



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

DINÂMICA ESPACIAL DE CARRAPATOS (ACARI:
IXODIDAE) NA BUSCA POR HOSPEDEIROS NO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS
ADJACENTES COM NOTA SOBRE PARASITISMO
HUMANO

Adriane Suzin

2022

ADRIANE SUZIN

**DINÂMICA ESPACIAL DE CARRAPATOS (ACARI:
IXODIDAE) NA BUSCA POR HOSPEDEIROS NO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS
ADJACENTES COM NOTA SOBRE PARASITISMO
HUMANO**

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

Orientador: Prof. Dr. Matias Pablo Juan Szabó

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Vogliotti

UBERLÂNDIA

Setembro - 2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S968 2022	Suzin, Adriane, 1986- Dinâmica espacial de carrapatos (Acari: Ixodidae) na busca por hospedeiros no Parque Nacional do Iguaçu e em fragmentos florestais adjacentes com nota sobre parasitismo humano. [recurso eletrônico] : - / Adriane Suzin. - 2022. Orientador: Matias Pablo Juan Szabó. Coorientador: Alexandre Vogliotti . Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2022.487 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Ecologia. I. Szabó, Matias Pablo Juan, 1964-, (Orient.). II. , Alexandre Vogliotti, 1973-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. IV. Título. CDU: 574
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e
 Biodiversidade
 Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umuarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320
 Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgeco.ib.ufu.br - ecologia@umuarama.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Tese, número 83, PPGECEB				
Data:	trinta de setembro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	18:20
Matrícula do Discente:	11813ECR001				
Nome do Discente:	Adriane Suzin				
Título do Trabalho:	Dinâmica espacial de carrapatos (Acari: Ixodidae) na busca por hospedeiros no Parque Nacional do Iguaçu e em fragmentos florestais adjacentes com nota sobre parasitismo humano				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia animal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Carrapatos e patógenos zoonóticos do cerrado e da Mata Atlântica na interface com áreas antropizadas				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelos doutores: Hermes Ribeiro Luz - UFRJ; Adriano Pinter dos Santos - SUCEN; Stefan Vilges de Oliveira - FAMED/UFU; Vanessa do Nascimento Ramos - UFU e Matias Pablo Juan Szabo - FAMEV/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Matias Pablo Juan Szabo, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Matias Pablo Juan Szabo, Professor(a) do Magistério**



Superior, em 30/09/2022, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Stefan Vilges de Oliveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/10/2022, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa do Nascimento Ramos, Usuário Externo**, em 07/11/2022, às 10:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hermes Ribeiro Luz, Usuário Externo**, em 08/11/2022, às 19:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Pinter dos Santos, Usuário Externo**, em 09/11/2022, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3883758** e o código CRC **F12C63F0**.

Adriane Suzin

**DINÂMICA ESPACIAL DE CARRAPATOS (ACARI:
IXODIDAE) NA BUSCA POR HOSPEDEIROS NO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS
ADJACENTES COM NOTA SOBRE PARASITISMO
HUMANO**

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

APROVADA em 30 de setembro de 2022

Dr. Adriano Pinter
Instituto Pasteur

Dra. Vanessa do Nascimento Ramos
Universidade Federal de Uberlândia (Labix) – UFU

Prof. Dr. Hermes Ribeiro Luz
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Stefan Vilges de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Dra. Graziela Virginia Tolesano Pascoli
AECOM

Dr. Marcos Valério Garcia
Embrapa Gado de Corte

Prof. Dr. Alexandre Vogliotti
Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA
(Coorientador)

Prof. Dr. Matias Pablo Juan Szabó
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA,
Setembro - 2022

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao orientador;

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

À direção do Parque Nacional do Iguaçu pela permissão da coleta e por fornecer acomodações na base de pesquisa;

À Unila, especialmente à Divisão de Transporte e ao Delaben, pelo suporte logístico e laboratorial, respectivamente;

Aos Carnívoros do Iguaçu, especialmente à Marina e a Marcela, pela ajuda em campo e por armazenarem espécimes de carrapatos, seus e de outros hospedeiros;

À família Labix, por me acolherem, pelo aprendizado e pelos momentos de descontração. Sou muito grata pela oportunidade de conviver com pessoas tão especiais. Foram anos de muito crescimento, diversão e companheirismo.

Às secretárias da Pós-Graduação Maria Angélica e Juliana e ao Paulo Eugênio pela prestatividade;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Matias Pablo Juan Szabó, pela confiança, paciência, conselhos e por ter me ofertado muitas oportunidades. Sou muito grata Matias!

Ao Prof. Dr. Alexandre Vogliotti, meu coorientador, por me apresentar ao Prof. Matias, pelo apoio nas coletas e discussões;

Sou grata ao Samuel Fernando Adami, Wagner Antônio Chiba de Castro, Vanessa do Nascimento Ramos, Graziela Virgínia Tolesano Pascoli, Khelma Torga, Marina Xavier da Silva, Pablo Henrique Nunes e José Maurício Barbanti pelo apoio logístico, metodológico e auxílio no delineamento amostral e identificações dos vertebrados.

Um agradecimento especial ao Matheus Henrique Tognolli, por ter auxiliado enormemente nas coletas; foram tantos perrengues que a cada campanha concluída era como se fosse uma vitória. Muito obrigada Toga!

Ao Falcão pelo auxílio com a plotagem das trilhas e a todos àqueles que me acompanharam no campo, mesmo que pontualmente.

Ao Professor Otacílio pela super ajuda com as análises das métricas de ecologia de paisagem;

Aos membros da banca de qualificação e da banca examinadora dessa tese, pela disponibilidade e sugestões;

À minha família: pais, irmã, “Mandica” e ao “Zé” pelo suporte e apoio.

Aos meus bons amigos (as) pelas boas conversas. Renderam muitos frutos e crescimento;

Ao “doutorado” pela oportunidade de me transformar como pesquisadora e como pessoa.

RESUMO

Suzin, Adriane. 2022. Dinâmica espacial de carrapatos (Acari: Ixodidae) na busca por hospedeiros no Parque Nacional do Iguaçu e em fragmentos florestais adjacentes com nota sobre parasitismo humano. Tese de doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 124 p.

Essa tese foi desenvolvida para descrever a dinâmica espacial de carrapatos (Acari: Ixodidae) na busca por hospedeiros no Parque Nacional do Iguaçu e em fragmentos florestais adjacentes, assim como o parasitismo em humanos. O estudo ocorreu no PNI (capítulos 1, 2 e 3) e em remanescentes de Mata Atlântica localizados nas adjacências do PNI (capítulo 4). Os carrapatos foram coletados através de arraste de flanela, busca visual e inspeção em humanos que participaram de atividades científicas no PNI. Nossos objetivos foram abordados em quatro capítulos: (i) verificar se ao longo do tempo a distribuição dos carrapatos é determinada pelo tipo de ambiente, pela atividade dos vertebrados e comparar a estrutura e composição das comunidades de vertebrados e de carrapatos entre as Trilhas Abertas (TA) e Transectos Controle (TCs); (ii) verificar se há algum padrão de distribuição espacial (em escala local), altura de espregue, lado da folha dos carrapatos; além disso, verificar se a eficiência da técnica de coleta foi influenciada pela altura e pelo estágio de desenvolvimento; (iii) Conhecer as espécies, estágios, sazonalidade, assim como o local da picada dos carrapatos e se há alguma relação entre aqueles que picam humanos e aqueles encontrados no ambiente; (iv) Conhecer e comparar com o PNI, as espécies de carrapatos presentes em remanescentes de Mata Atlântica (fragmentos florestais) em Foz do Iguaçu e verificar se há correlação entre algumas métricas da paisagem com a abundância, densidade e riqueza de carrapatos. Observamos que o número de registros de vertebrados ($n = 5.058$) foi similar nas TAs e TCs (49,6% e 50,4%, respectivamente) e o tipo de ambiente não interferiu na atividade desses animais. No entanto, no nível de ordem, os carnívoros e os lagomorfos foram mais registrados nas TAs e os roedores nos TCs. O número de carrapatos e os estágios não diferiram entre os tipos de ambiente, no entanto, ninfas de *Amblyomma coelebs* foram mais abundantes nas TAs e ninfas e adultos de *Amblyomma brasiliense* nos TCs. A riqueza estimada de espécies (Jackknife 1), dominância e equidade foram semelhantes entre TAs e TCs para todas as comunidades avaliadas. A diversidade de Shannon dos mamíferos foi maior nas trilhas abertas e a diversidade beta para todos os grupos avaliados foi similar entre os dois tipos de ambiente, exibindo elevada similaridade na composição. A abundância dos carrapatos não aumentou com a atividade dos hospedeiros. Quanto a distribuição espacial dos carrapatos em escala local (capítulo 2) verificou-se que as ninfas seguiram um padrão de distribuição espacial agrupado no inverno e na primavera e os adultos seguiram essa tendência somente na primavera, enquanto no verão a distribuição foi randômica. De modo geral, ninfas e adultos não exibiram um padrão específico de posicionamento em relação ao lado da folha, mas no nível de espécie, adultos de *Amblyomma incisum* foram registrados em maior número no lado abaxial. Verificou-se que os carrapatos (todos juntos, ninfas e adultos) que estavam no lado abaxial das folhas foram mais detectadas através da transiluminação em relação àquelas que estavam no lado adaxial. O lado da folha em que o carrapato estava foi

influenciado pela altura de espreita, mas não pelo estágio de desenvolvimento. Quanto aos carrapatos encontrados em humanos podemos verificar que *A. coelebs* foi a espécie que mais picou humanos, mas não foi a mais abundante no ambiente; a maioria dos carrapatos foi encontrada picando humanos e a minoria andando sobre pele e/ou vestimentas. Nessa tese também verificamos que a densidade, abundância e riqueza de carrapatos foi baixa nos remanescentes de Mata Atlântica quando comparado com o PNI e que houve uma relação negativa dessas três variáveis com a distância do PNI. Além disso, ninfas de *A. ovale* foram encontradas apenas em fragmentos e adjacentes às áreas residenciais. Nossos resultados mostraram que alguns táxons de vertebrados e de carrapatos usam de forma diferenciada o ambiente da Mata Atlântica do PNI, se apresentam distribuídos de forma agrupada no espaço, que os humanos são mais susceptíveis a picadas por *A. coelebs* e que há baixa densidade de carrapatos nos fragmentos florestais, sobretudo nos mais distantes do PNI. Também verificamos que a espécie *A. ovale* parece ser favorecida por determinadas condições antrópicas. Futuros trabalhos devem investigar em detalhes a seleção de habitat na relação ambiente-carrapato-hospedeiro. Conhecer esses aspectos em áreas preservadas auxilia no entendimento sobre padrões ecológicos das comunidades e na prevenção de doenças transmitidas por vetores frente as alterações ambientais.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem; espreita de ectoparasito, Ixodídeos; Mata Atlântica; picada humana; seleção de habitat.

ABSTRACT

Suzin, Adriane. 2022. Spatial dynamics of ticks (Acari: Ixodidae) in the search for hosts in the Iguaçu National Park and in adjacent forest fragments with a note on human parasitism. PhD thesis in Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 124 p.

This thesis was developed to describe the spatial dynamics of ticks (Acari: Ixodidae) in the questing for hosts in the Iguaçu National Park and in adjacent forest fragments, as well as human parasitism. The study took place in the PNI (chapters 1, 2 and 3) and in Atlantic Forest remnants located in the vicinity of the PNI (chapter 4). Ticks were collected through flannel drag, visual search and inspection in humans who participated in scientific activities at the PNI. Our objectives were addressed in four chapters: (i) to verify if tick distribution over time is determined by the type of environment, by the vertebrate activity and to compare the structure and composition of vertebrate and tick communities between the Open Trails (TA) and Control Transects (TCs); (ii) check for any pattern of spatial distribution (at a local scale), questing height, leaf side of ticks; furthermore, to verify if the efficiency of the collection technique was influenced by height and developmental stage; (iii) describe the species, stages, seasonality, as well as anatomical site of the tick bite and analyze if there is a relationship between ticks that bite humans and those host questing in the environment; (iv) describe and compare the tick species in Atlantic Forest remnants (forest fragments) with those from PNI in Foz do Iguaçu and analyze correlations between metrics of the landscape with the abundance, density and richness of ticks. We observed that the number of vertebrate records ($n = 5,058$) was similar in TAs and TCs (49.6% and 50.4%, respectively) and the type of environment did not interfere with the activity of these animals. However, at the order level, carnivores and lagomorphs were more recorded in TAs and rodents in TCs. The number of ticks and stages did not differ between the types of environments, however, nymphs of *Amblyomma coelebs* were more abundant in TAs and nymphs and adults of *Amblyomma brasiliense* in TCs. Estimated species richness (Jackknife 1), dominance and equity were similar between TAs and TCs for all communities evaluated. The Shannon diversity of mammals was higher in the open trails and the beta diversity for all groups evaluated was similar between the two types of environments, showing high similarity in composition. Tick abundance did not increase with host activity. Regarding the spatial distribution of ticks on a local scale (chapter 2), a clustered spatial distribution pattern of nymphs was observed in winter and spring and adults followed this trend only in spring, while in summer the distribution was random. In general, nymphs and adults did not show a specific pattern of positioning in relation to the leaf side, but at the species level, *Amblyomma incisum* adults were recorded in greater numbers on the abaxial side. Generally, ticks (all together, nymphs and adults) on the abaxial side of the leaves were more detected through transillumination than those that on the adaxial side. The side of the leaf the tick was on was influenced by the ambush height, but not by the developmental stage. Regarding ticks on humans, *A. coelebs* was the species that bit humans the most despite not being the most abundant one in the environment; most ticks were found biting humans and the minority walking on skin and/or clothing. In this thesis, we also observed that the density, abundance, and richness of ticks was low in the Atlantic Forest remnants when compared to the PNI and that there was a negative relationship of these three variables with the distance from the PNI. In addition, nymphs of *A. ovale* were found only in fragments adjacent to residential areas. Our results showed that some taxa of vertebrates and ticks use the Atlantic Forest environment of the PNI differently, are grouped in space, that humans are more exposed to *A. coelebs* bites, there is a low density of ticks in forest fragments, especially in those furthest from the PNI and that *A. ovale* seems to be favored by some anthropic environments. Future works should investigate

in detail the habitat selection in the environment-tick-host relationship. Knowing these aspects in preserved areas helps in understanding the ecological patterns of communities and in preventing vector-borne diseases in the face of environmental changes.

Key-words: Landscape ecology; ectoparasite questing; Ixodidae; Atlantic Forest; human bite; habitat selection.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	18
DEFINIÇÃO DOS LOCAIS PARA COLETA DE CARRAPATOS.....	19
JUSTIFICATIVA E ORGANIZAÇÃO DA TESE	21
OBJETIVOS	22
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

CAPÍTULO 1 – INFLUÊNCIA DAS TRILHAS NAS COMUNIDADES DE VERTEBRADOS E DE CARRAPATOS EM UMA ÁREA PRESERVADA DE MATA ATLÂNTICA NO SUL DO BRASIL

34

1. INTRODUÇÃO.....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	38
2.2. AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DA COMUNIDADE DE VERTEBRADOS	40
2.3. COLETA E IDENTIFICAÇÃO DA COMUNIDADE DE CARRAPATOS	41
2.4. ANÁLISES DOS DADOS.....	41
3. RESULTADOS	44
3.1. VERTEBRADOS	44
3.2. CARRAPATOS.....	46
3.3. PARÂMETROS DAS COMUNIDADES: VERTEBRADOS E CARRAPATOS	50
4. DISCUSSÃO.....	53
4.1. USO DAS TRILHAS POR VERTEBRADOS.....	54
4.2. USO DAS TRILHAS POR CARRAPATOS.....	56
4.3. PARÂMETROS DE COMUNIDADES: VERTEBRADOS E CARRAPATOS	59
5. CONCLUSÃO	61
6. REFERÊNCIAS.....	62

CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SELEÇÃO DE HABITAT DOS CARRAPATOS (ACARI:IXODIDAE) EM COMPORTAMENTO DE ESPREITA EM UMA TRILHA USADA POR ANIMAIS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.....

72

1. INTRODUÇÃO.....	73
2. MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1 ANÁLISE DOS DADOS	77
3. RESULTADOS	78

3.1	PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	79
3.2	DISTÂNCIA ENTRE INDIVÍDUOS	85
3.2	SELEÇÃO DE HABITAT: ALTURA DE ESPREITA E LADO DA FOLHA	86
4.	DISCUSSÃO.....	92
5.	CONCLUSÕES	95
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

CAPÍTULO 3 – CARRAPATOS EM HUMANOS EM UM ECOSISTEMA PRESERVADO DE MATA ATLÂNTICA NO BRASIL: ESPÉCIES, ESTÁGIOS DE VIDA, LOCAL DE FIXAÇÃO E PADRÃO TEMPORAL DE INFESTAÇÃO.....	100
--	------------

CAPÍTULO 4 – IXODÍDEOS COLETADOS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS ADJACENTES	102
--	------------

1.	INTRODUÇÃO.....	103
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	105
2.1	ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE CARRAPATOS	105
2.2	ANÁLISE DOS DADOS DA PAISAGEM	107
2.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	109
3.	RESULTADOS.....	109
4.	DISCUSSÃO	118
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

CONCLUSÃO GERAL	126
-----------------------	-----

INTRODUÇÃO GERAL

DINÂMICA ESPACIAL DE CARRAPATOS (ACARI: IXODIDAE) NA BUSCA POR HOSPEDEIROS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS ADJACENTES COM NOTA SOBRE PARASITISMO HUMANO

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os parasitos possuem marcada influência na estruturação das comunidades biológicas, pois auxiliam na promoção da biodiversidade e atuam como bioindicadores da saúde de um ecossistema (Hudson et al., 2006; Hatcher et al., 2012). Muitas dessas relações possuem elevado grau de especificidade e alterações podem desencadear efeitos em cascata, incluindo a extinção de algumas espécies, favorecimento de outras e aumento na probabilidade de transmissão de patógenos (Schmidt & Ostfeld, 2001; Dunn et al., 2009; Levi et al., 2012; Hofmeester et al., 2017a). Esses desequilíbrios acabam potencializando as doenças transmitidas por vetores, que são um dos principais problemas de saúde pública (Ostfeld et al., 2006). Nesse contexto destacam-se os carrapatos (Acari: Ixodidae - Argasidae), importantes hospedeiros, vetores e amplificadores de várias bactérias, protozoários e vírus patogênicos (Jongejan & Uilenberg, 2004; Obenchain & Galun, 1982). Além da transmissão de patógenos, podem causar irritação, espoliação sanguínea e paralisia através de neurotoxinas salivares (Bowman & Sauer, 2004). Dentre os fatores que contribuem para sua grande importância médica e veterinária podemos citar o grande potencial reprodutivo e longevidade, amplo espectro de hospedeiros, hematofagia e a transmissão transovariana e transestadial de patógenos (Brito et al., 2006; Krawczak et al., 2016).

A emergência de enfermidades humanas causadas por carrapatos é muitas vezes associadas às alterações ecológicas como é o caso da doença de Lyme, amplamente disseminada pelos Estados Unidos e Europa Central, e a Febre Maculosa Brasileira, endêmica do Brasil (Ostfeld et al., 2006; Szabó et al., 2013). A doença de Lyme é causada pela picada dos carrapatos *Ixodes scapularis* e *Ixodes pacificus* (América do Norte) e *I. ricinus* (Europa) quando infectados pela bactéria *Borrelia burgdorferi* (Barbour & Fish, 1993; Ostfeld et al., 2006). O surgimento dessa enfermidade tem sido associado à expansão da população de veados, que são os hospedeiros primários dessas espécies de carrapatos (Barbour & Fish, 1993), e às mudanças na comunidade de predadores (Levi et al., 2012). Por outro lado, em um contexto ecológico que envolve as capivaras, os cães e os carrapatos *Amblyomma sculptum* e *A. aureolatum*, respectivamente, temos a ocorrência da Febre Maculosa Brasileira, causada pela bactéria *Rickettsia rickettsii* (Szabó et al., 2013). Essa doença, que possui letalidade em humanos elevada (de 30 a 60%), é reemergente e em expansão no Brasil, sendo reportada

sobretudo, na região Sudeste (Angerami et al., 2012). No entanto, recentemente, detectou-se no estado de Santa Catarina a ocorrência de uma doença causada por outra bactéria do grupo da febre maculosa (*Rickettsia* sp. cepa da Mata Atlântica) porém, não letal (Oliveira et al., 2015; Spolidorio et al., 2010). Notadamente, ambas as riquetsioses humanas que ocorrem no Brasil estão associadas, principalmente, a fragmentação florestal e a proximidade entre humanos, animais selvagens e domésticos (Barbieri et al., 2014; Krawczak et al., 2014; Szabó et al., 2013).

