alteração sobre os parâmetros analisados dos hospedeiros, em outros os parasitas podem até mesmo proporcionar um favorecimento as espécies que os abrigam (Bordes et al., 2007; Bordes et al., 2011; Degen, 2006; Devevey et al., 2008; Meagher and Dudek, 2002).

Quando o parasitismo proporciona algum tipo de impacto a seus hospedeiros, pode ocorrer um comprometimento do balanço energético do indivíduo parasitado e consequentemente uma redução em seus *status* nutricional ou condição corporal (e.g., pela redução de tamanho, massa ou gordura corporal) (Kristan & Hammond, 2000). A condição corporal está ligada a medidas morfológicas e fisiológicas que se relacionam com o vigor e a saúde do indivíduo, indicando o estado nutricional deste organismo, pois reflete as reservas energéticas presentes no corpo do animal, principalmente gorduras e proteínas (Peig & Green, 2009). Nesse sentido, Diaz & Alonso (2003) mostraram que hospedeiros muito infestados por endoparasitas apresentam menor condição corporal do que os hospedeiros com valores intermediários de infestação, ao passo que Johnstone et al. (2010) discutiram o efeito indireto da alta carga parasitária na redução da condição corporal dos hospedeiros.

Dado que tanto o sistema imune como o reprodutivo são altamente dispendiosos, é de se esperar que haja um forte *trade off* na alocação de energia entre esses sistemas (Bordes & Morand, 2011). Em mamíferos, o tamanho ou comprimento dos testículos está associado ao investimento e sucesso reprodutivo dos machos, uma vez que essa medida funciona como um indicativo de quantidade de testosterona produzida. Dessa maneira, diversos estudos já demonstraram que altos níveis de infestação comprometem o investimento em reprodução dos machos, de forma que esses indivíduos apresentam testículos reduzidos e menor sucesso reprodutivo (Meagher & Dudek, 2002). Por outro lado, assim como a testosterona aumenta os níveis de agressividade dos machos, tornando-os dominantes em relação a outros machos

(Zielinski & Vanderbergh, 1993), esse hormônio também possui atividade imunossupressora (Klein, 2004). Dessa maneira, há estudos que encontraram relações positivas entre o tamanho dos testículos e carga parasitária, o que pode ser explicado pelo efeito imunossupressor da testosterona e o aumento da susceptibilidade dos organismos que investem demasiadamente em sistema reprodutivo.

Os aspectos que envolvem os efeitos do endoparasitismo sobre a condição corporal e o investimento reprodutivo de hospedeiros pequenos mamíferos são ainda pouco conhecidos, com urgência de novos trabalhos que analisem esta interação. Este estudo tem como objetivo testar as hipóteses de que quanto maior a abundância e a riqueza de endoparasitas, maiores os impactos sofridos pelos hospedeiros, uma vez que a energia destinada ao desenvolvimento de tecidos somáticos e reprodutivos deverá ser realocada na expressão do sistema imune. Sendo assim, espera-se que aqueles indivíduos que apresentarem maiores abundância e riqueza de endoparasitas possuam uma menor condição corporal e um menor investimento em reprodução, devido aos efeitos deletérios do endoparasitismo.

4. Materiais e Métodos

4.1. Descrição da área de estudo

A coleta de dados deste trabalho foi realizada em um fragmento de 30 hectares de floresta estacional semidecidual localizada na Fazenda Experimental do Glória no município de Uberlândia, MG. Esta propriedade encontra-se a 880 m.a.n.m e possui área de 685 hectares, na qual predominam atividades agropastoris e o desenvolvimento de projetos de pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (Lopes, 2010; Prieto, 2005). O fragmento florestal selecionado apresenta espécies pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias em uma determinada proporção que o caracteriza como uma floresta em estágio intermediário de sucessão florestal (Lopes et al., 2011).

4.2. Campanhas de Captura

Foram desenvolvidas 12 campanhas de capturas de pequenos mamíferos não voadores entre o período de junho de 2011 e maio de 2012. Cada campanha teve duração de 4 noites consecutivas e os animais foram capturados em uma grade de 1,12 hectares localizada no interior do fragmento florestal. Nesta grade foram alocadas oitenta armadilhas do tipo

Sherman de duas dimensões (42x11,5x14cm e 25x7,5x9,5cm), sendo que em cada estação de captura havia uma armadilha no solo e outra no sub-bosque até 1,80 metros de altura. A distância entre as estações de captura era de 20 metros e foi utilizado uma combinação de banana, paçoca, aveia e bacon como isca atrativa.

4.3. Captura-Marcação-Recaptura

Os animais capturados foram pesados com balança de precisão e identificados de acordo com guias de identificação de mamíferos (Bonvicino et al., 2008; Emmons & Feer, 1999). Em seguida, com o auxílio de um paquímetro foram tomadas inúmeras medidas biométricas do corpo desses animais para auxiliar na confirmação das identificações. Também foram medidas a largura e comprimento dos testículos quando estes se encontravam na bolsa escrotal. Fêmeas e machos foram considerados adultos reprodutivos quando no primeiro caso, era possível observar sinais de gravidez, como inchaço abdominal ou filhotes no marsúpio no caso de marsupiais, e/ou lactação determinada pela presença de tetas inchadas. No segundo caso, machos contendo os testículos na bolsa escrotal foram considerados reprodutivos. Os roedores e marsupiais receberam brincos de latão numerados antes de serem liberados exatamente no mesmo ponto em que foram capturados e suas fezes coletadas e armazenadas em tubos Eppendorf para posterior análise laboratorial.

4.4. Análise coproparasitológica

Através das amostras fecais foi possível avaliar quantitativamente a abundância de endoparasitas para cada indivíduo. A contagem de ovos e cistos de endoparasitas nas fezes dos animais é considerada como um reflexo da intensidade deste tipo de parasitismo sobre as espécies hospedeiras (Coltherd et al., 2010; Hakkarainen et al., 2007; Meyer-Lucht et al., 2010; Püttker et al., 2008). Sendo assim, o número de ovos e cistos de parasitas por grama de fezes (OPG e CPG, respectivamente) foi avaliado com uma adaptação da técnica de McMaster (Gordon & Whitlock, 1939; Fernandes et al., 2005), que dilui amostras de fezes (peso mínimo de 0.03g) em uma solução salina de NaCl, de maneira que haja flotação dos ovos e cistos. Posteriormente, ovos e cistos foram contados sob microscópio ótico (aumento de 10x). Para avaliar qualitativamente a riqueza de endoparasitas, lâminas contendo uma gota da amostra fecal diluída em solução saturada de NaCl foram coradas com uma gota de lugol e observadas em microscópio ótico (aumento de 40x).

O método de McMaster, utilizado nesse trabalho para avaliar a intensidade do endoparasitismo nos hospedeiros, apresenta um conjunto de características que conferem vantagens inquestionáveis nas análises coproparasitológicas, como coleta das amostras de maneira não invasiva, praticidade na elaboração e desenvolvimento, rapidez de avaliação e baixo custo operacional (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Aguirre et al., 1998; Fernandes et al., 2005; Rossanigo and Gruner, 1991). Entretanto, limitações são inerentes a qualquer técnica e a metodologia de Gordon e Whitlock, elaborada originalmente em 1939 e modificada várias vezes, não é diferente das outras. Independente de todas as limitações, esta técnica continua sendo apropriada e aplicada em larga escala em estudos que analisam a intensidade do endoparasitismo em animais silvestres e domésticos, principalmente quando se faz necessária rápidas avaliações epidemiológicas (Abidu-Figueiredo et al., 2001; Ahid et al., 2008; Aro et al., 2007; Brito et al., 2009; Coltherd et al., 2010; Fernandes et al., 2005; Hakkarainen et al., 2007; Kochanowski et al., 2013; Kristan, 2004; Kristan and Hammond, 2000; Meyer-Lucht et al., 2010; Püttker et al., 2008; Sanchez et al., 2011).

Os ovos e cistos de endoparasitas foram identificados de acordo com suas estruturas e morfotipos, contando com o auxílio de especialistas, como o professor Doutor Arnaldo Maldonado Júnior do Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios do Instituto Oswaldo Cruz da FIOCRUZ no Rio de Janeiro, e do técnico Marcelo A. Levenhagen do Laboratório de Parasitologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia. As identificações foram confirmadas com o uso de bibliografia específica (Foreyt, 2002; Pinto et al., 2011; Vicente et al., 1997) e o número de morfotipos distintos encontrados nas amostras fecais de cada hospedeiro funcionou como um indicativo da riqueza de endoparasitas.

4.5. Impactos sobre hospedeiros: índice de condição corporal (ICC) e investimento reprodutivo

Para avaliar os impactos do endoparasitismo sobre seus hospedeiros, foi relacionada a riqueza e a intensidade de ovos e/ou cistos de endoparasitas com uma variável que correspondesse numericamente a condição corporal apresentada por estes hospedeiros. Foi selecionado o método não destrutivo proposto por Peig & Green (2009), que estabelece um índice de condição corporal (ICC) através da relação entre o tamanho do animal e suas reservas energéticas. Este ICC é calculado com os dados da massa corpórea dos hospedeiros e uma medida morfométrica. Esta relação pode ser interpretada no sentido de que aqueles

animais com maiores valores de ICC apresentam maiores reservas de proteínas e gorduras corporais. Devido ao fato de que pode ocorrer alometria entre as variáveis relacionadas ao tamanho dos hospedeiros, o ICC deve remover esta variação existente e a medida morfométrica escolhida deve ser aquela que apresenta correlação mais forte com a massa corporal do indivíduo, que geralmente é o comprimento da tíbia em pequenos mamíferos (Peig & Green, 2009; Peig & Green, 2010). Os expoentes utilizados para o desenvolvimento destes índices podem ser calculados através do software RMA for JAVA v.1.21, disponibilizado gratuitamente *online* (Bohonak & van der Linde, 2004).

As mesmas variáveis do parasitismo (OPG, CPG e riqueza) foram relacionadas com o investimento em reprodução dos roedores e marsupiais capturados. Esta análise foi realizada apenas para os indivíduos machos, devido ao fato de que a coleta dos dados necessários para este grupo não exige o sacrifício destes animais, diferente das fêmeas que precisam ter suas tubas uterinas avaliadas. Neste trabalho, os indivíduos machos foram considerados reprodutivos a partir do momento em que os testículos se encontravam na bolsa escrotal. Desta forma, foi possível obter um valor de área testicular (mm^2) com as medidas de largura e comprimento dos testículos coletadas dos indivíduos. Esta medida foi usada como métrica de investimento e sucesso reprodutivo, pois em várias espécies quanto maior o tamanho dos testículos melhor a qualidade do esperma, maior a produção espermática e de testosterona, todos associados ao sucesso reprodutivo em machos (Kenagy and Trombulak, 1986; Møller, 1988; Parapanov et al., 2009; Schulte-Hostedde & Millar, 2004; Stockley & Purvis, 1993).

4.6. Análise de dados

Para testar a hipótese da relação inversa entre infestação por endoparasitas e condição corporal dos indivíduos foram realizadas correlações de Spearman separadamente para cada parâmetro da infestação (abundância e riqueza), grupo de endoparasitas (helmintos e cistos de Apicomplexa) e para cada espécie de hospedeiro. Para testar a hipótese da relação inversa entre parâmetros da infestação por endoparasitas e investimento reprodutivo dos machos (área do testículo em mm^2) foram utilizadas correlações de Spearman, separadamente para cada parâmetro da infestação (abundância e riqueza), grupo de endoparasitas (helmintos e cistos de Apicomplexa) e para cada espécie de hospedeiro. Foram usadas correlações não paramétricas entre as variáveis devido a distribuição não normal dos dados, mesmo após transformações.