Segundo revisão de Nava et al. (2017) até o ano de 2015 foram registradas 931 espécies de carrapatos divididas em três famílias: Ixodidae (722 espécies), Argasidae (208 espécies), e Nuttalliellidae (uma espécie), sendo as duas primeiras cosmopolitas e a última monoespecífica, com distribuição restrita à África do Sul e Tanzânia (Keirans et al., 1976). Além dessas três famílias vivas, há uma extinta e também monoespecífica, denominada Deinocrotonidae (Peñalver et al., 2017). Cabe destacar que, espécies adicionais vêm sendo descritas, assim como muitas outras vem passando por revisões do status taxonômico nos últimos anos, de modo que o número total sofre constantes modificações.

Os carrapatos são ectoparasitos obrigatórios (hematófagos) não permanentes de vertebrados terrestres (Klompen et al., 1996; Nava et al., 2009). De forma feral, o ciclo de vida dos carrapatos varia de acordo com a espécie e pode estar associado à um, dois ou três hospedeiros, que podem ser os mesmos ou não. Além disso há uma marcada diferença morfológica e comportamental entre os carrapatos Ixodídeos e Argasídeos. Os carrapatos Ixodídeos, conhecidos como carrapatos duros, apresentam um escudo que cobre toda a parte dorsal nos machos, e nas fêmeas e ninfas, o escudo é reduzido. Esses carrapatos possuem um hipostômio apical e alimentação ocorre ao longo de vários dias (Obenchain & Galun, 1982; Sonenshine & Roe, 1993). O ciclo biológico dos Ixodídeos é constituído por quatro estágios: ovo, larva, ninfa e adultos. Detalhadamente, após a eclosão, as larvas se fixam em um hospedeiro se alimentam e caem no ambiente, onde ocorre a muda para o estágio ninfal. As ninfas procuram por outro hospedeiro se fixam (que pode ou não ser a mesma espécie), alimentam, caem no ambiente e sofrem ecdise, transformando-se em adultos. Os adultos, com acentuado dimorfismo sexual, por sua vez, repetem o processo de busca por um hospedeiro para alimentação e acasalamento; enquanto o macho se alimenta pouco e por repetidas vezes, a fêmea se alimenta apenas uma vez até o ingurgitamento completo. Após a cópula e ingurgitamento completo, a fêmea se desprende e deposita os ovos em um microambiente apropriado, em seguida morre. Os machos podem permanecer no hospedeiro se alimentando repetidamente e acasalando com diversas fêmeas (Sonenshine & Roe, 1993). Vale destacar

que a diferenciação de sexos ocorre apenas em adultos. No Brasil, a identificação das espécies dessa família dá-se primariamente pela observação de caracteres morfológicos das ninfas e dos adultos (Martins et al., 2010; Barros-Battesti et al., 2005).

Por outro lado, os carrapatos Argasídeos, devido às pequenas áreas dorsais esclerotizadas, são conhecidos como carrapatos moles (Obenchain & Galun, 1982; Sonenshine & Roe, 1993). Seu hipostômio é localizado anterior e ventralmente e se alimentam, com exceção das larvas, por curtos períodos (minutos a horas). A maioria dos representantes dessa família possui um ciclo de vida também de quatro estágios, mas diferentemente dos Ixodídeos, normalmente apresentam mais do que um estágio ninfal e os adultos, além de terem pouco dimorfismo sexual, não copulam sobre o hospedeiro (Hoogstraal, 1985). Além disso, os representantes dessa família estão associados a ambientes como tocas e ninhos, por isso são conhecidos como carrapatos nidícolas. A identificação das espécies dessa família, dá-se pela observação de caracteres morfológicos das larvas. Já a família Nuttalliellidae é representada por uma única espécie - *Nuttalliella namaqua* – que é considerada como basal, apresentando características derivadas e algumas compartilhadas dos Ixodidae e dos Argasidae (Latif et al., 2012).

Apesar dos carrapatos dependerem da alimentação sanguínea para completar o ciclo de vida, a fase parasitária corresponde a menos de um décimo do tempo de todo o ciclo de vida (Needham & Teel, 1991), ficando a maior parte do tempo sendo influenciada por fatores ambientais (Brito et al., 2006; Klompen et al., 1996). De forma geral, as comunidades de carrapatos são afetadas por fatores bióticos e abióticos, incluindo condições ambientais, climáticas e a disponibilidade dos hospedeiros. Fatores abióticos incluem aqueles relacionados a características do habitat, tais como cobertura do dossel (Ginsberg et al., 2020), configuração e qualidade da paisagem [conectividade (Heylen et al. 2019), tamanho da área (Allan et al., 2003)], serapilheira (Schulze et al., 1995; Linske et al., 2019; Jordan & Schulze, 2020) e condições ambientais em escala local (Pajuaba et al., 2018). Além disso, o clima é um fator abiótico importante para a sobrevivência dos carrapatos (Labruna, 2018; Luz et al., 2020), para o comportamento de espreita (Gilbert et al., 2014; Suzin et al., 2017) e para a regulação das atividades através da indução da diapausa (Belozarov, 1982).

Os carrapatos possuem baixa capacidade de dispersão ativa (Lane et al., 2014; Szabó et al., 2009), e para compensar essa característica dispõem de distintas estratégias de busca por hospedeiro. Tais estratégias possuem certa periodicidade e podem ser interrompidas por condições desfavoráveis (Sonenshine, 2002). Carrapatos nidícolas mantêm seu ciclo de vida no local de repouso do hospedeiro, enquanto que carrapatos não nidícolas procuram por seu

hospedeiro em áreas florestais, pastagens, solo, serapilheira e vegetação, onde podem ir ao encontro do hospedeiro (comportamento de ataque) ou esperá-los em locais de passagem (comportamento de espreita; e.g., trilhas de animais) (Heylen & Matthysen, 2009; Sonenshine & Roe, 1993). Quando em espreita, os carrapatos geralmente se posicionam nas extremidades das folhas que ficam direcionadas para as áreas de passagem dos hospedeiros, geralmente a menos de um metro do solo (Silva et al., 2008; Szabó et al., 2009). A altura de espreita depende tanto da umidade quanto do tamanho do hospedeiro (Mejlon & Jaenson, 1997; Sonenshine, 2002). Cabe ressaltar que algumas espécies têm estratégias bem definidas, enquanto que outras podem adotar diferentes estratégias, influenciadas pelo ambiente e características intrínsecas da espécie. Especificamente, para os carrapatos Ixodídeos, a busca do hospedeiro é maximizada devido a presença do órgão de Haller no primeiro par de patas. Esse órgão é constituído de estruturas sensíveis a estímulos químicos (CO₂ e amônia), vibrações e a temperatura do corpo do hospedeiro (Sonenshine, 2002).

Do ponto de vista biótico, hospedeiros tem um papel essencial na estruturação das comunidades de carrapatos, sobretudo, devido à sua dependência de sangue para alimentação e reprodução. Esses organismos podem se alimentar em diferentes hospedeiros durante seu ciclo de vida e de acordo com a espécie e o estágio de desenvolvimento podem exibir certa especificidade (Jongejan & Uilnenberg, 2004; Esser et al., 2016a). Em um amplo sentido, animais de pequeno porte (e.g., roedores) e passeriformes são parasitados por estágios imaturos, enquanto que animais de médio a grande porte são parasitados principalmente por carrapatos adultos (Barros-Battesti et al., 2006; Guglielmone et al., 2003; Ogrzewalska et al., 2012). Adicionalmente, características físicas, ecológicas e fisiológicas dos hospedeiros (e.g., sexo, idade, resistência, tamanho do corpo, área de vida, relação filogenética) são importantes para prever e explicar a variação nas assembleias de carrapatos (Ruiz-Fons et al., 2013; Jones et al., 2015; Esser et al., 2016b; Esser et al., 2019; Estrada-Peña et al., 2020). Por exemplo, existem evidências que espécies de hospedeiros de tamanho grande são mais parasitados por carrapatos adultos (Espinaze et al., 2015; Esser et al., 2016b). Ao mesmo tempo, esses animais têm maiores áreas de vida, o que aumenta as chances de contato com diferentes ambientes e consequentemente a dispersão dos carrapatos (Ruiz-Fons & Gilbert, 2010; Qviller et al., 2016). Mas por outro lado, tais hospedeiros possuem menor densidade no ambiente, o que pode torna-los menos disponíveis para os carrapatos em uma escala restrita. Outro fator importante é a resistência ao parasitismo (imunocompetência), dependente de exposições prévias (Jones et al., 2015). Além dessas características, na região Neotropical

hospedeiros filogeneticamente próximos compartilham o parasitismo por espécies de carrapatos com nichos ecológicos similares (Estrada-Peña et al., 2020).

Adicionando complexidade ao sistema carrapato-hospedeiro-ambiente, para compensar a baixa capacidade de dispersão ativa, os carrapatos possuem estratégias comportamentais para maximizar a busca por hospedeiros (Lane et al., 2014; Szabó et al., 2009). Enquanto que algumas espécies têm estratégias bem definidas, outras podem ampliar seu espectro comportamental, influenciadas por características intrínsecas (morfológicas) ou pelo ambiente. Por exemplo, os carrapatos Ixodídeos possuem o órgão de Haller no primeiro par de patas, que é constituído de estruturas sensíveis a estímulos químicos (CO₂ e amônia), vibrações e a temperatura do corpo do hospedeiro (Sonenshine & Roe, 1993). No que se refere ao comportamento relacionado às condições ambientais, podemos classificar os carrapatos como nidícolas e aqueles não nidícolas. Os carrapatos nidícolas mantêm seu ciclo de vida no local de repouso do hospedeiro, com o qual mantêm atividades coordenadas. Por outro lado, os carrapatos não nidícolas procuram por seu hospedeiro em pastagens, solo, serapilheira ou vegetação florestal, onde podem ir ao encontro do hospedeiro (comportamento de ataque) ou esperá-los em locais de passagem (comportamento de espreita; e.g., trilhas de animais) (Heylen & Matthysen, 2009; Sonenshine & Roe, 1993). Especificamente para o comportamento de espreita, esses organismos geralmente se posicionam nas extremidades das folhas voltadas para áreas de passagem dos hospedeiros (e.g., trilhas usadas por animais) normalmente a menos de um metro do solo (Silva et al., 2008; Szabó et al., 2009; Suzin et al., 2020). Trabalhos têm demonstrado que a altura de espreita parece estar associada à umidade e ao tamanho do hospedeiro (Mejlon & Jaenson, 1997; Sonenshine & Roe, 1993).

No Brasil, já foram descritas aproximadamente 76 espécies de carrapatos pertencentes às famílias Ixodidae e Argasidae (Muñoz-Leal et al., 2021; Dantas Torres et al., 2019; Onofrio et al., 2020). Dentro da família Ixodidae, *Amblyomma* é o gênero mais numeroso (Dantas-Torres et al., 2009; Nava et al., 2014) e também é o mais estudado, fato que se deve principalmente aos patógenos transmitidos ao homem. Embora as espécies estejam amplamente distribuídas em todos os biomas do território nacional, algumas possuem requerimentos ecológicos mais específicos, estando associadas a ambientes preservados, enquanto que outras foram favorecidas com ambientes extremamente alterados (Martins et al., 2014; Ogrzewalska et al., 2009; Szabó et al., 2009).

Apesar de sua notória importância, tanto na economia quanto na saúde pública, estudos sobre biologia básica dos carrapatos em vida livre e parasitando humanos ainda são bastantes incipientes frente ao potencial que essa área possui (Arzua 2007; Cançado, 2008;

Barbieri et al., 2015; Ogrzewalska et al. 2009; 2010; Ramos et al., 2014a; 2014b; 2017; Salvador et al., 2007; Silveira et al., 2013; Szabó et al., 2003; 2007; 2009). A relevância desse tema fica evidente se considerarmos a ascensão desses estudos nos últimos anos, inclusive no PNI, tanto do lado brasileiro quanto do lado argentino (Lamattina et al., 2018 a; b; Suzin et al. 2020; 2022; Magalhaes-Matos et al., 2017; 2022; Santos et al., 2020).

O Parque Nacional do Iguaçu

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI) (25° 05'a 25° 41'S e 53° 40' a 54° 38'W) é uma unidade de conservação de proteção integral localizada na região sudoeste do estado do Paraná, Brasil. O local possui uma superfície de 185.262,5 ha e perímetro de 420 Km e é composto principalmente por Floresta Atlântica (Estacional Semidecidual), e nas maiores altitudes (aproximadamente 700 m) há ocorrência de Floresta Ombrófila Mista. O Parque Nacional do Iguaçu foi criado em 1939 e juntamente com o vizinho *Parque Nacional del Iguazú*, na Argentina, representa uma das áreas protegidas mais importantes da Bacia do Rio da Prata. Esses dois parques fazem parte de um complexo turístico internacional que recebem milhares de turistas todos os anos, atraídos principalmente pela exuberância das “Cataratas do Iguaçu”.

O clima na região caracteriza-se como subtropical úmido com verões quentes e ausência de estação seca bem definida (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é de aproximadamente 1800 mm. No entanto, são comuns variações na precipitação devido a eventos de *El niño* (Di Bitteti et al., 2003). A temperatura média anual para a região é de 20,7 °C (Maack, 2012), com geadas comuns nos meses de inverno, sobretudo nas maiores altitudes. No verão, a temperatura chega a 40 °C. Na maior parte do ano a umidade relativa do ar é superior a 60%.

Geograficamente, o Parque Nacional do Iguaçu faz divisa com 14 municípios de pequeno tamanho (Capanema, Capitão Leônidas Marques, Santa Lúcia, Lindoeste, Santa Tereza do Oeste, Diamante do Oeste, Céu Azul, Matelândia, Ramilândia, Medianeira, Serranópolis do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu). A agricultura é principal atividade econômica desenvolvida nas adjacências do PNI. Biologicamente, o parque acomoda grande diversidade de flora e de fauna, incluindo espécies arbóreas protegidas, como o palmito-juçara (*Euterpe edulis*), peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), araucária (*Araucária angustifolia*) (Souza, 2015) e de vertebrados (e.g., *Panthera onca*, *Myrmecophaga tridactyla*, *Pteronura brasiliensis*, *Tayassu pecari*) que estão

ameaçadas no estado do Paraná (Xavier da Silva, 2018; Brocardo et al., 2019). Apesar da rica biodiversidade, dentro do PNI há a presença de espécies exóticas e domésticas, tanto vegetais quanto animais (e.g., *Tradescantia zebrina* - Castro et al., 2022; *Canis lupus familiaris* - observação pessoal; Brocardo et al., 2019).

Definição dos locais para coleta de carrapatos

Os carrapatos foram coletados tanto na porção do PNI pertencente ao município de Foz do Iguaçu (altitude aproximada de 200 m) quanto ao de Céu Azul (altitude aproximada de 700 m), tanto em vida livre quanto sobre hospedeiros humanos. A amostragem de carrapatos em vida livre ocorreu em uma trilha antiga (usada para pesquisa científica e educação ambiental) em oito trilhas recentes, abertas especificamente para esse estudo, e paralelos à essas últimas, em transectos controle do mesmo comprimento e sem abertura de trilhas. Além disso, coletamos carrapatos que estavam andando ou picando humanos. De forma específica, as amostragens ocorreram de forma mensal (capítulos 1 e 4), sazonal (capítulo 2 - inverno, primavera e verão) ou mensal/sazonal (capítulo 3 - inverno, primavera verão e outono). O capítulo 1 abrange carrapatos em espera por hospedeiro no ambiente e sua relação com potenciais hospedeiros, vertebrados (detectados com o uso de armadilha fotográfica) em trilhas e transectos controle na porção do PNI que pertence a Foz do Iguaçu. O capítulo 2 abrange a avaliação da dispersão espacial de carrapatos em uma trilha do PNI no município de Céu Azul. O capítulo 3 se refere à descrição do contato e parasitismo humano por carrapatos por um período de aproximadamente cinco anos ocorridos em vários locais do PNI. E por fim, o capítulo 4 descreve as espécies de carrapatos presentes em fragmentos florestais em Foz do Iguaçu, assim como a relação das características da paisagem nos resultados encontrados.

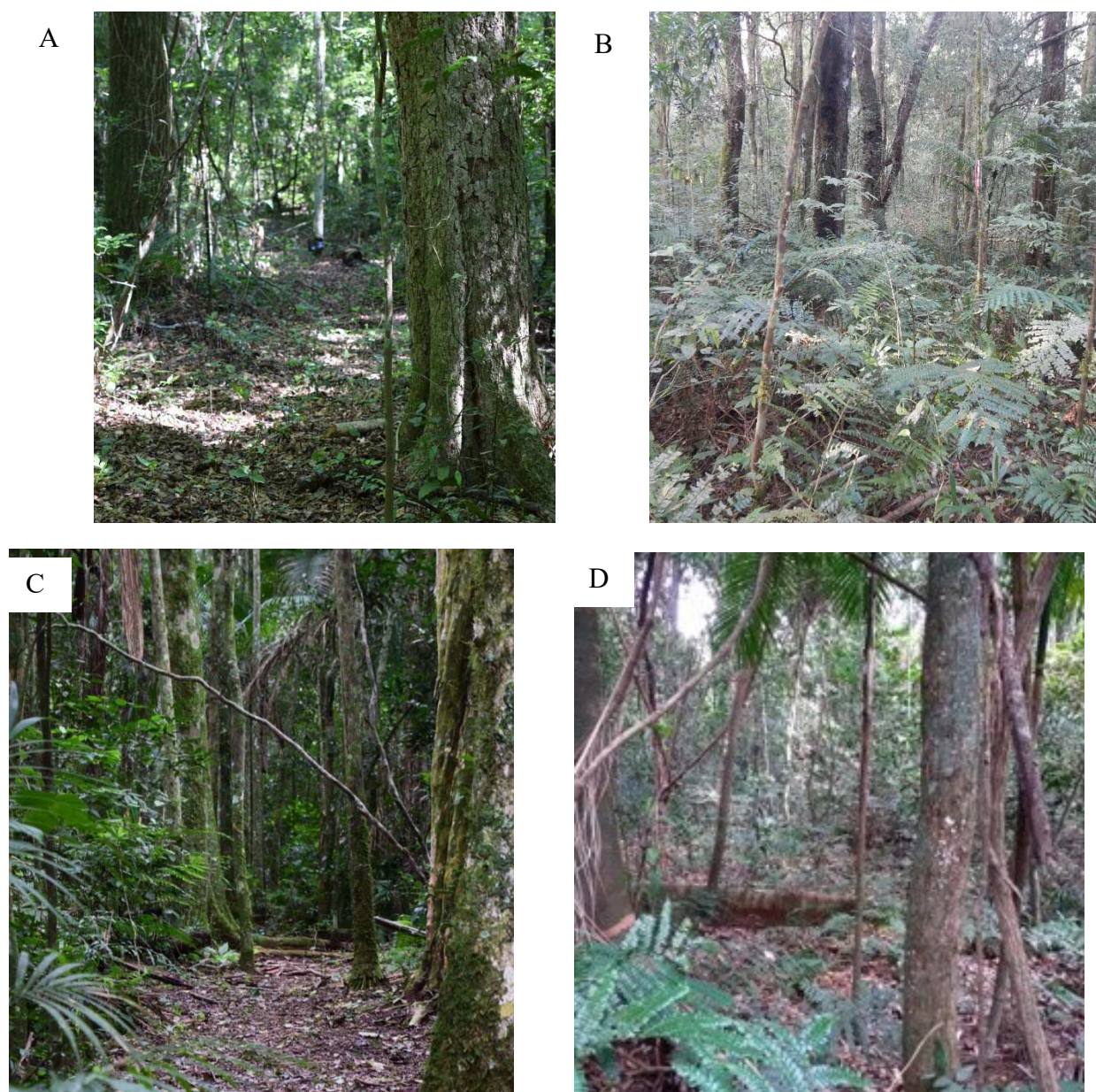


Figura 2. Exemplos dos locais de amostragem dos carrapatos no Parque Nacional do Iguaçu (PNI), Paraná. Trilha aberta (A); transectos controle ou não-trilhas (B), trilha antiga (C) e fragmento florestal próximo ao PNI (D) (Fotos: A. Suzin).