Em todos os testes mencionados anteriormente foram utilizados apenas os dados referentes a primeira captura de cada indivíduo, desconsiderando os registros das recapturas.

Todos os testes supracitados foram elaborados com a utilização da plataforma de análises estatísticas SYSTAT Software.

5. Resultados

As campanhas de coletas de dados proporcionaram um esforço amostral de 3840 armadilhas/noite, totalizando 709 capturas e recapturas de quatro espécies de pequenos mamíferos. *Rhipidomys* sp. (n=54) foi a espécie mais abundante, seguida por *Gracilinanus agilis* (n=27), *Oligoryzomys* sp. (n=24) e *Didelphis albiventris* (n=10).

Não houve correlação significativa entre os parâmetros de infestação (abundância de ovos e cistos e riqueza total) e os índices de condição corporal para cada espécie estudada, com exceção de *G. agilis* (TABELA 1). Diferente do esperado, foi possível observar uma correlação positiva entre a abundância de ovos de helmintos e o *status* nutricional, dado pelos índices de condição corporal, dos indivíduos de *G. agilis* ($r_s = 0,538$, g.l.=27, $p = 0,005$) (FIGURA 1).

TABELA 1. Resultados das correlações de Spearman entre as variáveis do endoparasitismo (OPG = abundância de ovos por grama de fezes; CPG = abundância de cistos por grama de fezes; RIQ = riqueza de endoparasitas) e o índice de condição corporal (ICC) dos pequenos mamíferos.

	Variáveis	r_s	g.l.	P
Roedores				
<i>Rhipidomys</i> sp.	OPG x ICC	-0,025	54	> 0,05
	CPG x ICC	-0,189	54	> 0,05
	RIQ x ICC	-0,152	54	> 0,05
<i>Oligoryzomys</i> sp.	OPG x ICC	-0,339	24	> 0,05
	CPG x ICC	0,342	24	> 0,05
	RIQ x ICC	0,004	24	> 0,05
Marsupiais				
<i>D. albiventris</i>	OPG x ICC	0,188	10	> 0,05
	CPG x ICC	-0,067	10	> 0,05
	RIQ x ICC	0,507	10	> 0,05

<i>G. agilis</i>	OPG x ICC	0,538	27	0,005
	CPG x ICC	-0,091	27	> 0,05
	RIQ x ICC	0,125	27	> 0,05

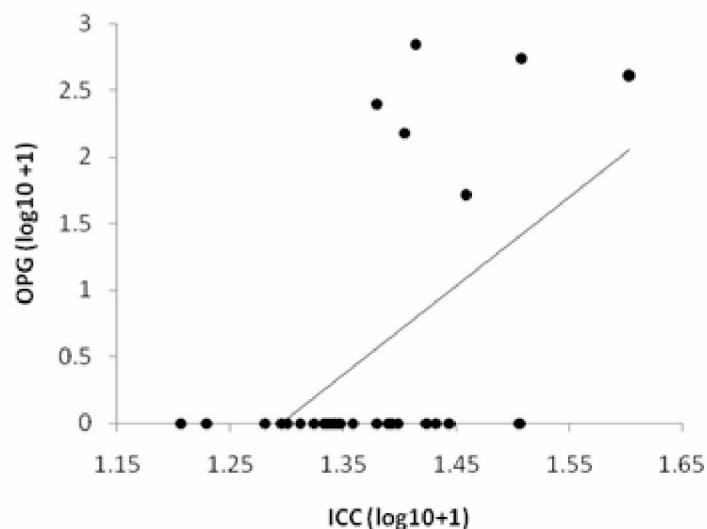


FIGURA 1. Correlação entre o número de ovos por grama de fezes (OPG) e a condição corporal (ICC) dos indivíduos de *G. agilis*.

Com relação ao investimento reprodutivo dos machos nestas quatro espécies, as correlações de Spearman com as mesmas variáveis do endoparasitismo não apresentaram resultados significativos, com exceção de dois testes. Em *D. albiventris*, contrariando a hipótese inicial, foi possível observar uma relação positiva entre o tamanho dos testículos e a intensidade de ovos de endoparasitas (FIGURA 2a). Entretanto em *G. agilis* foram obtidos resultados de acordo com o esperado, pois a intensidade de cistos de endoparasitas apresenta uma relação negativa com o tamanho dos testículos dos indivíduos desta espécie (FIGURA 2b) (TABELA 2).

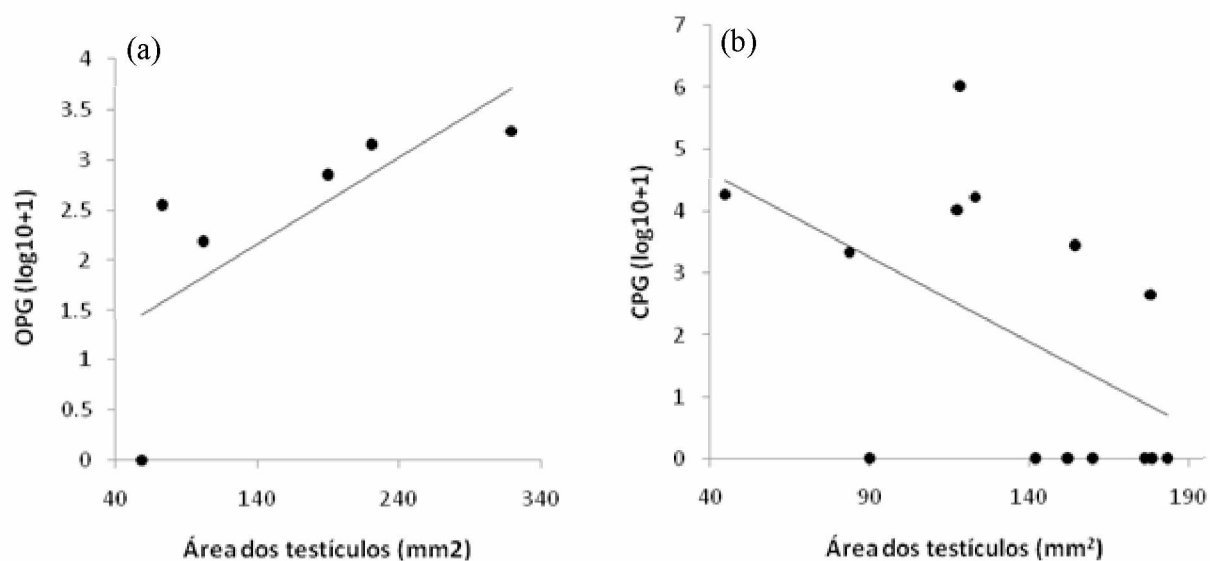


FIGURA 2. Correlação entre o número de ovos de endoparasitas por grama de fezes (OPG) e a área dos testículos dos machos de *D. albiventris* (a) e correlação entre o número de cistos por grama de fezes (CPG) e a área dos testículos de *G. agilis* (b).

TABELA 2. Resultados das correlações de Spearman entre as variáveis do endoparasitismo (OPG = abundância de ovos por grama de fezes; CPG = abundância de cistos por grama de fezes; RIQ = riqueza de endoparasitas) e o investimento reprodutivo dos machos (AT = área dos testículos em mm²).

	Variáveis	r _s	g.l.	P
Roedores				
<i>Rhipidomys</i> sp.	OPG x AT	-0,155	22	> 0,05
	CPG x AT	0,024	22	> 0,05
	RIQ x AT	0,024	22	> 0,05
<i>Oligoryzomys</i> sp.	OPG x AT	-0,082	10	> 0,05
	CPG x AT	0,144	10	> 0,05
	RIQ x AT	0,191	10	> 0,05
Marsupiais				
<i>D. albiventris</i>	OPG x AT	0,943	6	0,02
	CPG x AT	0,338	6	> 0,05
	RIQ x AT	0,647	6	> 0,05

<i>G. agilis</i>	OPG x AT	0,126	14	> 0,05
	CPG x AT	-0,566	14	< 0,05
	RIQ x AT	-0,425	14	> 0,05

6. Discussão

Uma vez que os parasitas adquirem seus recursos dos hospedeiros, espera-se que indivíduos com altos níveis de infestação apresentem reservas de energia reduzida, porém testes dessa relação apresentam resultados ambíguos (Neuhaus, 2003; Perez-Orellana & Schulte-Hostedde, 2005). Diversos estudos já demonstraram impactos dos parasitas sobre atributos dos seus hospedeiros, incluindo a redução da condição corporal em decorrência de altas cargas parasitárias (Neuhaus, 2003). Por outro lado, nesse estudo a maioria das relações estabelecidas entre parâmetros da infestação por parasitas e a condição corporal dos hospedeiros não apresentaram resultados significativos, com exceção dos resultados de *G. agilis*. A ausência de relação significativa entre as variáveis do parasitismo e o estado nutricional dos pequenos mamíferos corrobora estudos anteriores com roedores e marsupiais neotropicais (e.g. Püttker et al., 2008). Uma das explicações para tal resultado é que haja uma compensação dos efeitos negativos do parasitismo através do aumento da ingestão de alimentos, de maneira a compensar a redução de energia decorrente da ação dos parasitas (Tripet & Richner, 1997). Outra possibilidade é de que outros atributos, incluindo diferentes métricas de condição corporal, sejam negativamente afetados pelo parasitismo. De fato, Kristan & Hammond (2000) não encontraram impacto do parasitismo sobre reservas de gordura, porém indivíduos parasitados apresentaram alterações no tamanho de órgãos relacionados ao sistema imune e/ou ao trato gastrointestinal, como o baço e os intestinos, além de uma redução na habilidade de captar glicose. Além disso, muitas vezes os custos energéticos do parasitismo não são imediatos, de forma que o impacto sobre atributos da história de vida dos hospedeiros podem ocorrer a longo prazo (Willis & Poulin, 1999).

Como mencionado anteriormente, neste trabalho os indivíduos de *G. agilis* apresentaram a intensidade de ovos de endoparasitas correlacionada positivamente com os valores de condição corporal, uma resposta contrária a hipótese proposta. Aparentemente, pode haver uma sobrecompensação da redução energética dos hospedeiros através do aumento na ingestão de alimentos (Tripet & Richner, 1997), ou um processo de seleção por hospedeiros com maior quantidade de reservas energéticas por parte dos parasitas. Bize et al. (2008) mostraram que hospedeiros com menor condição corporal apresentam menos recursos

disponíveis para os parasitas, de maneira que devem ser evitados pelos mesmos. Schulte-Hostedde & Elsasser (2011) também não encontraram custos imediatos do parasitismo sobre a condição corporal dos hospedeiros estudados, e sim uma relação positiva entre as variáveis, que parece estar de acordo com um aumento da performance dos parasitas em hospedeiros de melhor qualidade, levando ao padrão observado. Neste sentido, hospedeiros mais saudáveis podem estar mais susceptíveis ao parasitismo, devido a alocação de sua energia corporal ao desenvolvimento de tecidos relacionados às reservas energéticas, o que compromete a demanda necessária para ativar e manter um sistema imune eficiente contra infecções (Degen, 2006; Sheldon & Verhulst, 1996).