Tabela 1. Localização e características das trilhas abertas, trilhas controle, trilha antiga e fragmentos florestais utilizadas para coleta de carrapatos no Parque Nacional do Iguaçu e adjacências, entre 2015 e 2020. Legenda: T = Trilha; TA = Trilha aberta; TC = Transecto Controle; Frag. = Fragmento.

Local	Município	Cordenadas		Comprimento (m)	Características de uso
		Latitude (decimal)	Longitude (decimal)		
6 - T	Céu Azul	-25,154166	-53,843055	1200	Fins educacionais e turísticos

1-TA	Foz do Iguaçu	-25,621361	-54,468694	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
1-TC	Foz do Iguaçu	-25,622972	-54,468833		Trilha controle adjacente à trilha aberta
2-TA	Foz do Iguaçu	-25,625972	-54,463583	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
2-TC	Foz do Iguaçu	-25,627222	-54,463888		Trilha controle adjacente à trilha aberta
3-TA	Foz do Iguaçu	-25,627777	-54,457583	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
3-TC	Foz do Iguaçu	-25,627305	-54,457333		Trilha controle adjacente à trilha aberta
4-TA	Foz do Iguaçu	-25,620805	-54,447722	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
4-TC	Foz do Iguaçu	-25,620611	-54,447138		Trilha controle adjacente à trilha aberta
5-TA	Foz do Iguaçu	-25,633861	-54,457916	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
5-TC	Foz do Iguaçu	-25,634138	-54,457083		Trilha controle adjacente à trilha aberta
6-TA	Foz do Iguaçu	-25,635500	-54,446138	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
6-TC	Foz do Iguaçu	-25,635444	-54,446972		Trilha controle adjacente à trilha aberta
7-TA	Foz do Iguaçu	-25,647555	-54,435583	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
7-TC	Foz do Iguaçu	-25,648138	-54,435277		Trilha controle adjacente à trilha aberta
8-TA	Foz do Iguaçu	-25,643166	-54,434583	200	Trilha aberta especificamente para esse traba
8-TC	Foz do Iguaçu	-25,642638	-54,433500		Trilha controle adjacente à trilha aberta
Frag. 1	Santa Terezinha do Iguaçu	-25,485300	-54,467500	-	Fragmento florestal
Frag. 2	Santa Terezinha do Iguaçu	-25,484800	-54,476500	-	Fragmento florestal
Frag. 3	Foz do Iguaçu	-25,485600	-54,494500	-	Fragmento florestal
Frag. 4	Foz do Iguaçu	-25,497300	-54,499200	-	Fragmento florestal
Frag. 5	Foz do Iguaçu	-25,506000	-54,491700	-	Fragmento florestal
Frag. 6	Foz do Iguaçu	-25,515000	-54,513700	-	Fragmento florestal
Frag. 7	Foz do Iguaçu	-25,520000	-54,500400	-	Fragmento florestal
Frag. 8	Foz do Iguaçu	-25,524700	-54,506900	-	Fragmento florestal
Frag. 9	Foz do Iguaçu	-25,540200	-54,521500	-	Fragmento florestal
Frag. 10	Foz do Iguaçu	-25,554200	-54,516700	-	Fragmento florestal
Frag. 11	Foz do Iguaçu	-25,566200	-54,527400	-	Fragmento florestal
Frag. 12	Foz do Iguaçu	-25,561600	-54,535500	-	Fragmento florestal
Frag. 13	Foz do Iguaçu	-25,570000	-54,560600	-	Fragmento florestal
Frag. 14	Foz do Iguaçu	-25,579500	-54,530400	-	Fragmento florestal
Frag. 15	Foz do Iguaçu	-25,603900	-54,511400	-	Fragmento florestal
Frag. 16	Foz do Iguaçu	-25,596500	-54,472800	-	Fragmento florestal
Frag. 17	Foz do Iguaçu	-25,586300	-54,468800	-	Fragmento florestal

Justificativa e organização da tese

Locais preservados e pouco explorados pelo homem, abrigam grande diversidade de microorganismos e vetores. Nesses locais, microorganismos com potencial patogênico são mantidos por animais silvestres e seus ectoparasitos, ocorrendo uma relação equilibrada e com considerável especificidade entre espécies (Martins et al., 2014; Sponchiado et al., 2015). Essas áreas pristinas fornecem observações importantes para compreensão de aspectos ecológicos e epidemiológicos desses parasitos em seu contexto original. No entanto, alterações nessas comunidades podem afetar dramaticamente as relações ecológicas, alterar a especificidade carrapato-hospedeiro (Colwell et al., 2012; Jongejan & Uilenberg, 2004), afetando vários níveis tróficos, provocando inclusive extinções em cascata (Lafferty et al., 2008). Por outro lado, podem ocorrer aumentos populacionais de determinados hospedeiros que dependendo da sua capacidade como reservatório podem amplificar a ocorrência de determinados patógenos.

Embora a Mata Atlântica abrigue grande diversidade de fauna e de flora, possui apenas 7,8% da sua cobertura original (Di Bitetti et al., 2003). Nesse cenário, as fortes pressões antrópicas associadas ao oportunismo de algumas espécies, podem facilitar o estabelecimento de vetores, antes restritos a ambientes específicos (Martins et al., 2014; Ogrzewalska et al., 2009; Szabó et al., 2009). Como exemplo temos o carrapato *Amblyomma sculptum*, com ocorrência em áreas de Cerrado e de Mata Atlântica descaracterizadas de sua formação original (Martins et al., 2016; Veronez et al., 2010).

Portanto, a investigação de aspectos ecológicos e biológicos mostra-se imprescindível para compreender, além de questões básicas do ciclo de vida e suas variações espaciais e temporais, risco de exposição humana aos carrapatos e manutenção e transmissão de patógenos (Ostfeld et al., 2006). Compreender essas particularidades em ambientes preservados é fundamental para prever consequências de alterações ambientais, podendo inclusive subsidiar a elaboração de ações mitigadoras para prevenção de doenças emergentes.

Para facilitar a compreensão dos fatores levantados na problemática do trabalho, essa tese foi dividida em quatro capítulos. O capítulo 1 abordará questões relacionadas a ocorrência de carrapatos em vida livre, sobretudo aqueles em comportamento de espreita, em trilhas e em transectos controle; os aspectos abordados incluem: usos desses dois tipos de ambiente por animais vertebrados e por carrapatos e aspectos relacionados a abundância, riqueza e diversidade. O capítulo 2 tratará do padrão de distribuição espacial em escala local e da seleção de habitats dos carrapatos, assim como da eficiência da transiluminação para coleta desses ectoparasitos em uma trilha usada por animais. O terceiro capítulo abordará a exposição dos humanos às picadas de carrapatos durante um período não consecutivo de cinco anos. Por fim, o último capítulo verificará a abundância e espécies de carrapatos que ocorrem em fragmentos florestais em Foz do Iguaçu, compará-los com a encontrada no PNI e verificar se estão associadas com características da paisagem.

Objetivos

O objetivo geral desse trabalho foi descrever a distribuição espacial de carrapatos em espreita por hospedeiros (em trilhas antigas, recentes, transectos controle e em fragmentos florestais) e a utilização desse espaço por potenciais hospedeiros vertebrados no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. Mais especificamente objetiva-se:

Capítulo 1:

(i) Conhecer se em trilhas abertas há maior atividade de vertebrados e maior abundância de carrapatos do que nos transectos controle;

(ii) Conhecer se há um aumento na abundância de carrapatos e de vertebrados ao longo do tempo;

(iii) Conhecer se a densidade dos estágios e das espécies de carrapatos encontradas nas trilhas abertas e nos transectos controle (desse trabalho) são numericamente menores do que aquelas de trilhas antigas observada em um trabalho anterior (Suzin et al. 2020).

(iv) Conhecer se trilhas abertas apresentam maior riqueza e diversidade de espécies para as comunidades [todos os vertebrados juntos, mamíferos e aves (em separado) e carrapatos].

(v) Conhecer se há um *turnover* das comunidades (carrapatos e vertebrados) entre as trilhas e transectos controle.

(vi) Conhecer se a abundância dos carrapatos está positivamente associada com o índice de atividade dos vertebrados.

Capítulo 2:

(i) Verificar se há algum padrão de distribuição espacial (em escala local) dos carrapatos;

(ii) Verificar se há algum padrão de altura de espreita;

(iii) Verificar se há algum padrão em relação ao lado da folha que estavam;

(iv) Verificar se o lado da folha que estavam era influenciado pela altura de espreita e pelo estágio de desenvolvimento;

(v) Verificar se a eficiência da técnica de coleta foi influenciada pela altura e pelo estágio de desenvolvimento.

Capítulo 3:

(i) Conhecer se os carrapatos estão andando ou picando os humanos (no nível de estágio e espécie);

(ii) Conhecer o estágio e as espécies que mais pica os humanos;

(iii) Conhecer o local específico da picada (de acordo com estágio e espécie);

(iv) Conhecer se há um padrão temporal para as picadas;

(v) Conhecer a relação entre os carrapatos que picam humanos e aqueles encontrados no ambiente.

Capítulo 4:

- (i) Descrever as espécies de carrapatos presentes em remanescentes de Mata Atlântica (fragmentos florestais) em Foz do Iguaçu;
- (ii) Comparar a riqueza e densidade de espécies de carrapatos dos fragmentos florestais com aquelas do PNI;
- (iii) Verificar se há correlação entre métricas da paisagem com a abundância, densidade e riqueza de carrapatos.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan BF, Keesing F, Ostfeld RS. 2003. Effect of forest fragmentation on Lyme disease risk. *Conservation Biology*, 17:267-272.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Arzua M. 2007. Diversidade de carrapatos (Acari: Ixodidae) de remanescentes de floresta estacional semidecidual e de floresta ombrófila densa, no estado do Paraná. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná.
- Barbieri ARM, Filho JM, Nieri-Bastos FA, Souza Jr. JC, Szabó MPJ, Labruna MB. 2014. Epidemiology of *Rickettsia* sp. strain Atlantic rainforest in a spotted fever-endemic area of Southern Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 5, 848-853. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.07.010>.
- Barros-Battesti DMB, Arzua M, Bechara GH. 2006. Carrapatos de importância médica veterinária da região Neotropical: Um guia ilustrado para identificação de espécies. Vox/ICTTD-3/Butantan, São Paulo.
- Belozerov VN. 1982. Diapause and biological rhythms in ticks. In: Obenchain, FD, Galun, R. (Eds.), *Physiology of ticks*. Pergamon Press, Oxford, pp. 469-496. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-024937-7.50018-4>.
- Bowman AS, Sauer JR, 2004. Tick salivary glands: function, physiology and future. *Parasitology*, 129, S67-S81. <https://doi.org/10.1017/S0031182004006468>.
- Brito LG, Netto FGS, Oliveira MCS, Barbieri FS. 2006. Bio-ecologia, importância médico-veterinária e controle de carrapatos, com ênfase no carrapato dos bovinos, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Embrapa, Rondônia.
- Brocardo CR, Xavier da Silva M, Ferracioli P, Cândido Jr. JF, Bianconi GV, Moraes MFD, Galetti M, Passamani M, Policena A, dos Reis NR, Crawshaw Jr. P. 2019.

- Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. *Oecologia Australis* 23:165-190. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2302.01>.
- Cançado PHD. 2008. Carrapatos de animais silvestres e domésticos no Pantanal Sul Mato-grossense (Sub-região da Nhecolândia): espécies, hospedeiros e infestações em áreas com diferentes manejos. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Castro WA, Luz RC, Peres CK. 2022. Seasonality and forest edge as drivers of *Tradescantia zebrina* Hort. ex Bosse invasion in the Atlantic Forest. *Brazilian Journal of Biology*. vol. 82, e23840. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.238403>.
- Colwell RK, Dunn RR, Harris NC. 2012. Coextinction and persistence of dependent species in a changing world. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43, 183-203. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160304>.
- Dantas-Torres F, Martins TF, Muñoz-Leal S, Onofrio VC, Barros-Battesti DM. 2019. Ticks (Ixodida: Argasidae, Ixodidae) of Brazil: Updated species checklist and taxonomic keys. *Ticks and tick-borne diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.06.012>.
- Di Bitetti MS, Placi G, Dietz LA. 2003. Uma visão de biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. World Wildlife Fund, Washington.
- Dunn RR, Harris NC, Colwell RK, Koh LP, Sodhi NS. 2009. The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? *Proceedings of the Royal Society* 276:3037-3045. doi:10.1098/rspb.2009.0413.
- Espinaze MPA, Hellard E, Horak IG, Cumming GS. 2016. Analysis of large new South African dataset using two host-specificity indices shows generalism in both adult and larval ticks of mammals. *Parasitology*, 143:366-73. doi: 10.1017/S0031182015001730. Epub 2015 Dec 22.
- Esser HJ, Herre EA, Blüthgen N, Loaiza JE, Bermúdez SE, Jansen PA. 2016a. Host specificity in a diverse Neotropical tick community: An assessment using quantitative network analysis and host phylogeny. *Parasites & Vectors* 9:372. DOI:10.1186/s13071-016-1655-6.
- Esser HJ, Herre EA, Kays R, Lierfting Y, Jansen PA. 2019b. Local host-tick coextinction in neotropical forest fragments. *International Journal for Parasitology* 49:225-233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.08.008>.

- Estrada-Peña A, Nava S, Tarragona E, De la Fuente J, Guglielmone AA. 2020. A community approach to the neotropical ticks-hosts interactions. Scientific Reports, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66400-3>.
- Gilbert L. 2010. Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases? *Oecologia* 162:217-225. doi:10.1007/s00442-009-1430-x.
- Gilbert LG, Aungier J, Tomkins JL. 2014. Climate of origin affects tick (*Ixodes ricinus*) host-seeking behavior in response to temperature: implications for resilience to climate change? *Ecology and Evolution* 4:1186-1198. doi:10.1002/ece3.1014.
- Ginsberg HS, Rulison EL, Miller JL, Pang G, Arsnøe IS, Hickling GJ, Ogden NH, LeBrun RA, Tsao JI. 2019. Local abundance of *Ixodes scapularis* in forests: Effects of environmental moisture, vegetation characteristics, and host abundance. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101271>.
- Guglielmone AA, Estrada-Peña A, Mangold AJ, Barros-Battesti DM, Labruna MB, Martins JR, Venzal JM, Arzua M, Keirans JE. 2003. *Amblyomma aureolatum* (Pallas, 1772) and *Amblyomma ovale* Koch, 1844 (Acari: Ixodidae): hosts, distribution and 16S rDNA sequences. *Veterinary Parasitology*, 113, 273-288. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(03\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(03)00083-9).
- Hatcher MJ, Dick JTA, Dunn AM. 2012. Diverse effects of parasites in ecosystems: linking interdependent processes. *Frontiers Ecology Environment* 10:186-194. doi:10.1890/110016.
- Heylen D, Lasters R, Adriaensen F, Fonville M, Sprong H, Matthysen E. 2019. Ticks and tick-borne diseases in the city: Role of landscape connectivity and green space characteristics in a metropolitan area. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.235>.
- Heylen DJA, Matthysen E. 2009. Contrasting detachment strategies in two congeneric ticks (Ixodidae) parasitizing the same songbird. *Parasitology*, 137, 661-667. <https://doi.org/10.1017/S0031182009991582>.
- Hofmeester TR, Jansen PA, Wijnen HJ, Coipan EC, Fonville M, Prins HHT, Sprong H, van Wieren SE. 2017a. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences*. doi.org/10.1098/rspb.2017.0453.

- Hofmeester TR, Rowcliffe JM, Jansen PA. 2017b. Quantifying the availability of vertebrate hosts to ticks: a camera-trapping approach. *Frontiers in Veterinary Science* 4, 115. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00115>.
- Hoogstraal H. 1985. Argasid and Nuttalliellid ticks as parasites and vectors. *Advances in Parasitology*, 24, 135-238. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60563-1](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60563-1).
- Hudson PJ, Dobson A, Lafferty KD. 2006. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology and Evolution* 21:381-385. DOI:10.1016/j.tree.2006.04.007.
- Jones CR, Brunner JL, Scoles GA, Owen JP. 2015. Factors affecting larval tick feeding success: host, density and time. *Parasites & Vectors*, DOI:10.1186/s13071-015-0955-6.
- Jongejan F, Uilenberg G. 2004. The global importance of ticks. *Parasitology*, 129, S3–S14. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005967>.
- Jordan RA, Schulze TL. 2020. Artificial Accumulation of leaf litter in forest edges on residential properties via leaf blowing is associated with increased numbers of host-seeking *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Journal of Medical Entomology*. doi: 10.1093/jme/tjaa033.
- Keirans JE, Clifford CM, Hoogstraal H, Easton ER. 1976. Discovery of *Nuttalliella namaqua* Bedford (Acarina: Ixodoidea: Nuttalliellidae) in Tanzania and redescription of the female based on scanning electronmicroscopy. *Annals Entomological Society of America*, 69, 926-32. <https://doi.org/10.1093/aesa/69.5.926>.
- Klompen JSH, Black WC, Keirans JE, Oliver JH. 1996. Evolution of ticks. *Annual Reviews Entomology*, 41, 141-161. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001041>.
- Krawczak FS, Agostinho WC, Polo G, Moraes-Filho J, Labruna MB. 2016. Comparative valuation of *Amblyomma ovale* ticks infected and noninfected by *Rickettsia* sp. strain Atlantic rainforest, the agent of an emerging rickettsiosis in Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 7, 502-507. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.02.007>.
- Krawczak FS, Nieri-Bastos FA, Nunes FP, Sares JF, Moraes-Filho J, Labruna MB. 2014. Rickettsial infection in *Amblyomma cajennense* ticks and capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in a Brazilian spotted fever-endemic area. *Parasites & Vectors*, 5, 1-7. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-7>.
- Labruna MB. 2018. Comparative survival of the engorged stages of *Amblyomma cajennense* sensu stricto and *Amblyomma sculptum* under different laboratory conditions. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, v. 9, p. 1.

- Lafferty KD, Allesina S, Arim M, Briggs CJ, De Leo G, Dobson APD, Dunne JA, Johnson PTJ, Kuris AM, Marcogliese DJ, Martinez ND, Memmott J, Marquet PA, McLaughlin JP, Mordecai EA, Pascual M, Poulin R, Thielctges DW. 2008. Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters*, 11, 533-546. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01174.x>.
- Lamattina D, Venzal JM, Costa SA, Arrabal JP, Flores S, Berrozpe PE, GonzálezAcuña D, Guglielmone AA, Nava. 2018. Ecological characterization of a tick community across a landscape gradient exhibiting differential anthropogenic disturbance in the Atlantic Forest ecoregion in Argentina. *Medical and Veterinary Entomology* 32:271-281. <https://doi.org/10.1111/mve.12295>.
- Lamattina D, Tarragona EL, Nava S. 2018. Molecular detection of the human pathogen *Rickettsia parkeri* strain Atlantic rainforest in *Amblyomma ovale* ticks in Argentina. *Ticks Tick Borne Dis* 9, 1261–1263. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.05.007>
- Lane RS, Mun J, Stubbs HA. 2014. Horizontal and vertical movements of host-seeking *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) nymphs in a hardwood forest. *Journal of Vector Ecology*, 34, 252-266. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2009.00034.x>.
- Latif AA, Putterill JF, Klerk DG, Pienaar R, Mans BJ. 2012. *Nuttalliella namaqua* (Ixodoidea: Nuttalliellidae): first description of the male, immature stages and re-description of the female. *PloSOne*, 7, 1-9, e41651.
- Levi T, Kilpatrick AM, Mangel M, Wilmers CC. 2012. Deer, predators, and the emergence of Lyme disease. *PNAS* 109:10942-10947. <https://doi.org/10.1073/pnas.1204536109>.
- Linske MA, Stafford KC, Williams SC, Lubelczyk CB, Welch M, Henderson EF. 2019. Impacts of Deciduous Leaf Litter and Snow Presence on Nymphal *Ixodes Scapularis* Overwintering Survival in Coastal New England, USA. *Insects*.10(8): 227.
- Luz, HR, Ramírez-Hernández A, Benatti, HR, Ramirez, DG, Szabó, MPJ, Labruna, MB. 2020. Comparative survival of the engorged stages of *Amblyomma dubitatum* and *Amblyomma sculptum* in the laboratory: Implications for Brazilian spotted fever epidemiology. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, v. 11, p. 101360, 2020.
- Maack R. 2012. Geografia física do estado do Paraná. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- Magalhaes-Matos PC, Araújo IM, Valim JRA, Ogrzewalska M, Guterres A, Cordeiro MD, Cepeda MB, Fonseca AH. 2022. Detection of *Rickettsia* spp. in ring-tailed coatis (*Nasua nasua*) and ticks of the Iguaçu National Park, Brazilian Atlantic Rainforest. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101891>.