A manutenção do sistema imune para combater o parasitismo influencia a distribuição de energia no corpo dos hospedeiros, pois compromete a alocação de energia para o desenvolvimento de tecidos somáticos e/ou reprodutivos (Degen, 2006). A existência de um balanço energético entre esforço reprodutivo e defesa contra parasitas faz com que os parasitas reduzam a energia disponível para investir em reprodução ao mesmo tempo em que o esforço reprodutivo pode reduzir a energia disponível para sistema imune. Dessa forma, muitos estudos já demonstraram o impacto negativo dos parasitas sobre o sucesso reprodutivo de ambos os sexos (Hillegass et al., 2010; Mougeot et al., 2004), assim como um aumento das taxas de parasitismo durante o período reprodutivo dos hospedeiros (Christe et al., 2000).

Nos pequenos mamíferos da Fazenda Experimental do Glória foi comum a ausência de relações significativas entre as variáveis do parasitismo e o investimento em reprodução destes indivíduos, assim como foi registrado por Murray et al. (1998) em ambos os sexos. Nenhuma espécie de roedor apresentou relação significativa entre o parasitismo e o tamanho dos testículos, o que sugere uma ausência de impactos dessas espécies de parasitas sobre os hospedeiros estudados ou que os efeitos desta relação estão em outros sistemas que não o reprodutor. Além disso, o impacto pode ser expressado em outros atributos reprodutivos, como número e qualidade de espermatozoides, massa do testículo e das vesículas seminais. Por último, também é possível que o parasitismo tenha impactos apenas em parâmetros reprodutivos das fêmeas, uma vez que os custos energéticos da reprodução geralmente são maiores nesse sexo. Porém, não foi possível testar esse efeito, dado que a avaliação do número e tamanho de filhotes produzidos é de difícil execução em trabalhos realizados no campo.

Entretanto, foi possível observar uma relação positiva entre a abundância de helmintos e o investimento em reprodução nos machos de *D. albiventris*. Apesar de contrária ao esperado, a correlação positiva entre tamanho dos testículos e intensidade de parasitismo já

foi observada em estudos anteriores (Barnard et al., 2002; Hughes & Randolph, 2001). Essa estratégia de investimento reprodutivo está associada a impactos de longo prazo sobre a aptidão dos hospedeiros (Willis & Poulin, 1999), como o aumento da susceptibilidade dos hospedeiros a novas infestações e redução da sobrevivência futura. Os resultados encontrados para os machos de *D. albiventris* sugerem que há uma redução da resistência dos indivíduos dessa espécie aos helmintos parasitas, devido ao aumento de hormônios andrógenos (testosterona) e esteróides (glucocorticóides) decorrente do investimento em caracteres sexuais secundários (Hughes & Randolph, 2001). Tais hormônios possuem efeitos imunossupressores (Klein, 2004), aumentando assim a susceptibilidade dos hospedeiros aos parasitas e dessa forma a intensidade parasitária dos mesmos (Folstad & Karter, 1992). Além disso, a produção de testosterona está associada com aumento da mobilidade, o que torna os machos mais expostos ao contato com parasitas (Krasnov et al., 2005). Porém, estudos futuros são necessários para testar essas hipóteses em *D. albiventris*, além da existência de impactos de longo prazo dos parasitas sobre o sucesso reprodutivo futuro e a sobrevivência.

Conforme esperado, houve um impacto negativo dos parasitas, avaliado pela intensidade de cistos de Apicomplexa, sobre o tamanho dos testículos dos machos de *G. agilis*. Impacto semelhante em indivíduos do sexo masculino já foi demonstrado em diversos taxa, incluindo invertebrados (Polak, 1998) e vertebrados (Gooderham & Schulte-Hostedde, 2011). Entre os roedores, Meagher & Dudek (2002) mostraram uma redução da massa dos testículos e das vesículas seminais de acordo com o aumento da carga parasitária. Esse padrão, similar ao observado em *G. agilis*, pode ser explicado por um redirecionamento da energia para manutenção do sistema imune, comprometendo a energia alocada para o investimento em reprodução. Ao mesmo tempo, a redução dos testículos pode estar relacionada aos danos nestes tecidos, causados por respostas inflamatórias oriundas da infecção parasitária (Morales-Montor et al., 1999). Baseado na relação entre tamanho das gônadas masculinas e produção de testosterona (Singh & Krishna, 2000), e o efeito desse hormônio sobre a agressividade e hierarquia social em machos (Zielinski & Vanderbergh, 1993), uma das implicações dos altos níveis de infestação por parasitas é a redução do sucesso reprodutivo. Em concordância, Ehman & Scott (2002) demonstraram que fêmeas de camundongos evitam cópulas com machos infestados pelo nematódeo *Heligmosomoides polygyrus*. Testes nessa direção são necessários para comprovar essa hipótese em *G. agilis*.

Padrões completamente opostos foram observados em *D. albiventris* e *G. agilis*. De fato, os hospedeiros podem responder ao parasitismo de diversas formas, geralmente apresentando redução do sucesso reprodutivo, apesar de poucos exemplos em que os

mamíferos aumentam investimento reprodutivo em função do parasitismo (Barnard et al., 2002; Kristan, 2004; Schwanz, 2008). Dada a existência de uma estratégia reprodutiva semelpara em *G. agilis* (Andreazzi et al., 2011), a ocorrência de correlação positiva entre investimento e parasitismo deveria ser mais provável nessa espécie do que em *D. albiventris*. Diferenças na resposta dos hospedeiros a diferentes parasitas, ligadas a patogenicidade e ciclo de vida destes, podem ser responsáveis pelos padrões de investimento reprodutivo observados. Dessa forma, esse estudo indica que os helmintos não possuem impactos imediatos sobre a reprodução de machos de *D. albiventris*, enquanto cisto de Apicomplexa possuem impactos imediatos sobre a reprodução de machos de *G. agilis*. Pesquisas futuras deveriam enfocar tais questões, avaliando o impacto de parasitas sobre aspectos imunológicos e reprodutivos de marsupiais semelparos e iteroparos através do monitoramento desses aspectos de diferentes indivíduos ao longo do tempo.