- Magalhães-Matos PC, Moraes MFD, Valim JRA, Castro GNS, Santos PN, Manier BSML, Fonseca AH. 2017. Ticks (Acari: Ixodidae) and lice (Phthiraptera: Trichodectidae) infesting freelifving coatis (*Nasua nasua* Linnaeus, 1766) with sylvatic and synanthropic habits in the Atlantic rainforest of Southern Brazil. *Systematic and Applied Acarology*, 22(6):779-784.
- Martins TF, Barbieri ARM, Costa FB, Terassini FA, Camargo LMA, Peterka CRL, Pacheco RC, Dias RA, Nunes PH, Marcili A, Alessandra Scofield A, Campos AK, Horta MC, Guilloux AGA, Benatti HR, Ramirez DG, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2016. Geographical distribution of *Amblyomma cajennense* (sensu lato) ticks (Parasitiformes: Ixodidae) in Brazil, with description of the nymph of *A. cajennense* (sensu stricto). *Parasites & Vectors*, 31, 9:186.
- Martins TF, Onofrio VC, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2010. Nymphs of the genus *Amblyomma* (Acari: Ixodidae) of Brazil: descriptions, redescrptions, and identification key. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 1, 75-99. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2010.03.002>.
- Martins TF, Venzal JM, Terassini FA, Costa FB, Marcili A, Camargo LM, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2014. New tick records from the state of Rondônia, western Amazon, Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 62, 121-128. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9724-4>.
- Mejlon HA, Jaenson TGT. 1997. Questing behaviour of *Ixodes ricinus* ticks (Acari: Ixodidae). *Experimental & Applied Acarology*, 21, 747-757. <https://doi.org/10.1023/A:1018421105231>.
- Munoz-Leal S, Venzal JM, Jorge FR, Teixeira BM, Labruna MB. 2021. A new species of soft tick from dry tropical forests of Brazilian Caatinga. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101748>.
- Nava S, Venzal JM, González-Acuña D, Martins TF, Guglielmone AA. 2017. Ticks of the Southern Cone of America: Diagnosis, distributions, and hosts with taxonomy, ecology and sanitary importance. Academic Press, United Kingdom.
- Nava S, Beati L, Labruna MB, Cáceres AG, Mangold AJ, Guglielmone AA. 2014. Reassessment of the taxonomic status of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) with the description of three new species, *Amblyomma tonelliae* n. sp., *Amblyomma interandinum* n. sp. and *Amblyomma patinoi* n. sp., and reinstatement of *Amblyomma mixtum* Koch, 1844, and *Amblyomma sculptum* Berlese, 1888 (Ixodida: Ixodidae). *Ticks and Tick-borne Diseases*, 5, 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.11.004>.

- Nava S, Guglielmone AA, Mangold AJ. 2009. An overview of systematics and evolution of ticks. *Frontiers in Bioscience*, 14, 2857-2877. <https://doi.org/10.2741/3418>.
- Needham GR, Teel PD. 1991. Off-host physiological ecology of Ixodid ticks. *Annual Review Entomology*, 36, 659-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.003303>.
- Obenchain FD, Galun R. 1982. *Physiology of ticks*. Oxford, New York.
- Ogrzewalska M, Pacheco RC, Uezu A, Richtzenhain LJ, Ferreira F, Labruna MB. 2009. Ticks (Acari: Ixodidae) infesting birds in an Atlantic Rain Forest region of Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 46, 1225-1229. <https://doi.org/10.1603/033.046.0534>.
- Ogrzewalska M, Saraiva DG, Moraes-Filho JM, Martins TF, Costa FB, Pinter A, Labruna MB. 2012. Epidemiology of brazilian spotted fever in the Atlantic Forest, state of São Paulo, Brazil. *Parasitology*, 139, 1283-1300. <https://doi.org/10.1017/S0031182012000546>.
- Ogrzewalska M, Uezu A, Labruna MB. 2010. Ticks (Acari: Ixodidae) infesting wild birds in the eastern Amazon, northern Brazil, with notes on rickettsial infection in ticks. *Parasitology Research*, 106.4, 809-816. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1733-1>.
- Onofrio VC, Guglielmone AA, Barros-Battesti DM, Gianizell SL, Marcili A, Quadros R M, Marques S, Labruna, MB. 2020. Description of a new species of *Ixodes* (Acari: Ixodidae) and first report of *Ixodes lasallei* and *Ixodes bocatorensis* in Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases*.
- Ostfeld RS, Canham CD, Oggenfuss K, Winchcombe RJ, Keesing F. 2006. Climate, deer, rodents and acorns as determinants of variation in Lyme-disease risk. *Plos Biology*, 4, 1058-1068. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040145>.
- Pajuaba Neto AA, Ramos VN, Martins MM, Osava CF, Pascoal JO, Suzin A, Yokosawa J, Szabó MPJ. 2018. Influence of microhabitat use and behavior of *Amblyomma sculptum* and *Amblyomma dubitatum* nymphs (Acari: ixodidae) on human risk for tick exposure, with notes on *Rickettsia* infection. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 9:67-71. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.10.007>.
- Peñalver H, Arillo A, Delclòs X, Peris D, Grimaldi DA, Anderson SR, Nascimbene PC, Fuente RP. 2017. Parasitised feathered dinosaurs as revealed by Cretaceous amber assemblages. *Nature Communications*, doi: 10.1038/s41467-017-01550-z. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01550-z>.

- Qviller L, Viljugrein H, Loe LE, Meisingset EL, Mysterud A. The influence of red deer space use on the distribution of *Ixodes ricinus* ticks in the landscape. *Parasites & Vectors*, DOI 10.1186/s13071-016-1825-6.
- Ramos VN, Osava CF, Piovezan U, Szabó MPJ. 2017. Ambush behavior of the tick *Amblyomma sculptum* (*Amblyomma cajennense* complex) (Acari: Ixodidae) in the Brazilian Pantanal. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 8, 506-510. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.02.011>.
- Ramos VN, Osava CF, Piovezan U, Szabó MP. 2014a. Ticks on humans in the Pantanal wetlands, Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 5, 497-499. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.03.004>.
- Ramos VN, Osava CF, Piovezan U, Szabó MPJ. 2014b. Complementary data on four methods for sampling free-living ticks in the Brazilian Pantanal. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23, 516-521. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014091>.
- Ruiz-Fons F, Acevedo P, Sobrino R, Vicente J, Fierro Y, Fernández-de-Mera IG. 2013. Sex-biased differences in the effects of host individual, host population and environmental traits driving tick parasitism in red deer. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. doi: 10.3389/fcimb.2013.00023.
- Ruiz-Fons F, Gilbert L. 2010. The role of deer as vehicles to move ticks, *Ixodes ricinus*, between contrasting habitats. *International Journal for Parasitology* 40:1013-1020. doi:10.1016/j.ijpara.2010.02.006.
- Salvador CH, Carvalho-Pinto C, Carvalho R, Graipel ME, Simões-Lopes PC. 2007. Interação parasito-hospedeiro entre ectoparasitos (Ixodida & Siphonaptera) e gambás *Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826 (Mammalia: Didelphimorphia), no continente e em ilhas do litoral de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Biotemas*, 20, 81-90.
- Santos CA, Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Barbieri ARM, Labruna MB, Szabo MPJ, Yokosawa J. 2020. Molecular detection of a *Borrelia* sp. in nymphs of *Amblyomma brasiliense* ticks (Acari: Ixodidae) from Iguaçu national park, Brazil, related to *Borrelia* from Ethiopia and Cote d'Ivoire. *Ticks Tick Borne Dis*. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101519>.
- Schulze TL, Jordan RA, Hung RW. 1995. Suppression of subadult *Ixodes scapularis* following removal of leaf litter. *J. Med. Entomol.* 32, 730–733.
- Schmidt KA, Ostfeld RS. 2001. Biodiversity and the dilution effect in disease ecology. Vol. 82 (3), 609-619.

- Silva BSF, Terassini FA, Coragem JT, Camargo LMA, Labruna MB. 2008. Observação e caracterização da altura de carrapatos em arbustos do Parque Natural Municipal de Porto Velho, Amazônia Ocidental-RO. *Saber Científico*, 1, 118-131.
- Silveira AK, Fonseca AH. 2013. Distribuição, diversidade e sazonalidade de carrapatos em ambientes institucionais com diferentes graus de intervenção humana no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 35, 1-12.
- Sonenshine DE, Roe RM. 1993. *Biology of ticks*. Oxford University Press, New York.
- Souza RF. 2015. Fitossociologia e dinâmica da vegetação arbórea no Parque Nacional do Iguaçu, tese de doutorado no programa de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Disponível em: [tps://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39891/R%20-%20T%20-%20RONAN%20FELIPE%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39891/R%20-%20T%20-%20RONAN%20FELIPE%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 14 de março de 2022.
- Sponchiado J, Melo GL, Martins TF, Krawczak FS, Labruna MB, Cáceres N. 2015. Association patterns of ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae, Argasidae) of small mammals in Cerrado fragments, western Brazil. *Experimental and Applied Acarology* 65:389-401. DOI: 10.1007/s10493-014-9877-9.
- Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Barbieri ARM, Labruna MB, Szabó MPJ. 2020. Free-living ticks (Acari: Ixodidae) in the Iguaçu National Park, Brazil: Temporal dynamics and questing behavior on vegetation. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 11:101471. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101471>.
- Suzin A, Xavier da Silva M, Tognolli MH, Vogliotti A, Adami SF, Moraes MFD, Nunes PH, Szabo MPJ. 2022. Ticks on humans in an Atlantic rainforest preserved ecosystem in Brazil: Species, life stages, attachment sites, and temporal pattern of infestation. *Ticks and Tick-borne Diseases* 13 (2022) 101862.
- Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Szabó MPJ. 2017. Comportamento de espera de carrapatos aumentam em dias mais quentes dentro de uma reserva de Mata Atlântica no Sul do Brasil. In: Soares, C.E., Toreza-Silingardi, M.H. (Eds.), *Temas atuais em ecologia comportamental e interações*. Composer, Uberlândia, pp. 165-177.
- Szabó MPJ, Castro MB, Ramos HGC, Garcia MV, Castagnolli KV, Pinter A, Veronez VA, Magalhães GM, Duarte JMB, Labruna MB. 2007. Species diversity and seasonality of free-living ticks (Acari: Ixodidae) in the natural habitat of wild marsh deer (*Blastocerus dichotomus*) in Southeastern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 143, 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.08.009>.

- Szabó MPJ, Labruna MB, Garcia MV, Pinter A, Castagnolli KC, Pacheco RC, Castro MB, Veronez VA, Magalhães GM, Vogliotti A, Duarte JMB. 2009. Ecological aspects of free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails in an Atlantic Rainforest of Southeastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 103, 57-72. <https://doi.org/10.1179/136485909X384956>.
- Szabó MPJ, Labruna MB, Pereira MC, Duarte JMB. 2003. Ticks (Acari: Ixodidae) on wild marsh-deer (*Blastocerus dichotomus*) from Southeast Brazil: Infestations before and after habitat loss. *Journal of Medical Entomology*, 40, 268-274. <https://doi.org/10.1093/jmedent/40.3.268>.
- Szabó MPJ, Pinter A, Labruna MB. 2013. Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. *Frontiers Cellular and Infection Microbiology*, 3, 30-38. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00027>.
- Veronez VA, Freitas BZ, Olegário MMM, Carvalho WM, Pascoli GVT, Thorga K, Garcia MV, Szabó MPJ. 2010. Ticks (Acari: Ixodidae) within various phytophysiognomies of a Cerrado reserve in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 50, 169-179. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9294-7>.
- Xavier da Silva M, Paviolo A, Tambosi LR, Pardini R. 2018. Effectiveness of protected areas for biodiversity conservation: Mammal occupancy patterns in the Iguaçu National Park, Brazil. *Journal for Nature Conservation* 41:51-62. DOI:10.1016/j.jnc.2017.11.001.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DE TRILHAS NAS COMUNIDADES DE VERTEBRADOS E DE CARRAPATOS EM UMA ÁREA PRESERVADA DE MATA ATLÂNTICA NO SUL DO BRASIL



Influência de trilhas nas comunidades de vertebrados e de carrapatos em uma área preservada de Mata Atlântica no Sul do Brasil

Resumo: Estudamos comunidades de vertebrados e carrapatos em dois tipos de ambiente [trilhas abertas (TA) e transectos controle (TC)] em uma área de Mata Atlântica preservada, o Parque Nacional do Iguaçu (PNI), entre março de 2019 e janeiro de 2020. Nosso objetivo foi verificar se ao longo do tempo a distribuição dos carrapatos é determinada pelo tipo de ambiente, pela atividade dos vertebrados e comparar a estrutura e composição das comunidades de vertebrados e de carrapatos entre as TAs e os TCs. Os vertebrados foram monitorados através de armadilhas fotográficas e os carrapatos coletados através de arraste de flanela. O número de registros de vertebrados ($n = 5.058$) foi similar nas TAs e TCs (49,6% e 50,4%, respectivamente) e o tipo de ambiente não interferiu na atividade desses animais. No entanto, no nível de ordem, os carnívoros e os lagomorfos foram mais registrados nas TAs e os roedores nos TCs. O número de carrapatos e os estágios não diferiram entre os tipos de ambiente, no entanto, ninfas de *Amblyomma coelebs* foram mais abundantes nas TAs e ninfas e adultos de *Amblyomma brasiliense* nos TCs. A riqueza estimada de espécies (Jackknife 1), dominância e equidade foram semelhantes entre TAs e TCs para todas as comunidades avaliadas. A diversidade de Shannon dos mamíferos foi maior nas trilhas abertas e a diversidade beta para todos os grupos avaliados foi similar entre os dois tipos de ambiente, exibindo elevada similaridade na composição. A abundância dos carrapatos não aumentou com a atividade dos hospedeiros. Nossos resultados indicam que alguns táxons de vertebrados e de carrapatos usam de forma diferenciada o ambiente da Mata Atlântica e futuros trabalhos devem investigar em detalhes a seleção de habitat na relação ambiente-carrapato-hospedeiro. Conhecer esses aspectos em áreas preservadas auxilia no entendimento sobre padrões ecológicos das comunidades e na prevenção de doenças transmitidas por vetores frente a alterações ambientais.

Palavras-chave: Seleção de habitat; armadilhas fotográficas; floresta tropical; hospedeiros; Ixodidae.

1. INTRODUÇÃO

Florestas tropicais são extremamente diversas e capazes de abrigar uma ampla variedade de grupos tróficos. Essa diversidade tem papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas terrestres, incluindo a polinização, dispersão de sementes, herbivoria, predação e a decomposição e ciclagem de nutrientes (Corlett et al., 2014). Nessa área de conhecimento parasitos são menos estudados que os outros grupos, mas têm forte influência na estruturação das comunidades biológicas, pois auxiliam na promoção da biodiversidade e atuam como bioindicadores da saúde de um ecossistema (Hudson et al., 2006; Hatcher et al., 2012). Muitas das relações hospedeiro vertebrado-parasito são localmente espécie-específicas e alterações

nas comunidades podem causar efeitos em cascata, incluindo extinção de espécies e/ou aumento na probabilidade de transmissão de patógenos (Schmidt & Ostfeld, 2001; Dunn et al., 2009; Levi et al., 2012; Hofmeester et al., 2017a). Portanto, modificações nos ecossistemas podem alterar não só as comunidades de hospedeiros vertebrados, mas também as de vetores e patógenos transmissíveis.

Os carrapatos Ixodídeos são ectoparasitos que se alimentam em uma ampla variedade de vertebrados terrestres e são notadamente conhecidos por sua importância médica e econômica. Esses organismos são afetados por fatores bióticos e abióticos, incluindo condições ambientais, climáticas e a disponibilidade dos hospedeiros. Fatores abióticos incluem aqueles relacionados a características do habitat [e.g., cobertura do dossel, serapilheira, clima (Gilbert et al., 2014; Ginsberg et al., 2020; Jordan & Schulze, 2020)] e ao fotoperíodo, responsável pela indução da diapausa (Belozero 1982). Por outro lado, além de serem fontes de alimentação, reprodução e dispersão, os hospedeiros possuem certas características físicas, ecológicas e fisiológicas (e.g., sexo, idade, resistência, tamanho do corpo, área de vida, relação filogenética, comportamento) que são importantes para prever e explicar a variação nas comunidades de carrapatos (Ruiz-Fons et al., 2013; Jones et al., 2015; Esser et al., 2016b; Esser et al., 2019; Estrada-Peña et al., 2020). De fato, carrapatos exibem um certo grau de especificidade por hospedeiros, que varia de acordo com a espécie e o estágio de desenvolvimento (Jongejan & Uilenberg, 2004; Esser et al., 2016a). Somado a isso esses ectoparasitos possuem algumas estruturas morfológicas que permitem o reconhecimento de estímulos e substâncias. Tais caracteres auxiliam nas estratégias comportamentais que maximizam o encontro de hospedeiros. Por exemplo, carrapatos nidícolas mantêm seu ciclo de vida em tocas e ninhos enquanto os não nidícolas procuraram por seu hospedeiro dispersos em áreas de pastagens, solo, serrapilheira e vegetação. Nessas condições podem ir ao encontro do hospedeiro (comportamento de ataque), e/ou esperá-los em locais de passagem [comportamento de espreita (e.g., vegetação em trilhas utilizadas por animais); Sonenshine & Roe 1993].

Estudos relacionados às associações diretas entre hospedeiros e carrapatos são focados principalmente na captura de animais de pequeno porte ou em amostragens incompletas de animais grandes [e.g., atropelados, resgate de fauna (Szabó et al., 2003; 2019; Sponchiado et al., 2015; Gomes de Sá et al., 2018; Luz et al., 2018)]. No entanto, recentemente alguns trabalhos têm quantificado de forma indireta (e.g., fezes, armadilhas fotográficas) o uso de determinados locais por potenciais hospedeiros (Szabó et al., 2009; Ruiz-Fons & Gilbert 2010; Hofmeester et al., 2017b; 2017c; Domínguez et al., 2019; Esser et al., 2019).

Especialmente as armadilhas fotográficas podem fornecer informações valiosas sobre densidade, atividade e diversidade de vertebrados, sendo, portanto, um preditor para associações com comunidades de carrapatos, sobretudo os de espreita.

Os vertebrados parecem selecionar certos tipos de habitats para desempenhar suas atividades. Por exemplo, várias espécies de mamíferos possuem uma predisposição para usarem locais específicos para locomoção, geralmente trilhas naturais (criadas pelos próprios animais) ou criadas pelo homem (Weckel et al., 2006). Por outro lado, algumas espécies parecem evitar esses locais, possivelmente para diminuir os riscos de predação e maximizar o forrageio (Di Bitetti et al., 2010; Melo et al., 2013; Ribeiro & Vieira 2016). Os estudos que apontam a seleção de habitat por carrapatos em comportamento de espreita ainda são incipientes (Pajuaba et al., 2018; MacDonald, 2018). Muitos dos trabalhos foram executados em trilhas utilizadas por animais e humanos pela facilidade de deslocamento em meio à vegetação densa (Szabó et al., 2009; Terassini et al., 2010; Suzin et al., 2020) e pela premissa que tais locais são mais atrativos para vertebrados (Tobler et al., 2008; Foster & Harmsen, 2012) e consequentemente para os carrapatos. Contudo, apesar da grande quantidade de inventários de animais vertebrados e de carrapatos em comportamento de espreita, poucos têm feito associações entre essas duas comunidades (Szabó et al., 2009; Hofmeester et al., 2017b; 2017c; Esser et al., 2019; Takumi et al., 2019) ou testado a hipótese de que a abundância de carrapatos é maior em trilhas do que em locais controle (Raši et al., 2018). Dessa forma, é importante conhecer se a distribuição dos carrapatos é determinada por trilhas, pela atividade dos vertebrados ou ambos. Essa informação apontará possível viés de coleta do parasito quando centrado sobre trilhas abertas e sobre considerações epidemiológicas em especial zoonoses transmitidas por carrapatos.

Nesse trabalho avaliamos parâmetros das comunidades de vertebrados e de carrapatos em trilhas abertas e transectos controle no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, tendo sete hipóteses: (i) Em trilhas abertas haverá maior atividade de vertebrados, e (ii) maior abundância de carrapatos do que nos transectos controle; (iii) e essas duas predições são influenciadas pelo tempo (meses), devido a um possível aumento no uso das trilhas pelos vertebrados. (iv) Hipotetizamos que a densidade dos estágios e das espécies de carrapatos encontradas nas trilhas abertas e nos transectos controle (desse trabalho) sejam numericamente menores do que aquelas de trilhas antigas observada em um trabalho anterior (Suzin et al., 2020). (v) Nossa hipótese é de que trilhas apresentem maior riqueza e diversidade de espécies para as comunidades [todos os vertebrados juntos, mamíferos e aves (em separado) e carrapatos]. (vi) Hipotetizamos que ocorra uma elevada diversidade beta

(dissimilaridade na composição) das comunidades (vertebrados e carrapatos) entre as trilhas e transectos controle. Por fim, (vii) hipotetizamos que a abundância dos carrapatos esteja positivamente associada com o índice de atividade dos vertebrados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Esse estudo foi realizado no Parque Nacional do Iguaçu (PNI - 25° 05' a 25° 41'S; 53° 40' a 54°38'W; Fig. 1) entre março de 2019 e janeiro de 2020. O Parque abriga o maior remanescente de Mata Atlântica de interior do Sul do Brasil e possui uma área de 185.262,5 ha. O PNI é coberto principalmente por floresta semidecídua e ao norte por mata de araucária. O clima é temperado e úmido com precipitação anual de 1.800 mm e temperatura média anual de 20,7 °C (Di Bitetti et al., 2003; Maack, 2012; Alvares et al., 2013); no entanto, a amplitude da temperatura pode variar ao longo do ano de 0 °C no inverno a 40 °C no verão. A umidade relativa do ar na maior parte do ano é superior a 60% e não há uma estação seca bem definida.

O PNI está localizado em uma área chamada de “Ecorregião Florestas do Alto Paraná”, que pertence ao bioma de Mata Atlântica e se estende em uma área de tríplice fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina. O PNI é unido pelo Rio Iguaçu ao Parque Nacional do Iguaçu na Argentina, e juntos recebem milhares de visitantes todos os meses, atraídos principalmente pelas “Cataratas do Iguaçu”. Essa área é considerada um dos ecossistemas biológicos mais importantes do mundo por causa da sua variedade de espécies de plantas e animais (WWF 2014), muitas delas raras ou próximas da extinção na maioria dos remanescentes de Mata Atlântica (Xavier da Silva et al., 2018). O PNI possui grande diversidade de animais vertebrados, tais como mamíferos [e.g., onça-pintada (*Panthera onca*), onça-parda (*Puma concolor*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*), irara (*Eira barbara*), quati (*Nasua nasua*), anta (*Tapirus terrestris*), veado-mateiro (*Mazama americana*), veado-bororó (*M. nana*), cutia (*Dasyprocta azarae*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), caititu (*Pecari tajacu*), queixada (*Tayassu pecari*), entre outros], aves [e.g., macuco (*Tinamus solitarius*), jacupemba (*Penelope superciliaris*), pula-pula (*Basileuterus culicivorus*), tucano-de-bico-verde (*Ramphastos dicolorus*), entre outros] e répteis [e.g., jararaca (*Bothrops jararaca*), jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*, entre outros)] (WWF 2014).

Locais de amostragem: Em março de 2019 abrimos oito trilhas de 200 m de comprimento por 1 m de largura cada uma, chamadas de “trilhas abertas - TA”. Paralelamente a cada trilha aberta plotamos uma trilha controle, chamada de “transecto controle - TC” de 200 m de

comprimento. Os transectos controle ficavam a uma distância aproximada de 50-80 m de cada uma das trilhas abertas. Portanto nosso desenho amostral possui oito pares de ambiente, cada um composto por uma trilha aberta e um transecto controle. Todos os transectos controle foram marcados com fitas e não tiveram qualquer intervenção na vegetação. Cada par trilha aberta/transecto controle foi separado por uma distância mínima de 500 m do próximo par e seu início se dava a 50 m de possíveis acessos usados por animais (trilhas antigas), estradas (pavimentadas ou de terra) ou trilhas feitas por humanos. Houve cuidado para não marcar com pisoteio os transectos controle e nem os 50 m de acesso a cada par trilha aberta/transecto controle. A manutenção das trilhas abertas foi realizada mensalmente sempre depois das coletas de carrapatos e checagem das armadilhas fotográficas (veja abaixo). Todos os pares trilhas abertas/transectos controle foram plotados por conveniência na parte sul do Parque Nacional do Iguaçu (município de Foz do Iguaçu) em uma área de aproximadamente 700 ha de Floresta Estacional Semidecidual. Adjacente às trilhas abertas e nos transectos controle a vegetação era densa [e.g., *Euterpe edulis*, *Aspidosperma polyneuron*, *Nectandra megapotamica* (Souza et al., 2017)] e o solo coberto por plântulas, herbáceas e samambaias. Todos os locais tinham altitude similar (190 - 230 m a.s.l) e declividade do solo regular.

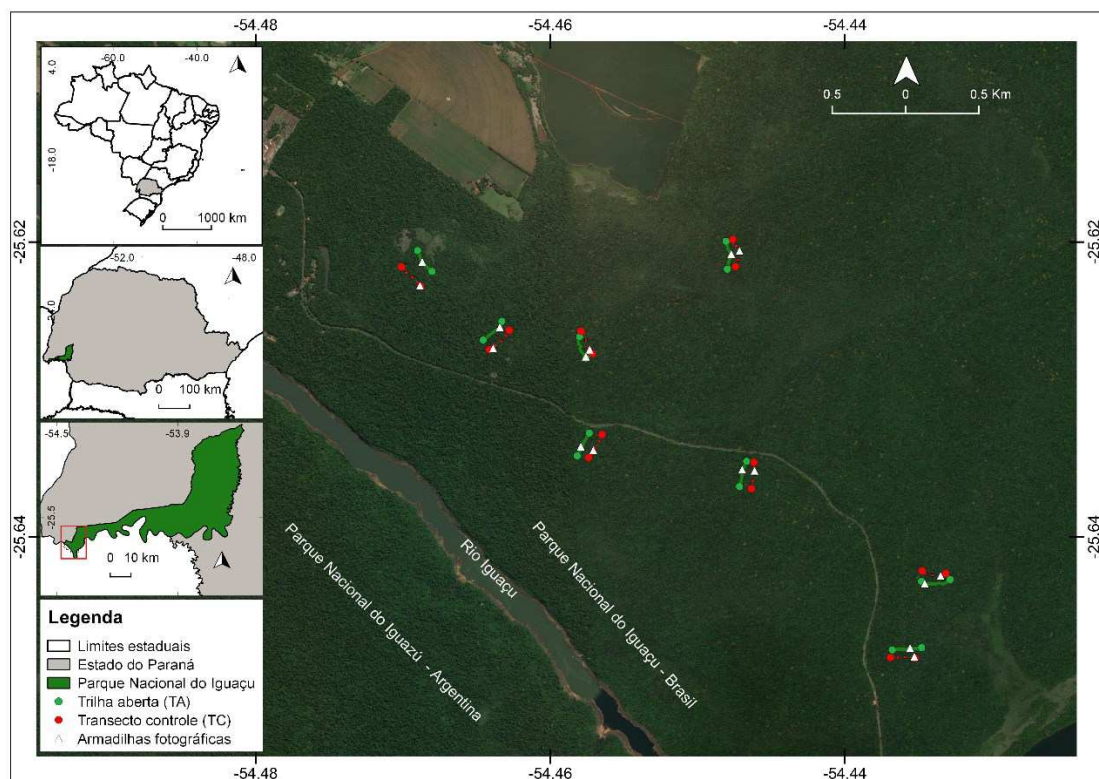


Figura 1. Locais de amostragem de vertebrados e de carrapatos no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2019. Linhas em verde representam as trilhas abertas e linhas

pontilhadas em vermelho representam os transectos controle (círculos preenchidos representam o início e o fim de cada ambiente amostrado). Triângulos brancos representam a localização das armadilhas fotográficas.

2.2. Amostragem e identificação da comunidade de vertebrados

Em cada trilha aberta/transecto controle colocamos uma armadilha fotográfica (Bushnell Nature View modelo 119740) para estimar a abundância relativa, riqueza de espécies e outros parâmetros da composição e estrutura da comunidade de vertebrados (veja abaixo). Armadilhas fotográficas são usualmente usadas para amostragem de mamíferos, pássaros e répteis em vários ecossistemas terrestres (Burton et al., 2015). Todos os pares de ambiente foram monitorados simultaneamente durante dez meses (março de 2019 a janeiro de 2020). As armadilhas fotográficas ficaram ativas 24 h por dia e registravam 8 s de filmagem com intervalos de cinco minutos. A sensibilidade do sensor infravermelho foi configurada na função “auto”. O local onde as armadilhas foram fixadas foi escolhido por conveniência e sempre no tronco de árvores com diâmetro maior do que 15 cm e aproximadamente a 20 cm acima do solo. Esses equipamentos foram posicionados na diagonal de cada trilha e quando havia desnível do terreno foram colocados de forma que ficassem paralelos ao solo para maximizar a detecção dos animais. A vegetação em frente cada armadilha fotográfica foi retirada com o auxílio de um facão. A cada 30 dias, em conjunto com a manutenção das trilhas, os cartões de memória das armadilhas fotográficas foram descarregados e as baterias e a sílica gel (foi usada para absorver a umidade dentro das armadilhas fotográficas) trocadas. Nesse estudo não usamos iscas para atração dos vertebrados.

Os animais vertebrados foram identificados com base em guias de identificação (Reis et al., 2006; Sigrist, 2007; Paglia et al., 2012; Prist et al., 2020) e em caso de dúvidas consultas a especialistas de cada área foram realizadas. Animais que não puderam ser identificados no nível de espécie são apresentados no nível taxonômico de gênero seguido das abreviações “spp”. Quando nenhuma dessas duas identificações foi possível, classificações em níveis taxonômicos superiores (i.e., Família, Ordem ou Classe) seguido da notação “n.i” foram empregadas. Nesse estudo foram considerados os registros de mamíferos não-voadores, aves e lagartos, pois esses animais são hospedeiros de várias espécies de carrapatos (Luz et al., 2017; Lamattina et al., 2018; Mendoza-Roldan et al., 2020).

2.3. Coleta e identificação da comunidade de carrapatos

Usamos arraste de flanela para estimar a comunidade de carrapatos em comportamento de espreita nos dois tipos de ambiente [trilhas abertas e transectos controle (Szabó et al. 2009; Suzin et al., 2020)]. Para a execução dessa técnica dois pesquisadores caminhavam lado a lado nos 200 m de cada ambiente arrastando uma flanela branca de 1 m de largura por 2 m de comprimento. Durante cada amostragem a flanela foi inspecionada a cada 15 m. Enfatizamos que o arraste de flanela fornece uma estimativa especialmente dos carrapatos que estão em comportamento de espreita. As amostragens dos carrapatos foram realizadas mensalmente (i.e., março de 2019 a janeiro de 2020). A primeira coleta foi realizada imediatamente após a abertura da trilha/plotagem dos transectos e simultaneamente com a instalação das armadilhas fotográficas. Fizemos isso para estimar o *pool* inicial de carrapatos presentes em cada trilha aberta/transecto controle e possível variação nos meses subsequentes. Os carrapatos coletados nessa primeira amostragem não foram considerados nas análises que medem a influência do tipo de ambiente sobre a comunidade de carrapatos.

Os carrapatos coletados foram colocados em microtubos contendo álcool 70° GL e transportados para o laboratório para identificação. Ninfas e adultos foram identificados baseados em caracteres morfológicos seguindo chaves taxonômicas (Barros-Battesti et al. 2006; Martins et al., 2010; Egizi et al., 2019). Devido a inexistência de uma chave de identificação nós submetemos as larvas a extração e DNA e teste por reação em cadeia da polimerase (PCR) com primers de 460 pb de uma porção do gene 16S rRNA, conforme descrito por Barbieri et al., (2019). Nesse procedimento utilizamos de uma a seis larvas por amostra. Os produtos da PCR foram purificados e sequenciados automaticamente (model ABI 3500 Genetic Analyzer; Applied Biosystems/Thermo Fisher Scientific, Foster City, CA). As sequências geradas foram submetidas a análises no BLAST para verificar similaridade com sequências depositadas no GenBank. Para a contagem, cada aglomerado de larvas foi considerado como um único indivíduo.

2.4. Análises dos dados

Os registros dos animais vertebrados foram categorizados de duas maneiras, de acordo com o propósito da análise: (i) para as análises de disponibilidade de hospedeiros [i.e., aquelas que envolviam a relação dos vertebrados com o tipo ambiente (GLMM - veja abaixo)] usamos todos os registros em que foi possível classificar os vertebrados em algum grupo taxonômico. Fizemos isso porque algumas espécies têm área de vida menor do que outras e assim permanecem mais tempo em um mesmo local aumentando as chances de encontro com

carrapatos. (ii) Para as demais análises (i.e., comparações de proporções de registros e estimativas de índices de diversidade - veja abaixo) consideramos somente os registros “independentes”, que são aqueles onde ocorreu a primeira detecção de indivíduo/espécie dentro de uma hora na mesma armadilha fotográfica; exceto para casos em que foi possível distinguir que dois ou mais indivíduos foram filmados ao mesmo tempo. Os registros independentes servem para evitar a superestimação dos táxons. Para os registros de disponibilidade de hospedeiros geramos um índice de atividade dos vertebrados que foi determinado pela divisão do número de registros em cada local (n = oito trilhas abertas e oito transectos controle) pelo esforço de amostragem dentro de cada mês (número de dias) e multiplicamos por 30, providenciando dessa forma um valor mensal de atividade (i.e., índice de atividade). Assim, cada mês foi considerado como uma sessão de captura. Para as análises estatísticas consideramos os carrapatos coletados a partir do momento que as armadilhas fotográficas foram colocadas no campo, e são, portanto, pareados com o primeiro mês de registros desses equipamentos.

Nós usamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM) do pacote *lmer* para avaliar a relação entre o índice de atividade dos vertebrados com o tipo de ambiente (i.e., trilha aberta e transecto controle), e GLMM com distribuição binomial e função log-link para verificar se a abundância dos carrapatos estava relacionada com tipo de ambiente e com o índice de atividade dos vertebrados. Para essas análises consideramos os ambientes (de um a oito) e os meses como fatores randômicos com variação no intercepto. Inspeção visual dos resíduos foram realizadas para a escolha da distribuição mais adequada. Os GLMMs foram realizados na linguagem de programação R [versão 4.0.1 (R Core Team 2018. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org>)]. Também testamos se a abundância dos animais (vertebrados e carrapatos) diferia proporcionalmente de acordo com o tipo de ambiente através do teste Binomial para duas proporções ou teste G corrigido [Yates (para amostras pequenas)]. Esses testes foram realizados no BioEstat versão 5.3 (Ayres et al. 2007). Baseado no número de carrapatos coletados nas trilhas abertas e nos transectos controle realizamos comparações com um trabalho prévio executado em cinco trilhas estabelecidas há anos (Suzin et al., 2020), tratadas aqui como “trilhas antigas”. Nesse caso, consideramos a densidade de carrapatos (i.e., número médio de indivíduos coletados por amostragem a cada 1.000 m) para as comparações numéricas entre os três tipos de ambientes (i.e., trilhas abertas, transectos controle e trilhas antigas).

Para as análises de comunidades utilizamos o número de registros independentes como uma medida de abundância dos vertebrados. A partir desses dados construímos curvas de

rarefação para avaliar a estabilização da riqueza de espécies de cada comunidade [todos os vertebrados juntos, mamíferos e aves (em separado) e carrapatos] ao longo dos meses (Simberloff, 1979). Para as trilhas abertas e os transectos controle estimamos parâmetros de riqueza (Jackknife 1), diversidade (Shannon), dominância (Dominância) e equabilidade (E) para cada comunidade. Usamos Jackknife de primeira ordem para estimar a riqueza de espécies por ser um método de reamostragem que reduz o viés do estimador e é considerado adequado para registros através do uso de armadilhas fotográficas (Tobler et al., 2008; Esser et al., 2019) e de comunidades de macroinvertebrados em geral (Melo & Froehlich, 2001). O índice de Shannon [$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$; onde p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra)] foi escolhido por ser sensível às espécies raras e às variações nas abundâncias. Para esse índice, os valores variam de 0 para comunidades com um único táxon a valores elevados para comunidades com muitos táxons. Comparações de diversidade (H') das comunidades de carrapatos entre as trilhas abertas e transectos controle foram realizadas considerando as espécies como uma unidade e considerando ninfas e adultos (que foram os estágios possíveis de identificar até nível de espécie em sua totalidade) como grupos taxonômicos distintos. Essa separação foi realizada porque cada estágio de vida exibe certos padrões, como por exemplo, a variação temporal e certa especificidade por hospedeiros (Estrada-Peña et al., 2020; Suzin et al., 2020). O índice de diversidade alfa obtido para cada tipo de ambiente foi comparado por um teste t-Student (Magurran, 1988). Os valores de Dominância (D) variam de zero a 1, onde valores próximos de zero indicam que os táxons estão presentes em iguais quantidades e aqueles próximos de 1 demonstram que um ou poucos táxons dominam a comunidade. O valor de Equabilidade (E) representa o quão equitativo é a abundância dos indivíduos entre os táxons registrados/coletados. Comunidades que apresentam abundâncias similares entre as espécies tem os maiores valores de Equabilidade e aquelas em que as espécies diferem na abundância tem os menores valores (Smith & Wilson, 1996). Aplicamos o índice de similaridade de Bray-Curtis para determinar a similaridade das comunidades estudadas [todos os vertebrados juntos, mamíferos e aves (em separado) e carrapatos] entre as trilhas abertas e transectos controle. Essa análise mostra se há similaridade entre os dois tipos de tratamento [i.e, trilha aberta (TA) e transecto controle (TC)] e valores próximos de 1 indicam comunidades que compartilham todas as espécies. Essas análises foram realizadas no PAST (Hammer et al., 2001). Em seguida, verificamos se as comunidades diferem estatisticamente na sua composição usando a função "betadisper" do pacote "betapart" (Baselga & Orme, 2012) na linguagem de programação R.

3. RESULTADOS

3.1. Vertebrados

Durante o período de estudo o esforço de amostragem foi de 4.664 armadilhas-dia com 5.657 registros de animais vertebrados [444 registros não puderam ser identificados, dos quais 261 em trilhas abertas e o restante (183) em transectos controle (Material Suplementar 1)]. De forma independente foi possível identificar em algum nível taxonômico 5.058 passagens de animais, destes, 81,3% foram de mamíferos, 16,7% de aves e 2,0% de lagartos (Material Suplementar 1). O número total de táxons registrados foi de 45 (21 de mamíferos, 23 de aves e um de lagarto), sendo possível a identificação no nível de espécie de 17 táxons de mamíferos e 22 de aves (Material Suplementar 1). Os táxons registrados com maior frequência foram: *Dasyprocta azarae* (41,6%), *Didelphis aurita* (11,7%), Didelphidae n.i [cuícas (9,0%)], *Mazama* spp. (5,3%) e Rodentia n.i. (4,1%) (Material Suplementar 1).

Vertebrados (i.e., mamíferos, aves e lagartos) foram registrados de forma similar nas trilhas abertas e nos transectos controle (49,6% e 50,4%, respectivamente; Fig. 2; Tabela 1). Não encontramos qualquer efeito do tipo de ambiente sobre o índice de atividade dos vertebrados (GLMM tipo de ambiente, $B = 0,872$; $P = 0,802$; R^2 marginal $< 0,001$; R^2 condicional $= 0,267$). No entanto, no nível de ordem, o uso do ambiente foi diferente para três táxons: os carnívoros e os lagomorfos foram mais registrados nas trilhas abertas e os roedores nos transectos controle; demais ordens não exibiram diferença significativa no número de registros entre esses dois tipos de ambiente (Tabela 2). *Didelphis* spp. foram mais registrados nas trilhas abertas quando comparados com os transectos controle (Tabela 1). Quanto as aves, nenhuma ordem apresentou diferença na proporção de registros entre os dois tipos de ambiente, no entanto, dentre os Columbiformes, *Leptotila* spp. foi mais registrada nas trilhas abertas e *Geotrygon* spp. nos transectos controle (Tabela 1).