Em resumo, o endoparasitismo nos pequenos mamíferos pode apresentar impactos significativos sobre parâmetros dos hospedeiros, como a condição corporal ou o investimento em reprodução. Entretanto, a intensidade e direção destes efeitos dependerão de inúmeros fatores, mas principalmente das espécies de parasitas e em quais hospedeiros eles se encontram, pois o parasitismo varia de acordo com as espécies envolvidas nesta interação e suas histórias de vida (Morand et al., 2006). Ainda são escassos os trabalhos que avaliam os efeitos dos parasitas sobre atributos fisiológicos, anatômicos ou ecológicos de seus hospedeiros (Meagher & Dudek, 2002). Novas análises devem ser efetuadas avaliando o maior número de parâmetros, tanto dos parasitas quanto dos hospedeiros, com o objetivo de se encontrar quais são os sistemas que mais sofrem impactos do parasitismo nas diferentes espécies hospedeiras.

7.Referências Bibliográficas

- ABIDU-FIGUEIREDO, M.; BARWINSKI, A.; CARVALHO, B. & REINECKE, R.K., 2001. Comparação entre técnicas coproparasitológicas para a contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de caprinos. *Ciência Animal*, 11(2), pp.137-139.
- AGUIRRE, D.H.; VIÑABAL, A.E. y GAIDO, A.B., 1998. Comparacion de tres tecnicas coprologicas para el diagnostico de *Fasciola hepatica* en rumiantes. *Veterinaria Argentina*, v.15, n.146, pp.421-427.
- AHID, S.M.M.; SUASSUNA, A.C.D.; MAIA, M.B.; COSTA, V.M.M. e SOARES, H.S., 2008. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da região oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, v.9, n.1, pp.212-218.

ANDREAZZI, C.S.; RADEMAKER, V.; GENTILE, R.; HERRERA, H.M.; JANSEN, A.M. and D'ANDREA, P.S., 2011. Population ecology of small rodents and marsupials in a semi-deciduous tropical forest of the Southeast Pantanal, Brazil. *Zoologia*, v.28, pp.762-770.

ARO, D.T.; POLIZER, K.A.; BELUT, D.S.; DE ALMEIDA, C.R.; DO AMARAL, L.C.; NEVES, M.F. e RODRIGUES, R., 2007. Verminose Ovina. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, ano V, n.9.

BARNARD, C.J.; BEHNKE, J.M.; BRAY, D.; RACE, T.; FRAKE, K.; OSMOND, J.; DINMORE, J. and SINSKI, E., 2002. Local variation in endoparasites intensities of bank voles (*Clethrionomys glareolus*) from ecologically similar sites: morphometric and endocrine correlates. *Journal of Helminthology*, 76, pp.103-112.

BIZE, P.; JEANNERET, C.; KLOPFENSTEIN, A. and ROULIN, A., 2008. What makes a host profitable? Parasites balance host nutritive resources against immunity. *American Naturalist*, v.171, n.1, pp.107-118.

BOHONAK, A.J. & VAN DER LINDE, K., 2004. RMA: Software for Reduced Major Axis regression, Java version. Website: <http://www.kimvdlinde.com/professional/rma.html>, acessado em 11 de Outubro de 2012.

BONVICINO, C.R.; OLIVEIRA, J.A. e D'ANDREA, P.S., 2008. Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS, 120p.

BORDES, F.; BLUMSTEIN, D.T. and MORAND, S., 2007. Rodent sociality and parasite diversity. *Biology Letters – Evolutionary biology*, 3, pp.692-694.

BORDES, F. & MORAND, S., 2011. The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology and Epidemiology*, v.1, pp.7346-7355.

BORDES, F.; MORAND, S. and KRASNOV, B.R., 2011. Does investment into “expensive” tissue compromise anti-parasitic defence? Testes size, brain size and parasite diversity in rodents hosts. *Oecologia*, 165, pp.7-16.

BRITO, D.R.B.; SANTOS, A.C.G.; TEIXEIRA, W.C. e GUERRA, R.M.S.N.C., 2009. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da microrregião do Alto Mearim e Grajaú, no estado do Maranhão, Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, n.3, pp.967-974.

CHRISTE, P.; ARLETTAZ, R. and VOGEL, P., 2000. Variation in intensity of a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) in relation to the reproductive cycle and immunocompetence of its bats host (*Myotis myotis*). *Ecology Letters*, v.3, pp.207-212.

COLTHERD, J.C.; MORGAN, C.; JUDGE, J.; SMITH, L.A. and HUTCHINGS, M.R., 2010. The effects of parasitism on recapture rates of wood mice (*Apodemus sylvaticus*). *Wildlife Research*, 37, pp.413-417.

DEGEN, A.A., 2006. Effects of macroparasites on the energy budget of small mammals. In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.371-399.

DEVEVEY, G.; NICULITA-HIRZEL, H.; BIOLLAZ, F.; YVON, C.; CHAPUISAT, M. and CHRISTE, P., 2008. Developmental, metabolic and immunological costs of flea infestation in the common vole. *Functional Ecology*, 22, pp.1091-1098.

DIAZ, M. & ALONSO, C.L., 2003. Wood mouse *Apodemus sylvaticus* winter food supply: density, condition, breeding, and parasites. *Ecology*, v.84, pp.2680-2691.

EHMAN, K.D. & SCOTT, M.E., 2002. Female mice mate preferentially with non-parasitized males. *Parasitology*, v.125, pp.461-466.