Dentro do grupo dos carnívoros, as principais discrepâncias nos registros foram vistas para: *Puma concolor* (onça-parda), *Nasua nasua* (quati) e *Leopardus pardalis* (jaguaritica), registrados principalmente nas trilhas abertas. *Procyon cancrivorus* (mão-pelada) e *P. onca* (onça-pintada) foram raramente registradas nesse estudo ($n < 10$) mas predominaram nas trilhas abertas. Por outro lado, ainda que em pequeno número de registros, *P. yagouaroundi* (gato-mourisco) teve uma tendência de ser registrado com maior frequência nos transectos controle (Material Suplementar 1). Adicionalmente, os lagomorfos (tapitis e/ou lebres) foram registrado mais do que o triplo nas trilhas abertas e pequenos roedores (Rodentia n.i.) e *Tapirus terrestris* (anta) tiveram uma tendência de serem mais registrados nos transectos

controle (Material Suplementar 1). Para as aves, é possível notar discrepância de registros entre trilhas abertas e transectos controle somente no nível de espécie: *Penelope superciliaris* (jacupemba) e *Leptotila rufaxilla* (juriti-gemedeira) foram registradas principalmente nas trilhas abertas. Por outro lado, *Geotrygon violacea*, *G. montana* (juriti-roxa e pomba-pariri, respectivamente) e *Turdus amaurochalinus* (sabiá-poca) foram registrados principalmente nos transectos controle (Material Suplementar 1). Quanto aos lagartos, foi similar o número de registros nos dois tipos de ambiente (Material Suplementar 1 e Tabela 1).

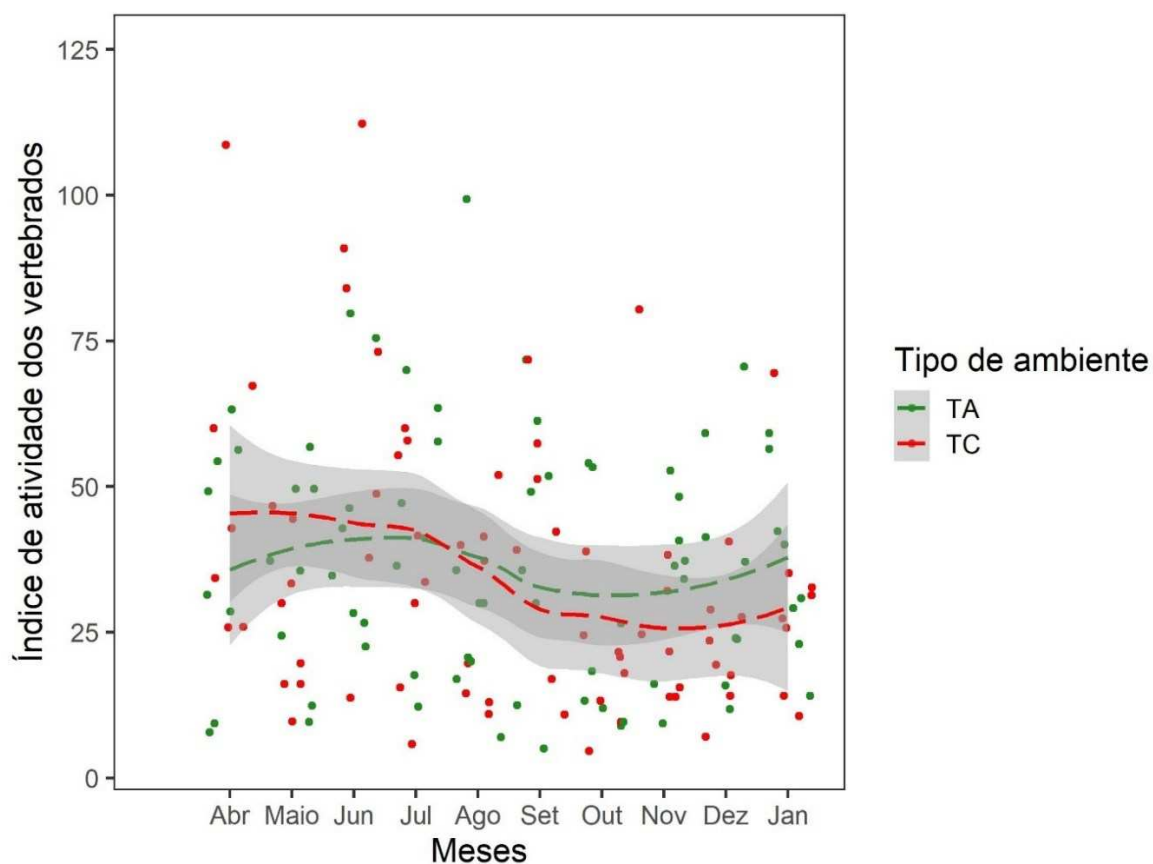


Figura 2. Índice de atividade de vertebrados registrados de março de 2019 a janeiro de 2020 nas trilhas abertas (TA - em verde) e nos transectos controle (TC - em vermelho) no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. Linhas tracejadas representam o número médio de registros nas oito trilhas/transectos e a área sombreada representa o intervalo de confiança.

Tabela 1. Vertebrados registrados (independentes) através de armadilhas fotográficas durante o período de março de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. Legenda: TA = trilha aberta; TC = transecto controle; Prop. = proporção; n.i. = não identificado.

Ordens e gêneros	Nº de registros independentes		Teste estatístico*			
			TA	TC	Valor de Z	Valor de P
	TA	TC	(Prop.)	(Prop.)		
Total Mamíferos	2044	2067	0,815	0,810	0,460	0,646
Didelphimorphia	558	558	0,223	0,219	0,329	0,742
<i>Didelphis</i> spp.	363	297	0,145	0,116	2,995	0,003
Cingulata	34	30	0,013	0,011	0,573	0,567
Pilosa	0	3	-	-	-	-
Primates	3	3	-	-	-	-
Lagomorpha	25	7	0,010	0,003	3,242	0,001
Rodentia	1110	1202	0,443	0,471	-2,029	0,043
<i>Dasyprocta azarae</i>	1021	1084	0,407	0,425	-1,275	0,202
Rodentia n.i.	89	118	0,035	0,046	-1,931	0,053
Carnivora	119	51	0,047	0,020	5,420	<0,0001
Artiodactyla	195	213	0,078	0,084	-0,746	0,456
Tayassuidae	56	55	0,022	0,022	0,189	0,850
<i>Mazama</i> spp.	128	141	0,051	0,055	-0,668	0,504
Perissodactyla	11	17	0,004	0,007	-1,091	0,275
Total Aves	413	433	0,165	0,170	-0,476	0,634
Tinamiforme	56	53	0,023	0,021	0,382	0,702
Galliforme	15	10	0,006	0,004	1,046	0,296
Accipitriforme	2	1	-	-	-	-
Columbiforme	244	252	0,097	0,099	-0,174	0,862
<i>Leptotila</i> spp.	152	114	0,061	0,045	2,540	0,011
<i>Geotrygon</i> spp.	65	123	0,026	0,048	-4,189	<0,0001
Strigiforme	0	1	-	-	-	-
Passeriforme	93	114	0,037	0,045	-1,363	0,173
Aves – NI	3	2	-	-	-	-
Total Répteis	50	51	0,020	0,020	-0,012	0,990
Teiidae	50	51				
TOTAL GERAL	2507	2551				

*Teste binomial para duas proporções (proporções relacionadas ao número total de vertebrados para cada tipo de ambiente).

3.2. Carrapatos

Considerando todas as amostragens de carrapatos, incluindo aquela realizada imediatamente após a abertura das trilhas e demarcação dos transectos controle, foram coletados 558 carrapatos, incluindo 28 agregados de larvas, 488 ninfas e 42 adultos (Tabela 2). De forma geral, o maior número de carrapatos foi registrado nos meses de inverno e início

de primavera (entre junho e outubro), sendo que houve uma tendência de agregados de larvas serem coletados em março (Fig. 3 - B), ninfas entre junho e outubro (Fig. 3 - C) e adultos entre outubro e dezembro (Fig. 3 - D). Durante o período de estudo foram coletadas seis espécies de carrapatos (Tabela 2). Sete aglomerados de larvas puderam ser identificados a nível de espécie através de análise molecular do gene 16S rRNA. Nas trilhas abertas foram identificados um agregado de *A. brasiliense* (maio; acesso nº MZ677484), um de *A. coelebs* (janeiro, acesso nº MZ677488) e um de *Haemaphysalis juxtakochi* (janeiro; acesso nº MZ677487). Nos transectos controle foram identificados dois aglomerados de *A. incisum* (abril e junho; acessos nº MZ677482 e MZ677483) e dois de *A. brasiliense* (agosto; MZ677485 e MZ677486). As sequências parciais dos genes mitocondriais de 16S rRNA geradas das larvas foram depositadas no GenBank e foram idênticas 99-100% com sequências disponíveis.

Tabela 2. Espécies e estágios de carrapatos coletados nas trilhas abertas (TA) e transectos controle (TC) na primeira amostragem (março de 2019) e de abril de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu.

Espécies e gêneros	Primeira amostragem				Amostragem de abril de 2019 a janeiro de 2020						Nº total de indivíduos
	Larvas*		Ninfas		Larvas*		Ninfas		Adultos		
	TA	TC	TA	TC	TA	TC	TA	TC	TA	TC	
<i>Amblyomma</i> spp.	5	5	-	-	3	3	-	-	-	-	16
<i>Amblyomma brasiliense</i>	-	-	5	6	1	2	118	119	7	17	274
<i>Amblyomma coelebs</i>	-	-	8	6	1	-	97	62	1	2	177
<i>Amblyomma incisum</i>	-	-	1	1	-	2	2	7	0	1	14
<i>Amblyomma longirostre</i>	-	-	0	0	-	-	1	0	0	0	1
<i>Amblyomma ovale</i>	-	-	0	0	-	-	0	0	10	3	13
<i>Haemaphysalis</i> spp.	1	1	-	-	1	2	-	-	-	-	5
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	-	-	0	2	1	-	34	19	1	0	57
Total	6	6	14	15	7	9	252	207	19	23	558

*Cada agregado de larva foi considerado como um indivíduo

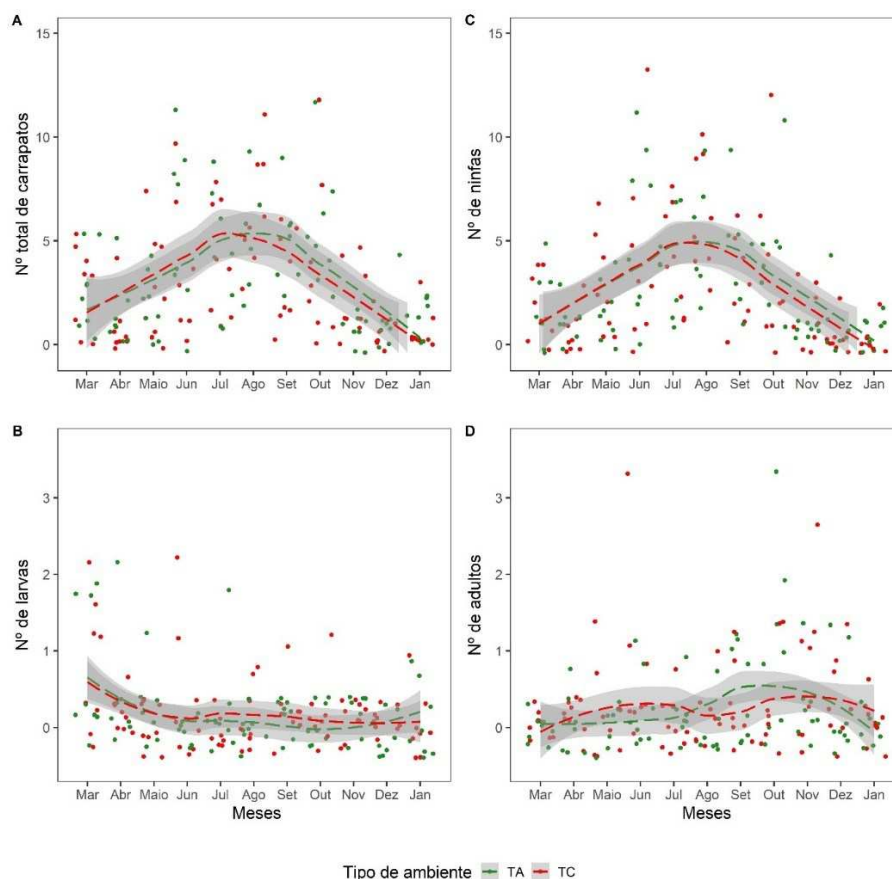


Figura 3. Número de carrapatos coletados entre março de 2019 e janeiro de 2020 nas trilhas abertas (TA - em verde) e transectos controle (TC - em vermelho) no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. (A) Número total de carrapatos coletados; (B) número de larvas; (C) número de ninfas; e (D) número de adultos. Linhas tracejadas representam o número médio de carrapatos coletados a área sombreada representa o intervalo de confiança.

O número de carrapatos coletados de forma pareada com as armadilhas fotográficas (i.e., de abril de 2019 a janeiro de 2020) nas trilhas abertas e nos transectos controle não diferiu (TA = 278; 53,71%; TC = 239; 46,26%, respectivamente, $N = 517$; GLMM tipo de ambiente, $B = -0,2096$, $P = 0,194$, R^2 marginal = 0,009; R^2 condicional = 0,159). Nesse período seis espécies foram registradas nas trilhas abertas e cinco nos transectos controle. Não houve diferença significativa entre trilhas abertas e transectos controle na proporção de larvas, ninfas e adultos coletados (Tabela 3). Quando analisamos o número de carrapatos coletados nas trilhas abertas e transectos controle considerando a proporção em relação ao número total de carrapatos (i.e., independente do estágio) notamos que ninfas de *A. coelebs* foram mais abundantes nas trilhas abertas (teste Binomial, $Z = 2,988$; $P = 0,027$) e que adultos de *A. brasiliense* predominaram nos transectos controle ($Z = -2,563$; $P = 0,010$). Por outro lado, quando consideramos para as análises cada estágio como o total, notamos que ninfas e adultos

de *A. brasiliense* ocorrem mais nos transectos controle há uma tendência de as ninfas de *A. coelebs* serem coletadas nas trilhas abertas (Tabela 3). Demais espécies não apresentaram diferença estatística nas proporções entre os tipos de ambiente. Numericamente, larvas e adultos de *A. incisum* foram encontradas exclusivamente em transectos controle e ninfas predominaram nesses locais (Tabela 3).

Tabela 3. Espécies de carrapatos coletados nas trilhas abertas (TA) e transectos controle (TC) no período de abril de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu. Legenda: Prop. = Proporção.

Estágios, gêneros e espécies	TA	TC	Nº total de registros	Teste estatístico*			
				TA (Prop.)	TC (Prop.)	Valor de Z	Valor de P
Larvas	7	9	16	0,025	0,004	-0,816	0,414
<i>Amblyomma</i> spp.	5	7	12	0,714	0,777	-0,291	0,771
<i>Haemaphysalis</i> spp.	1	2	3				
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	1		1				
Ninfas	251	207	458	0,902	0,866	1,311	0,190
<i>Amblyomma brasiliense</i>	118	119	237	0,470	0,574	-2,233	0,026
<i>Amblyomma coelebs</i>	97	62	159	0,386	0,299	1,945	0,052
<i>Amblyomma incisum</i>	2	7	9			2,749	0,100**
<i>Amblyomma longirostre</i>	1	0	1				
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	34	19	53	0,135	0,091	1,454	0,146
Adultos	20	23	43	0,072	0,096	-0,997	0,318
<i>Amblyomma brasiliense</i>	7	17	24	0,350	0,739	-2,563	0,010
<i>Amblyomma ovale</i>	10	3	13			2,606	0,107**
<i>Amblyomma coelebs</i>	1	2	3				
<i>Amblyomma incisum</i>	0	1	1				
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	1	0	1				
Total	278	239	517				

*Teste binomial para duas proporções (proporções relacionadas ao número de carrapatos de cada estágio)

**Teste G com correção de Yates

Comparativamente com um trabalho anterior (Suzin et al. 2020), a densidade média de larvas, ninfas e adultos de carrapatos nas trilhas antigas foi maior do que as vistas nesse desenho experimental [(trilhas abertas e transectos controle) Tabela 4]. No nível de espécie, as maiores densidades nas trilhas antigas foram de ninfas de *A. coelebs* e nas trilhas abertas e transectos controle a espécie predominante foi *A. brasiliense* (Tabela 4). Por outro lado, *A. ovale* e *A. longirostre* exibiram densidades semelhantes nas trilhas abertas, independentemente de sua idade; agregados de *Haemaphysalis* spp. tiveram densidade semelhante entre trilhas recém-abertas e transectos controles, e ambas superiores aos de trilhas antigas (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade média de carrapatos (1000 m) coletados através de arraste de flanela em três tipos de trilhas: (i) Trilhas antigas = entre 2015 e 2017 (Suzin et al. 2020); (ii) TA e TC = entre março de 2019 e janeiro de 2020 (esse trabalho). Legenda: TA = trilha aberta; TC = transecto controle.

Espécies e gêneros	Trilhas antigas ^a			TA ^b			TC ^b		
	L ^c	N	A	L ^c	N	A	L ^c	N	A
<i>Amblyomma</i> spp.	1,13	-	-	0,45	-	-	0,45	-	-
<i>Amblyomma brasiliense</i>	0,00	18,37	1,41	0,06	6,99	0,40	0,11	7,10	0,97
<i>Amblyomma coelebs</i>	0,00	29,61	0,63	0,06	5,97	0,06	0,00	3,86	0,11
<i>Amblyomma incisum</i>	0,00	1,81	0,05	0,00	0,17	0,00	0,11	0,45	0,06
<i>Amblyomma longirostre</i>	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Amblyomma ovale</i>	0,00	0,23	0,68	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,17
<i>Haemaphysalis</i> spp.	0,09	-	-	0,11	-	-	0,17	-	-
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	0,00	2,59	0,09	0,06	1,93	0,06	0,00	1,19	0,00
Total	1,22	52,65	2,86	0,74	15,11	1,08	0,85	12,61	1,31

^a Dados referentes à 14 amostragens realizadas entre agosto de 2015 e dezembro de 2017 em 1575 m de trilha (Suzin et al. 2020).

^b Dados referentes à 11 amostragens realizadas entre março de 2019 e janeiro de 2020 em 1600 m de trilha aberta e de transecto controle (este trabalho).

^c Cada agregado de larvas foi considerado como um indivíduo.

3.3. Parâmetros das comunidades: vertebrados e carrapatos

As curvas de rarefação mostraram as comunidades de vertebrados em geral não exibiram estabilização das curvas tanto nas as trilhas quanto nos transectos controle (Fig. 4 A - F). A amostragem dos carrapatos não atingiu a assíntota nas trilhas abertas (Fig. 4 - G) mas nos transectos controle a suficiência amostral foi atingida na sexta coleta (setembro de 2019; Fig. 4 - H).

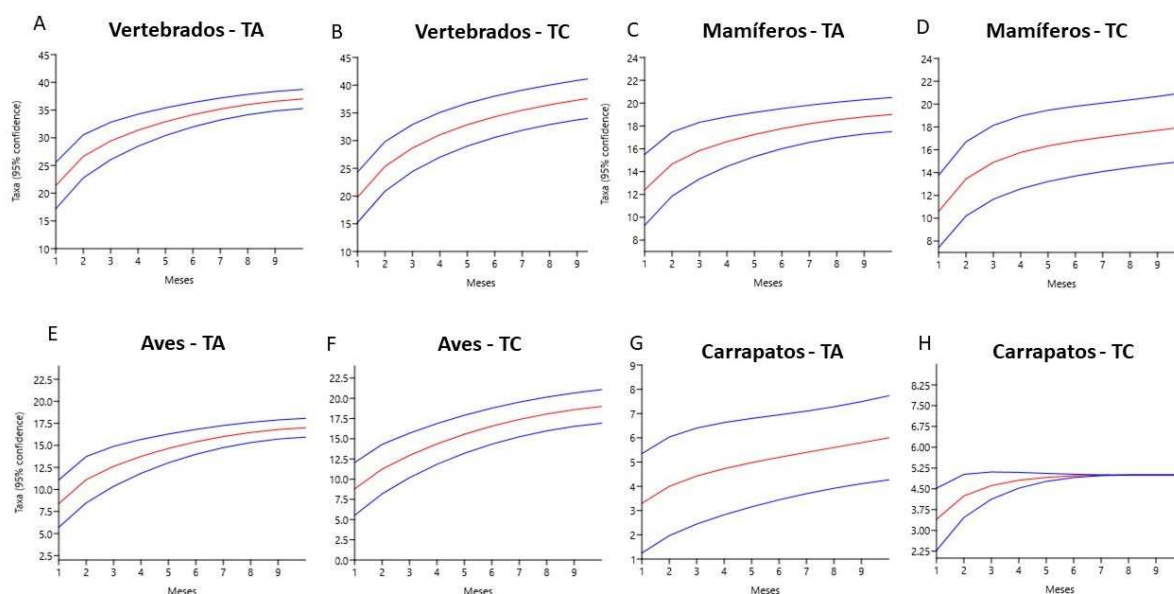


Figura 4. Curvas de rarefação mostrando a riqueza cumulativa de todos os vertebrados juntos (A - B); somente mamíferos (C - D); somente aves (E - F) e carrapatos (G - H) nas trilhas abertas (TA) e nos

transectos controle (TC) entre março de 2019 e janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. Linhas em vermelho representam o número médio e aquelas em azul o intervalo de confiança.

As estimativas de riqueza foram similares ao número de espécies observadas (Tabela 5). A riqueza estimada de espécies (Jackknife 1) mostrou que todas as comunidades avaliadas foram similares, com uma tendência de os carrapatos apresentarem maior riqueza nas trilhas abertas (Tabela 5; Fig. 6). Houve uma tendência de os vertebrados apresentarem maior diversidade (H') nas trilhas abertas quando comparado com os transectos controle (teste t-Student, $t_{\text{vertebrados}} = 1,958$; $gl = 4.904,5$; $P = 0,0502$). Analisando os grupos de vertebrados em separado, nota-se que a diversidade dos mamíferos foi maior nas trilhas abertas ($t_{\text{mamíferos}} = 3,497$; $gl = 4.806,9$; $P < 0,0001$) e a das aves não foi influenciada pelo tipo de ambiente ($t_{\text{aves}} = -0,609$; $gl = 698,5$; $P = 0,543$). A diversidade dos carrapatos não diferiu entre trilhas abertas e transectos controle ($t_{\text{carrapatos}} = 1,731$; $gl = 462,7$; $P = 0,084$). A ausência de diferença foi verificada também quando cada estágio identificado no nível de espécie foi considerado como um grupo taxonômico distinto ($t_{\text{carrapatos}} = -0,192$; $gl = 476,2$; $P = 0,847$).

Tabela 5. Biodiversidade de vertebrados (totais, mamíferos e aves) e carrapatos no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil (março de 2019 a janeiro de 2020). TA = trilha aberta; TC = transecto controle. Entre parênteses valores mínimos e máximos de cada parâmetro.

Parâmetros	Vertebrados*		Mamíferos		Aves		Carrapatos	
	TA	TC	TA	TC	TA	TC	TA	TC
Número de espécies	37	38	19	18	17	19	6	5
Abundância	2409	2503	2026	2076	332	372	271	230
Riqueza - Jackknife 1 $\pm$ DP	38,2 $\pm$ 2,8	39,2 $\pm$ 3,8	19,4 $\pm$ 1,7	18,2 $\pm$ 1,5	17,7 $\pm$ 1,9	19,9 $\pm$ 2,5	6,0 $\pm$ 1,1	5,1 $\pm$ 0,4
Diversidade de Shannon (H')	2,2 (2,2-2,3)	2,2 (2,1-2,2)	1,7 (1,6-1,8)	1,6 (1,5-1,6)	2,2 (2,1-2,3)	2,2 (2,2-2,3)	1,2 (1,1-1,3)	1,0 (0,9-1,1)
Dominância (D)	0,2 (0,2-0,2)	0,2 (0,2-0,2)	0,3 (0,3-0,3)	0,3 (0,3-0,4)	0,1 (0,1-0,2)	0,1 (0,1-0,1)	0,4 (0,3-0,4)	0,4 (0,4-0,5)
Equabilidade (E)	0,2 (0,2-0,3)	0,2 (0,2-0,2)	0,3 (0,3-0,3)	0,3 (0,3-0,3)	0,5 (0,5-0,6)	0,5 (0,5-0,5)	0,5 (0,5-0,6)	0,6 (0,5-0,6)

*Inclui mamíferos, aves e lagartos

A dominância foi um pouco menor nas trilhas abertas do que nos transectos controle para todos os grupos analisados, exceto Aves. O diagrama de Whittaker mostrou curvas muito similares para todas as comunidades estudadas com exceção das aves, que apresentaram uma curva mais abrupta nos transectos controle, indicando menor equabilidade (E) nesse tipo de ambiente (Tabela 5; Fig. 5). Para os carrapatos, a equabilidade foi levemente superior nas trilhas abertas (Tabela 5; Fig. 5). Quando nós relacionamos a equabilidade com a riqueza

corrigida (Jackknife 1), em um diagrama de dispersão, esses dois componentes mostraram similaridades para todas as comunidades de vertebrados (Fig. 6). No entanto, para a comunidade de carrapatos os valores se mostraram superiores nas trilhas abertas quando comparados com os transectos controle (Fig. 6). De forma geral, a diversidade beta das comunidades de todos os vertebrados juntos, dos mamíferos e aves em separado e dos carrapatos não diferiram entre trilhas abertas e transectos controle ($F_{\text{vertebrados}} = 0,708$; $gl = 1$; $P = 0,414$; $F_{\text{mamíferos}} = 0,124$; $gl = 1$; $P = 0,730$; $F_{\text{aves}} < 0,001$; $gl = 1$; $P = 0,983$; $F_{\text{carrapatos}} = 1,490$; $gl = 1$; $P = 0,242$), apresentando elevada similaridade (Bray-Curtis; vertebrados = 0,892; mamíferos = 0,909; aves = 0,781; carrapatos = 0,850). De forma geral, a abundância dos carrapatos não aumentou com o índice de atividade dos vertebrados (GLMM tipo de ambiente, $B = -0,0007$; $P = 0,848$; $R^2_{\text{marginal}} < 0,001$; $R^2_{\text{condicional}} = 0,140$).

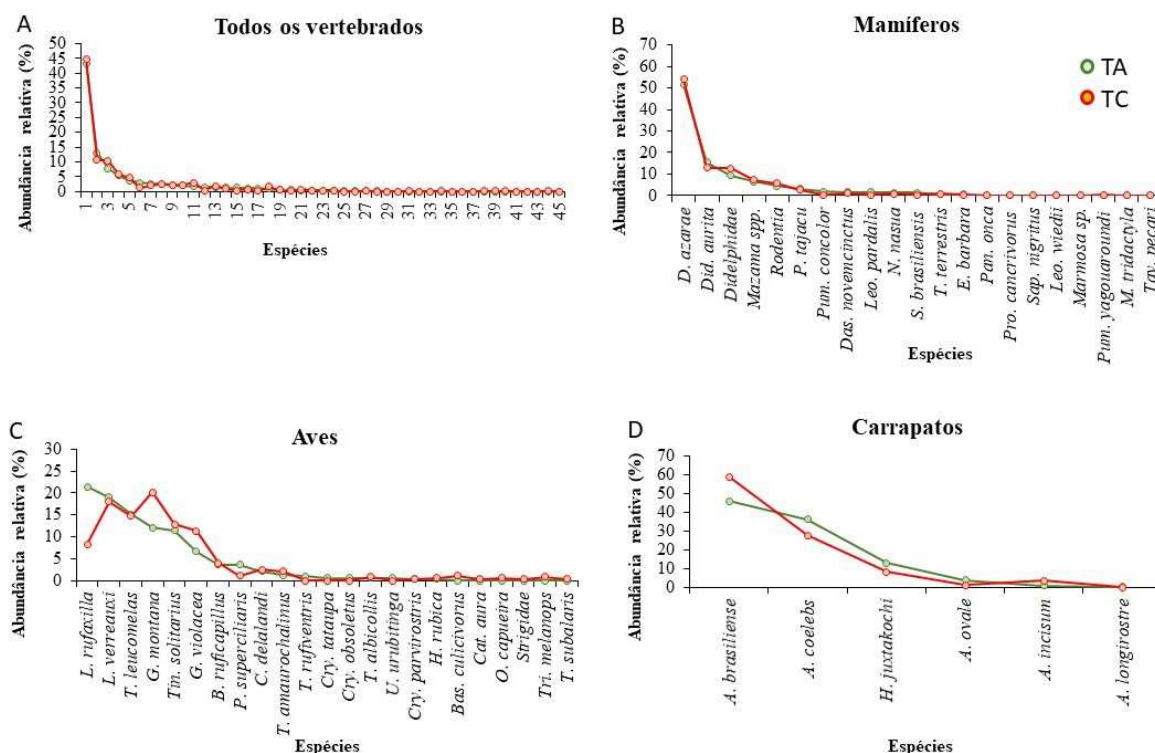


Figura 5. Diagrama de Whittaker indicando valores de abundância relativa relacionados com a riqueza de espécies das comunidades de: (A) Todos os vertebrados juntos; (B) Mamíferos; (C) Aves e (D) Carrapatos, todos coletados de março de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu. Linhas verdes indicam as trilhas abertas e as vermelhas os transectos controle. Legenda geral: TA = trilha aberta; TC = transecto controle; D. = *Dasyprocta*; Did. = *Didelphis*; L = *Leptotila*; P. = *Pecari*; T. = *Turdus*; G. = *Geotrygon*; Pum. = *Puma*; Tin. = *Tinamus*; Das. = *Dasypus*; Leo. = *Leopardus*; N. = *Nasua*; S. = *Sylvilagus*; B. = *Baryphthengus*; P. = *Penelope*; T. = *Tapirus*; E. = *Eira*; C. = *Corythopis*; Pan. = *Panthera*; Pro. = *Procyon*; Sap. = *Sapajus*; Cry. = *Crypturellus*; U. = *Urubitinga*; H. = *Habia*; M. = *Myrmecophaga*; Tay. = *Tayassu*; Bas. = *Basileuterus*; Cat. = *Cathartes*; O. = *Odontophorus*; Tri. = *Trichothraupis*; A. = *Amblyomma*.

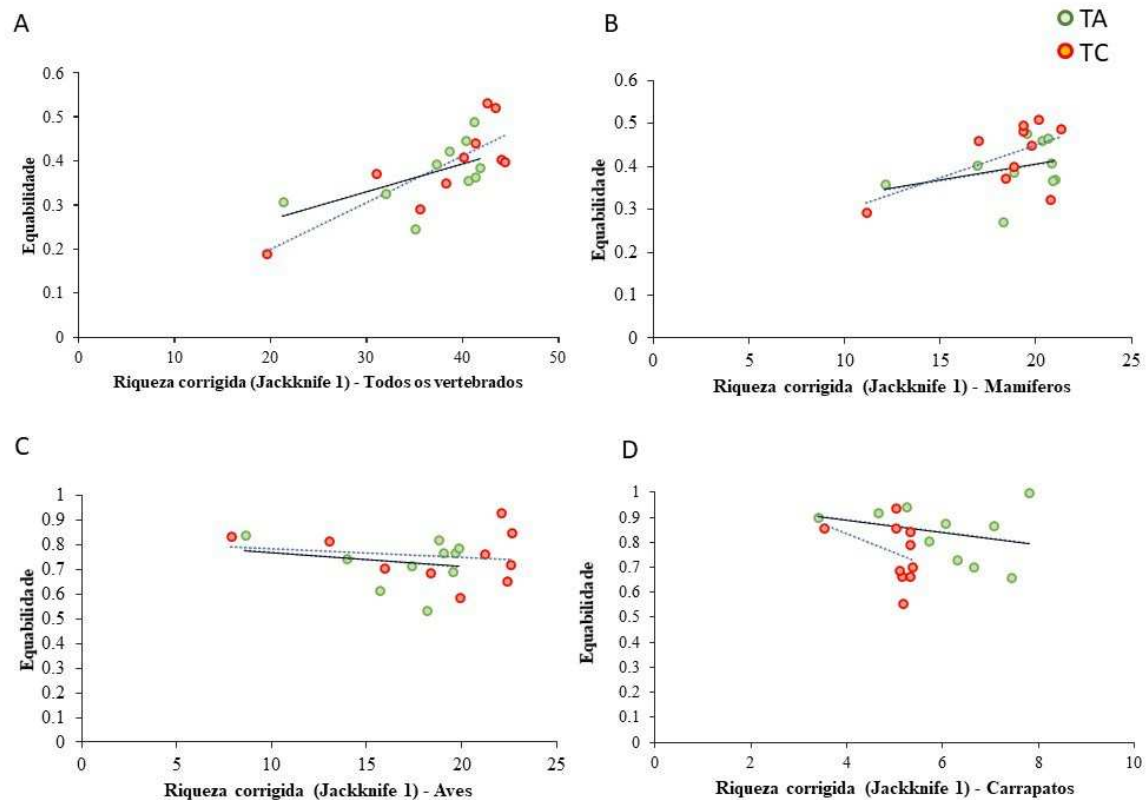


Figura 6. Diagrama de dispersão mostrando a relação da equabilidade com a riqueza corrigida (Jackknife 1) das comunidades de: (A) Todos os vertebrados juntos, (B) Mamíferos, (C) Aves e, (D) Carrapatos, coletados de março de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu. Os pontos verdes e as linhas cheias indicam as trilhas abertas e os pontos vermelhos e as linhas pontilhadas representam os transectos controle. Legenda: TA = trilha aberta; TC = transecto controle.

4. DISCUSSÃO

Muitas das amostragens de vertebrados e de carrapatos são realizadas por conveniência em locais com acesso, deslocamento e visibilidade humanos facilitados. Por este motivo em fitofisionomias com vegetação densa, como em florestas tropicais, as trilhas se constituem uma alternativa para realização de estudos. No entanto, essas amostragens podem ter um viés importante uma vez que as trilhas perceptíveis para humanos representam apenas uma parcela da forma de deslocamento/movimentação dos animais. Embora alguns animais possam ter preferência por trilhas humanas, seu deslocamento pode ocorrer também por trajetos não perceptíveis ao ser humano. Como carrapatos em comportamento de espreita na busca por hospedeiros se imobilizam na vegetação no trajeto destes hospedeiros (Szabó et al., 2009; Terassini et al., 2010), uma distribuição alternativa às trilhas pode ser suposta para os carrapatos. Adicionando complexidade ao sistema, a área de vida e o tamanho corporal são extremamente variáveis entre as espécies de vertebrados, o que determina em parte a

densidade de potenciais hospedeiros e diferenças nos padrões de uso do ambiente (Tucker et al., 2014).

As espécies de vertebrados e de carrapatos registradas nesse estudo são comuns no Parque Nacional do Iguaçu, tanto do lado brasileiro quanto argentino (Straube et al., 2004; Di Bitetti et al., 2010; Xavier da Silva et al., 2018; Lamattina et al., 2018; Brocardo et al., 2019; Suzin et al., 2020; Szabó et al., in prep.; Scherer-Neto et al., disponível em: www.taxeus.com.br/lista/11977). Registramos pelo menos 18 espécies de mamíferos de médio e grande porte que ocorrem no PNI, o que equivale a 60 % das espécies inventariadas através de armadilha fotográfica (Brocardo et al., 2019). Cabe ressaltar que os registros documentados por Brocardo et al., (2019) englobam uma ampla escala temporal, espacial e metodológica e o nosso estudo foi realizado em um curto período de tempo em uma área restrita de floresta semidecídua não alagável utilizando apenas registros de armadilhas fotográficas. Por outro lado, nosso trabalho é pioneiro na quantificação de aves no PNI através desses equipamentos, que tem se mostrado promissores em estudos de avifauna em áreas de floresta tropical (Roncal et al., 2019). Quanto aos carrapatos, todas as espécies coletadas nesse estudo têm ocorrência descrita em trilhas utilizadas por animais e seguiram um padrão de sazonalidade já documentado em um estudo anterior (Suzin et al., 2020).

4.1. Uso das trilhas por vertebrados

No nosso estudo, de forma geral e ao contrário do esperado, não houve diferença no número de registros de vertebrados entre as trilhas abertas e os transectos controle. Esse resultado é parecido com os obtidos através de uma amostragem semelhante a nossa em uma área preservada de floresta tropical no Equador (Blake & Mosquera, 2014), no entanto, ambos são bastante divergentes dos vistos por Di Bitetti et al. (2014) no vizinho Parque Nacional do Iguazú argentino, que mostrou que nas trilhas foram registradas quatro vezes mais mamíferos do que nas não trilhas. A discrepância nos resultados pode ser explicada por características particulares de cada desenho experimental, entre elas, o esforço amostral, o período do ano e/ou a idade e largura das trilhas. Por exemplo, no nosso estudo foram 10 meses de amostragem (4.664 armadilhas-dia) em trilhas recém-abertas e estreitas (1 m de largura) enquanto Blake & Mosquera (2014) desenvolveram seu trabalho com esforço quatro vezes menor, em trilhas antigas e estreitas (< 1 m de largura) e Di Bitetti et al. (2014) tiveram um esforço amostral de 2.268 armadilhas-dia em trilhas antigas e largas (5 m). Devido a maior escala temporal de nossos registros em relação a esses dois trabalhos, acreditamos que nossos resultados reforçam a teoria de que as trilhas estreitas (< 1 m de largura) não influenciam na

atividade total de animais vertebrados. Não podemos desconsiderar que características particulares das trilhas e sua localização [e.g., idade, largura, declividade do solo e distância de corpos de água (Weckel et al., 2006; Harmsen et al., 2010)] também podem ser fatores determinantes para o uso e devem ser investigadas.

Embora o padrão geral seja de ausência de diferença na abundância entre trilhas abertas e transectos controle alguns grupos taxonômicos usam as trilhas de forma diferenciada, o que parece ser comum para várias espécies de mamíferos neotropicais, e pode estar associado à aspectos comportamentais e variações físicas da matriz florestal (Püttker et al., 2008; Goulart et al., 2009; Harmsen et al., 2010; Ribeiro & Vieira, 2016). Por exemplo, o maior número de registros de carnívoros em trilhas abertas também ocorre em outras florestas tropicais (Goulart et al., 2009; Di Bitetti et al., 2010; Blake & Mosquera, 2014), com algumas espécies apresentando correlação positiva com a idade e com a largura de trilhas em áreas de maior qualidade ambiental (Trolle & Kéry, 2005; Harmsen et al., 2010; Di Bitetti et al., 2010; 2014; Negrões et al., 2010). As trilhas, por serem locais que oferecem boa visibilidade, podem auxiliar na locomoção rápida e silenciosa de predadores (Emmons et al., 1989; Branch, 1995) o que reforça a ideia de que em áreas preservadas esses animais podem se adaptar rapidamente a determinados locais, como por exemplo, às trilhas, para maximizar a detecção de presas. Da mesma forma, o lagomorfo *S. brasiliensis* e o gênero de marsupial *Didelphis* spp. foram registrados em maior proporção nas trilhas abertas do que nos transectos controle, padrão já descrito para a primeira espécie na Mata Atlântica e no Pantanal (Trolle & Kéry, 2005; Di Bitetti et al., 2014). Já o gênero *Didelphis* abriga espécies altamente adaptáveis a ambientes alterados (Reis et al., 2006; Gentile et al., 2018), e essa plasticidade pode encorajá-los a usar trilhas feitas pelo homem, o que pode ter sido determinante para o maior número de registros desse táxon nas trilhas abertas.

Por outro lado, os roedores (*D. azarae* e Rodentia n.i.) compreenderam quase metade dos registros, e ocorreram sobretudo nos transectos controle. Esses grupos desempenham um papel importante nos ecossistemas devido ao seu hábito dispersor-estocador e por serem recursos na dieta de vários carnívoros (Rau & Jiménez, 2002; Galetti et al., 2006; Rocha-Mendes et al., 2007). O uso de locais menos expostos por esses táxons (i.e., com maior densidade de árvores, cobertura de herbáceas, presença de troncos caídos) possivelmente oferece um microclima mais adequado, com maior disponibilidade de alimentos e proteção contra predadores (DalMagro & Vieira, 2005; Püttker et al., 2008; de Lima et al., 2010; Melo et al., 2013; Ribeiro & Vieira, 2016). Devido ao grande número de registros desses animais é presumível supor que eles sejam a base da dieta de muitas espécies de predadores que

ocorrem no PNI e que por isso evitem compartilhar os mesmos locais, usando, portanto, espaços alternativos com menor risco de exposição. Portanto, esses padrões já descritos juntamente com as nossas observações, reforçam a teoria que transectos controle são locais mais propensos ao registro de pequenos roedores quando comparado com locais alterados (i.e., ausência de vegetação e menor quantidade de serrapilheira). Além disso, devido a menor massa corpórea, pequenos roedores possuem áreas de vida mais restritas (Tucker et al., 2014) e tem menor propensão de explorarem outras áreas, como é o caso das trilhas abertas. Há de se considerar também a relação entre largura de trilhas e massa corpórea dos animais. Neste contexto, a dimensão de trilhas de pequenos roedores pode ser imperceptível para seres humanos, pelo menos em uma observação menos minuciosa.