EMMONS, L.H. & FEER, F., 1999. Neotropical Rainforest Mammals: a field guide. The University of Chicago Press, Chicago, 307p.

FERNANDES, R.M.; FARIAS, E.H.S.; BATISTA, K.M.; FERNANDES, M.Z.L.C.M. e RODRIGUES, M.L.A., 2005. Comparação entre as técnicas McMaster e Centrifugo-flutuação para contagem de ovos de nematoides gastrintestinais de ovinos. *Ciência Animal Brasileira* v.6, n.2, p.105-109, Abr./Jun. Brasil.

FOLSTAD, I. & KARTER, A.J., 1992. Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist*, v.139, n.3, pp.603-622.

FOREYT, W.J., 2002. Veterinary Parasitology Reference Manual. Fifth Edition. Published by Wiley-Blackwell, 248p.

GOODERHAM, K. & SCHULTE-HOSTEDDE, A.I., 2011. Macroparasitism influences reproductive success in red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*). *Behavioral Ecology*, v.22, pp.1195-1200.

GORDON, H. & WHITLOCK, H.V.A., 1939. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, v.12, n.1, pp.50-52.

HAKKARAINEN, H.; HUHTA, E.; KOSKELA, E.; MAPPES, T.; SOVERI, T. and SUORSA, P., 2007. *Eimeria*-parasites are associated with a lowered mother's and offspring's body condition in island and mainland populations of the bank vole. *Parasitology*, v.134, pp.23-31.

HILLEGASS, M.A.; WATERMAN, J.M. and ROTH, J.D., 2010. Parasite removal increases reproductive success in a social African ground squirrel. *Behavioral Ecology*, v.21, pp.696-700.

HUGHES, V.L. & RANDOLPH, S.E., 2001. Testosterone increases the transmission potential of tick-borne parasites. *Parasitology*, v.123, pp.365-371.

JOHNSTONE, C.P.; REINA, R.D. and LILL, A., 2010. Impact of anthropogenic habitat fragmentation on population health in a small carnivorous marsupial. *Journal of Mammalogy*, v.91, pp.1332-1341.

KENAGY, G.J. and TROMBULAK, S.C., 1986. Size and function of mammalian testes in relation to body size. *Journal of Mammalogy*, v.67, n.1, pp.1-22.

- KLEIN, S.L., 2004. Hormonal and immunological differences mediating sex differences in parasite infection. *Parasite Immunology*, v.26, pp.247-264.
- KOCHANOWSKI, M.; DABROWSKA, J.; KARAMON, J.; CENCEK, T. and OSINSKI, Z., 2013. Analysis of the accuracy and precision of the McMaster method in detection of the eggs of *Toxocara* and *Trichuris* species (Nematoda) in dog faeces. *Folia Parasitologica*, 60(3), pp.264-272.
- KRASNOV, B.R.; MORAND, S.; HAWLENA, H.; KHOKHLOVA, I.S. and SHENBROT, G.I., 2005. Sex-biased parasitism, seasonality and sexual size dimorphism in desert rodents. *Oecologia*, v.146, pp.209-217.
- KRISTAN, D.M., 2004. Intestinal nematode infection affects host life history and offspring susceptibility to parasitism. *Journal of Animal Ecology*, v.73, n.2, pp.227-238.
- KRISTAN, D.M. & HAMMOND, K.A., 2000. Combined effects of cold exposure and sub-lethal intestinal parasites on host morphology and physiology. *The Journal of Experimental Biology*, v.203, pp.3495-3504.
- LOPES, S.F., 2010. Padrões florísticos e estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia.
- LOPES, S.F.; SCHIAVINI, I.; PRADO JÚNIOR, J.A.; GUSSON, A.E.; SOUZA NETO, A.R.; VALE, V.S. e DIAS NETO, O.C., 2011. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de floresta estacional semidecidual, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG. *Bioscience Journal*, v.27, n.2, pp.322-335.
- MEAGHER, S. & DUDEK, S.N., 2002. Effects of *Trichinella spiralis* on survival, total mass, and organ mass of oldfield mice (*Peromyscus polionotus*). *The Journal of Parasitology*, v.88, n.5, pp.833-838.
- MEYER-LUCHT, Y.; OTTEN, C.; PÜTTKER, T.; PARDINI, R.; METZGER, J.P. and SOMMER, S., 2010. Variety matters: adaptive genetic diversity and parasite load in two mouse opossums from the Brazilian Atlantic forest. *Conservation Genetics*, v.11, pp.2001-2013.
- MICHALAKIS, Y., 2009. Parasitism and the evolution of life-history traits. In: *Ecology and evolution of parasitism* (eds. THOMAS, F.; GUÉGAN, J. and RENAUD, F.). Oxford University Press, pp.19-28.
- MORALES-MONTOR, J.; GAMBOA-DOMINGUEZ, A.; RODRIGUEZ-DORANTES, M. and CERBON, M.A., 1999. Tissue damage in the male murine reproductive system during experimental *Taenia crassipes* cysticercosis. *Journal of Parasitology*, v.85, pp.887-890.
- MORAND, S.; KRASNOV, B.R.; POULIN, R. and DEGEN, A.A., 2006. Micromammals and macroparasites: Who is who and how do they interact? In: MORAND, S.; KRASNOV, B.R. and POULIN, R. (Eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan, pp.3-9.

- MOUGEOT, F.; IRVINE, J.R.; SEIVWRIGHT, L.; REDPATH, S.M. and PIERTNEY, S., 2004. Testosterone, immunocompetence, and honest sexual signaling in male red grouse. *Behavioral Ecology*, v.15, n.6, pp.930-937.
- MØLLER, A.P., 1988. Ejaculate quality, testes size and sperm competition in primates. *Journal of Human Evolution*, 17, pp.479-488.
- MUNGER, J.C. & KARASOV, W.H., 1989. Sublethal parasites and host energy budgets: tapeworm infection in white-footed mice. *Ecology*, v.70, n.4, pp.904-921.
- MURRAY, D.L.; KEITH, L.B. and CARY, J.R., 1998. Do parasitism and nutritional status interact to affect production in snowshoe hares? *Ecology*, v.79, pp.1209-1222.
- NEUHAUS, P., 2003. Parasite removal and its impact on litter size and body condition in Columbian ground squirrels (*Spermophilus columbianus*). *Proceedings of the Royal Society B*, v.270, pp.S213-S215.
- PARAPANOV, R.N.; NUSSLÉ, S.; CRAUSAZ, M.; SENN, A.; HAUSSE, J. and VOGEL, P., 2009. Testis size, sperm characteristics and testosterone concentrations in four species of shrews (Mammalia, Soricidae). *Animal Reproduction Science*, v.114, pp.269-278.
- PEIG, J. & GREEN, A.J., 2009. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, v.118, pp.1883-1891.
- PEIG, J. & GREEN, A.J., 2010. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology*, v.24, pp.1323-1332.
- PEREZ-ORELLA, C. & SCHULTE-HOSTEDDE, A.I., 2005. Effects of sex and body size on ectoparasites loads in the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*). *Canadian Journal of Zoology*, v.83, pp.1381-1385.
- PINTO, R.M.; KNOFF, M.; GOMES, D.C. and NORONHA, D., 2011. Nematodes from Mammals in Brazil: an updating. *Neotropical Helminthology*, v.5, n.2, pp.139-183.
- POLAK, M., 1998. Effects of ectoparasitism on host condition in the *Drosophila-Macrocheles* system. *Ecology*, v.79, pp.1807-1817.
- PRIETO, E.C., 2005. Os desafios institucionais para implantação de uma cidade universitária: o Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado.
- PÜTTKER, T.; MEYER-LUCHT, Y. and SOMMER, S., 2008. Effects of fragmentation on parasite burden (nematodes) of generalist and specialist small mammals species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Research*, v.23, pp.207-215.
- ROSSANIGO, C.E. and GRUNER, L., 1991. Accuracy of two methods for counting eggs of sheep nematode parasites. *Veterinary Parasitology*, 39, pp.115-121.
- SANCHEZ, A.; DEVEVEY, G. and BIZE, P., 2011. Female-biased infection and transmission of the gastrointestinal nematode *Trichuris arvicolae* infecting the common vole, *Microtus arvalis*. *International Journal for Parasitology*, 41, pp.1397-1402.

SCHULTE-HOSTEDDE, A.I. & ELSSASSER, S.C., 2011. Spleen mass, body condition, and parasite load in male American mink (*Neovison vison*). *Journal of Mammalogy*, v.92, n.1, pp.221-226.

SCHULTE-HOSTEDDE, A.I. & MILLAR, J.S., 2004. Intraspecific variation of testis size and sperm length in the yellow-pine chipmunk (*Tamias amoenus*): implications for sperm competition and reproductive success. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.55, pp.272-277.

SCHWANZ, L.E., 2008. Chronic parasitic infection alters reproductive output in deer mice. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.62, pp.1351-1358.

SHELDON, B.C. & VERHULST, S., 1996. Ecological immunology: costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. *Tree*, v.11, n.8, pp.317-321.

SINGH, U.P. & KRISHNA, A., 2000. Seasonal changes in circulating testosterone and androsteredione concentration and their correlation with the anomalous reproductive pattern in the male Indian sheath-tailed bat *Taphozous longimanus*. *Journal of Experimental Zoology*, v.287, pp.54-61.

STOCKLEY, P. & PURVIS, A., 1993. Sperm competition in mammals: a comparative study of male roles and relative investment in sperm production. *Functional Biology*, v.7, n.5, pp.560-570.

TRIPET, F. & RICHNER, H., 1997. Host responses to ectoparasites: food compensation by parent blue tits. *Oikos*, v.78, pp.557-561.

VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O.; GOMES, D.C. e PINTO, R.M., 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de Mamíferos. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14 (supl. 1), pp. 1-452.

WILLIS, C. & POULIN, R., 1999. Effects of the tapeworm *Hymenolepis diminuta* on maternal investment in rats. *Canadian Journal of Zoology*, v.77, pp.1001-1005.

ZIELINSKI, W.J. & VANDERBERGH, J.G., 1993. Testosterone and competitive ability in male house, *Mus musculus*: laboratory and field studies. *Animal Behaviour*, v.45, pp.873-891.

CONCLUSÃO GERAL

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que a variação na abundância de endoparasitas em roedores, é independente da massa corporal destes hospedeiros. No caso dos marsupiais, as diferenças encontradas no endoparasitismo, podem ser reflexo da grande variação da massa corpórea entre as espécies estudadas.

Em *G. agilis* a condição corporal é positivamente correlacionada com o endoparasitismo e o investimento reprodutivo, negativamente relacionado à abundância parasitária. Já em *D. albiventris*, existe uma relação positiva entre o investimento em reprodução e o endoparasitismo.

Os efeitos que os parasitas impõem sobre seus hospedeiros não são determinados por apenas uma característica da espécie estudada, mas sim por um conjunto de aspectos, relacionados direta ou indiretamente, tanto ao desempenho dos parasitas quanto ao balanço energético dos hospedeiros. Compreender quais os fatores determinam esta interação é fundamental para a ampliação do conhecimento nesta área, que demanda novos estudos.

Pesquisas futuras podem ser complementadas, aumentando o número de espécies e variáveis analisadas dos parasitas e hospedeiros, buscando pela utilização de diferentes abordagens metodológicas.