Quanto às aves, todas as ordens apresentaram número de registros similares nos dois tipos de ambiente. No entanto, no nível de gênero, *Leptotila* spp. e *Geotrygon* spp. foram mais registradas nas trilhas abertas e transectos controle, respectivamente. Esses gêneros de Columbiformes parecem exibir certa preferência de habitat com indícios de que o primeiro seja mais generalista [encontrados em capoeiras, beira de mata (primária e secundária)], enquanto o segundo parece ser mais restrito a interiores de mata (Sick, 1997). Estudos têm apontado que trilhas de uso moderado a intenso apresentam menor abundância de aves frugívoras do que locais sem trilha (Gonçalves da Silva & Silva, 2020), o que reforça que características da trilha e da guilda tem forte influência sobre os padrões de uso. Isso também ajudaria a explicar a ausência de diferença entre os dois tipos de ambiente pois além de possuírem um baixo uso humano, a cobertura de dossel não foi afetada. Futuros estudos devem levar em consideração o tipo de dieta e a estrutura da vegetação nas análises de composição das comunidades de aves (Gonçalves da Silva & Silva, 2020).

4.2. Uso das trilhas por carrapatos

O presente trabalho evidenciou que a fauna de carrapatos em transectos controle é diversa e numerosa e que amostragens restritas às trilhas abertas fornecem resultados parciais. Em outras palavras a avaliação da Ixodofauna em áreas de Mata Atlântica deveria contemplar, apesar das dificuldades, amostragem em percursos ou áreas fora de trilhas. Desenhos experimentais envolvendo comparações entre trilhas abertas e transectos controle são incipientes para Ixodídeos e a saber, ausentes na região Neotropical. Na Eslováquia, Raši et al. (2018) verificaram que as trilhas usadas por animais possuíam pelo menos 3 vezes mais carrapatos do que transectos controle, supondo que esse resultado está associado ao fato de que hospedeiros usam locais conhecidos para se deslocarem. Aqui, refutando nossa segunda e

terceira predições, a abundância de carrapatos e seus estágios foram semelhantes entre trilhas abertas e transectos controle e não houve um aumento na abundância ao longo dos meses. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que há um período necessário de colonização da trilha por carrapatos que se inicia com a movimentação dos animais, desprendimento dos carrapatos, sua ecdise ou ovipostura no ambiente e subida na vegetação para busca por hospedeiros. Esse período poderá ter influenciado os resultados, em especial nos primeiros meses, visto que a densidade de carrapatos em trilhas antigas para todos os estágios foi consideravelmente superior à das trilhas recentes, corroborando nossa quarta predição. Mesmo considerando esse período de colonização notamos no nível de espécie uma proporção dispar entre os dois tipos de ambiente. Ninfas de *A. coelebs* tenderam a serem mais coletadas nas trilhas abertas. Em vida livre essa espécie foi a segunda mais abundante em trilhas no PNI brasileiro e argentino e estavam concentradas em locais de menor altitude (Lamattina et al., 2018; Suzin et al., 2020). Nessas duas áreas florestais ninfas dessa espécie estão associadas com *D. albiventris*, *D. aurita* e *S. brasiliensis*, com valores elevados de intensidade média de infestação (Lamattina et al., 2018; Szabó et al., in prep.). Em outras regiões e biomas, ninfas de *A. coelebs* já foram registradas associadas a *D. albiventris*, *D. aurita*, e animais de grande porte, como a anta (*T. terrestris*) enquanto adultos à carnívoros e anta (Sponchiado et al., 2015; Esser et al., 2016; Nava et al., 2017; Gomes de Sá et al., 2018; Lamattina et al., 2018; Estrada-Peña et al., 2020; Labruna et al., 2021). Esses padrões de infestação já descritos somados aos nossos resultados apontam uma possível sobreposição espacial desses grupos de hospedeiros com as ninfas de *A. coelebs* em vida livre. Adicionalmente, em trabalho anterior (Suzin et al., 2020), o pico das ninfas de *A. coelebs* ocorreu em agosto e das larvas de *Amblyomma* spp. no outono. Assim, embora as trilhas recém abertas permaneceram em estudo por apenas 11 meses, esse tempo já permite a colonização com ninfas a partir das larvas ingurgitadas, alimentadas quiçá em gambás.

Nesse trabalho, *A. ovale* apresentou uma tendência numérica de ser mais coletado nas trilhas abertas, no entanto, os números absolutos são baixos o que requer um monitoramento em escala espaço-temporal maior para confirmar esse padrão. Adultos de *A. ovale* tendem a ficar na vegetação mais próxima do solo (Suzin et al., 2020) e parecem estar associados com trilhas bem-marcadas (i.e., 1 m de largura e com solo exposto) em locais de monitoramento de felinos (AS; AV; MXS, MPJS, dados não publicados). De fato, é bem estabelecido na literatura associações de adultos de *A. ovale* com espécies de carnívoros (Lamattina et al., 2018; Estrada-Peña et al., 2020), que foram registradas em maior número nas trilhas abertas. Além disso, nossos resultados apontam que adultos de *A. ovale* rapidamente colonizam trilhas

abertas, atingindo inclusive, valores de densidade semelhantes àsquelas de trilhas antigas. A forma de colonização das trilhas por adultos de *A. ovale* no PNI é desconhecida uma vez que larvas não foram detectadas anteriormente nas trilhas e as ninfas são raras (Suzin et al., 2020). Sabe-se que roedores das famílias Cricetidae e Echimyidae e aves são hospedeiros frequentes de ninfas e larvas de *A. ovale* (Nava et al., 2017) e, portanto, uma conexão complexa deve ocorrer entre as trilhas e outros trajetos desses hospedeiros. Esse resultado tem importância epidemiológica, pois em algumas áreas de Mata Atlântica fragmentada essa espécie de carrapato se alimenta em cães e está associada a bactéria *Rickettia parkeri* cepa Mata Atlântica, responsável por causar uma doença febril branda (Spolidorio et al., 2010; Sabatini et al., 2011; Szabó et al., 2013). Nesse sentido, podemos especular que populações do carrapato *A. ovale* são favorecidas pela antropização, tanto pela maior extensão de trilhas abertas na mata como pela disponibilização de um hospedeiro carnívoro alternativo para os adultos, como por exemplo o cão. A relação desta observação com a riquetsiose humana merece investigação adicional.

Por outro lado, ninfas e adultos de *A. brasiliense* foram coletadas em maior número nos transectos controle. *Amblyomma brasiliense* foi a espécie mais abundante coletada em trilhas antigas na área de estudo e em locais preservados semelhantes (Lamattina et al., 2018; Suzin et al., 2020). Imaturos dessa espécie têm sido associados a vertebrados diversos como cutias, cervídeos e tamanduás enquanto adultos são comumente associados com Tayassuidae mas também podem ocorrer em números elevados em *T. terrestris* em áreas de Mata Atlântica preservada (Aragão, 1936; Nava et al., 2017; Lamattina et al., 2018; Szabó et al., in prep.). No nosso estudo o maior número absoluto de registros de antas ocorreu nos transectos controle e os de *T. pecari* exclusivamente nesses locais. Embora o número de registros seja baixo e impeça conclusões sólidas, podemos supor uma possível associação entre a ocorrência desses dois grupos de vertebrados com a de *A. brasiliense* nos transectos controle. Cabe destacar também, que os três estágios de *A. incisum* foram registrados em maior número (ninfas) e exclusivamente (larvas e adultos) nos transectos controle. Antas são hospedeiros dos adultos dessa espécie de carrapatos e imaturos já foram registrados em Artiodátida e carnívoros (Nava et al., 2017). Muito embora todos os estágios de *A. incisum* sejam frequentes em trilhas bem estabelecidas (Szabó et al., 2009 e Suzin et al., 2020), nosso resultado indica uma dispersão dessa espécie de carrapato em outros trajetos também.

4.3. Parâmetros de comunidades: vertebrados e carrapatos

Ao contrário do esperado, a maioria dos padrões de composição e estrutura das comunidades nas trilhas abertas e transectos controle foram similares. O comportamento da curva de acumulação das espécies dos dois ambientes foi similar e nenhuma comunidade atingiu a assíntota, com exceção dos carrapatos nos transectos controle. Esse padrão era esperado para os mamíferos e para aves devido ao grande número de espécies que ocorrem no PNI (Brocardo et al., 2019; ICMBIO). Além disso, o retardo na estabilização da curva parece ser comum em outros locais de mata preservada (Di Bitetti et al., 2010; Blake & Mosquera, 2014) e pode estar associado também aos riscos percebidos por cada espécie, como por exemplo a exposição a predadores. Esse evitar é respaldado pelo fato de que os carnívoros, os principais predadores presentes na nossa área de estudo, usaram mais as trilhas abertas quando comparado com os transectos controle. Por outro lado, os transectos controle foram selecionadas sem possuir uma estrutura ou caminho direcionador, como o que ocorre com as trilhas abertas. Por este motivo a exploração desses ambientes, apesar da demarcação do trajeto, ocorreu de modo mais aleatório e por locais que não constituíssem uma barreira física para os seres humanos, mas que para as diversas espécies de animais poderá ter tido um significado diferente.

A riqueza estimada das comunidades foi similar entre as trilhas abertas e os transectos controle o que está de acordo com os resultados vistos por Di Bitetti et al. (2014) para a comunidade de mamíferos no PNI argentino. Já os carrapatos tenderam a ter uma riqueza maior nas trilhas, o que possivelmente está associado com detecção de *A. longirostre* exclusivamente nesses locais. Por outro lado, a diversidade de mamíferos foi maior nas trilhas abertas, e os carrapatos apresentaram uma tendência de seguir esse padrão. Esses resultados podem ter sido influenciados pela maior abundância relativa de espécies raras nas trilhas, como por exemplo, mamíferos da ordem Carnívora e as espécies de carrapato *A. longirostre* e *A. ovale*. Seguindo esse padrão, Domínguez et al. (2019) mostraram que locais com maior diversidade de potenciais hospedeiros também abrigam espécies raras de carrapatos. Portanto, ambientes preservados contribuem com a complexidade de comunidades ecológicas o que em última instância impede extinções em cascata. Por outro lado, as aves, exibiram parâmetros de comunidade (i.e., abundância, riqueza e diversidade) semelhantes entre trilhas abertas e transectos controle o que pode estar associado ao baixo impacto ambiental do nosso desenho amostral. Notadamente, esse grupo de vertebrados e especialmente as espécies especialistas, parecem ser sensíveis a alterações ambientais provocadas por trilhas de uso moderado a intenso (Gonçalves da Silva & Silva, 2020).

Ressaltamos aqui que algumas questões metodológicas e taxonômicas podem ter contribuído como a maior diversidade nas trilhas abertas. Alguns táxons devido a características de pelagem/penas e tamanho são mais facilmente distinguíveis do que outros. Os carnívoros (mais registrados nas trilhas abertas) são animais grandes com características corporais únicas, enquanto pequenos mamíferos (maior número de registros nos transectos controle) compreendem inúmeras espécies crípticas, noturnas e na maioria das vezes de tamanho corporal pequeno o que torna a distinção taxonômica extremamente difícil. Além disso, pequenos mamíferos podem ter menor probabilidade de captura através de armadilhas fotográficas (Tobler et al., 2008). Juntos esses fatores mostram que possivelmente pode ter ocorrido uma subestimação da diversidade, sobretudo nos transectos controle, e isso pode ter influenciado na diferença encontrada.

Ao contrário do esperado a diversidade beta (*turnover*) entre trilhas abertas e transectos controle das comunidades estudadas foi baixa, apresentando elevada similaridade na composição. Esse resultado está de acordo com o visto por Blake & Mosquera (2014) em um trabalho com desenho amostral muito similar ao nosso, mas difere do visto por Di Bitetti et al. (2014). Essa divergência entre os resultados dos três estudos pode estar relacionada com as particularidades da estrutura das trilhas, como por exemplo, a largura e o grau de intensidade de uso. Nesse caso, locais com menor trânsito humano e impacto podem ter contribuído com a elevada similaridade entre os dois tipos de ambiente. Esses resultados em conjunto sugerem que pequenas trilhas usadas esporadicamente por pesquisadores em áreas de mata preservada têm um baixo efeito sobre o comportamento de vertebrados e consequentemente de carrapatos. Embora nosso desenho experimental não tenha apresentado impacto suficiente para tornar as comunidades heterogêneas, podem ter ocorrido alterações comportamentais que não foram mensuradas através das armadilhas fotográficas, como por exemplo, maior de tempo gasto em estado de vigília.

Finalmente, refutando a última hipótese, a abundância dos carrapatos não aumentou com a disponibilidade de hospedeiros, o que difere de outros estudos que pontuam uma relação positiva entre espécies dessas duas comunidades (Szabó et al., 2009; Ruiz-Fons & Gilbert, 2010; Hofmeester et al., 2017b). Hofmeester et al. (2017c) verificaram que a presença de veados ao invés da taxa de passagem é o fator determinante da abundância de *Ixodes ricinus* na Holanda. Futuros estudos devem investigar a não-linearidade nessas interações, sobretudo aquelas entre espécies/estágios que conhecidamente possuem maior afinidade por determinados hospedeiros. Independentemente do resultado, o uso de armadilhas fotográficas tem se mostrado promissor em estudos de associações ecológicas entre comunidades de

hospedeiros e de carrapatos com implicações epidemiológicas e conservacionistas (Hofmeester et al., 2017b; Esser et al., 2019; Takumi et al., 2019). Ressaltamos que informações sobre a estrutura e composição das comunidades tanto de hospedeiros quanto de carrapatos são essenciais para predizer o quanto o ambiente foi alterado e/ou se é um local potencial para o aparecimento de doenças. Por exemplo, locais com maior abundância, riqueza e biomassa de hospedeiros podem ser preditores para comunidades de carrapatos estruturalmente mais complexas (i.e., mais ricas e abundantes), pois providenciam mais recursos para alimentação (Ruiz-Fons & Gilbert, 2010; Hamer et al., 2012; Esser et al., 2019). Ao contrário, do ponto de vista ecoepidemiológico, comunidades com menor riqueza, diversidade e equabilidade têm maior probabilidade de possuírem hospedeiros eficientes na transmissão de agentes patogênicos para vetores, aumentando consequentemente, o *pool* de carrapatos infectados (Ostfeld & Keesing, 2000; Schmidt & Ostfeld, 2001; Takumi et al., 2019).

5. CONCLUSÃO

Nosso trabalho mostrou que a atividade de vertebrados e a abundância de carrapatos não apresentou diferença entre trilhas abertas e transectos controle. No entanto, alguns grupos taxonômicos usam o ambiente de forma diferenciada. Por exemplo, no nível de ordem, os carnívoros e os lagomorfos foram mais registrados nas trilhas abertas e os roedores nos transectos controle. Para os carrapatos, ninfas de *A. coelebs* foram coletadas principalmente em trilhas abertas e ninfas e adultos de *A. brasiliense* em transectos controle. Esses dados em conjunto indicam certa seletividade espacial por parte dos vertebrados o que parece afetar também a distribuição das espécies/estágios de carrapatos. Haja visto que trilhas antigas apresentaram maior densidade de carrapatos que as recentes e considerando o ciclo de vida anual dos carrapatos, monitoramentos em períodos maiores poderiam mostrar um padrão distinto de composição das comunidades desses ectoparasitos. A diversidade dos mamíferos foi maior nas trilhas abertas e dos carrapatos não houve diferença entre trilhas abertas e transectos controle. De forma geral, a diversidade beta e a riqueza das comunidades (todos os vertebrados juntos, dos mamíferos e aves em separado e dos carrapatos) não diferiram entre trilhas abertas e transectos controle. Futuros estudos devem associar, em escalas temporais maiores, as formas de uso das trilhas com o tipo de vegetação, o tempo de permanência, a massa corporal e o tipo de comportamento social dos vertebrados e as espécies e estágios de carrapatos. A relação inversa também pode ser explorada, com os carrapatos podendo ser utilizados como bioindicadores da estrutura da comunidade de vertebrados e da qualidade

ambiental. Conhecer essas relações em locais preservados auxilia no entendimento de padrões ecológicos das comunidades e na previsão de possíveis cenários epidemiológicos frente a alterações ambientais.

6. REFERÊNCIAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Aragão HB. 1936. Ixodidas brasileiros e de alguns paizes limitrophes. *Memorial Instituto Oswaldo Cruz* 31:759-841. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761936000400004>.
- Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos AS. 2007. BioEstat 5.3. aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá/MCT- CNPq/ Conservation International, Belém.
- Barros-Battesti DMB, Arzua M, Bechara GH. 2006. Carrapatos de importância médico veterinária da região Neotropical: Um guia ilustrado para identificação de espécies. Vox/ICTTD-3/Butantan, São Paulo.
- Baselga A, Orme CDL. 2012. Betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 3:808-812. doi:10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x.
- Belozerov VN. 1982. Diapause and biological rhythms in ticks. In: Obenchain FD, Galun R (Eds), *Physiology of ticks*. Pergamon Press, Oxford. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-024937-7.50018-4>.
- Blake JG, Mosquera D. 2014. Camera trapping on and off trails in lowland forest of eastern Ecuador: does location matter? *Mastozoología Neotropical* 21:17-26.
- Branch LC. 1995. Observations of predation by pumas and Geoffroy's cats on the plains vizcacha in semi-arid scrub of central Argentina. *Mammalia* 59:152-156.
- Brocardo CR, Xavier da Silva M, Ferracioli P, Cândido Jr. JF, Bianconi GV, Moraes MFD, Galetti M, Passamani M, Policena A, dos Reis NR, Crawshaw Jr. P. 2019. Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. *Oecologia Australis* 23:165-190. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2302.01>.
- Burton CA, Neilson E, Moreira D, Ladle A, Steenweg R, Fisher JT, Bayne E, Boutin S. 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to

- ecological processes. *Journal of Applied Ecology* 52:675-685. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12432>.
- Corlett RT. 2014. Ecological roles of animals in tropical forests. *Tropical Forestry Handbook*. Doi:10.1007/978-3-642-41554-8_54-1.
- DalMagro AD, Vieira EM (2005) Patterns of habitat utilization of small rodents in an area of Araucaria forest in Southern Brazil. *Austral Ecology* 30:353-362. DOI:10.1111/j.1442-9993.2005.01447.x.
- de Lima DO, Azambuja BO, Camilotti VL, Cáceres NC (2010) Small mammal community structure and microhabitat use in the austral boundary of the Atlantic Forest, Brazil. *Zoologia* 27:99-105. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000100015>.
- Di Bitetti MS, Placi G, Dietz LA (2003) Uma visão de biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. World Wildlife Fund, Washington.
- Di Bitetti MS, De Angelo CD, Di Blanco YE, Paviolo A (2010) Niche partitioning and species coexistence in a Neotropical felid assemblage. *Acta Oecologica* 36:403-412. doi:10.1016/j.actao.2010.04.001.
- Di Bitetti MS, Paviolo A, De Angelo C (2014) Camera trap photographic rates on roads vs. off roads: location does matter. *Mastozoología Neotropical* 21:37-46.
- Domínguez L, Miranda RJ, Torres S, Moreno R, Ortega J, Bermúdez SE (2019) Hard tick (Acari: Ixodidae) survey of Oleoducto trail, Soberania National Park, Panama. *Ticks and Tick-borne Diseases* 10:830-837. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.04.001>.
- Dunn RR, Harris NC, Colwell RK, Koh LP, Sodhi NS (2009) The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? *Proceedings of the Royal Society* 276:3037-3045. doi:10.1098/rspb.2009.0413.
- Egizi AM, Robbins RG, Beati L, Nava S, Evans CR, Occi JL, Fonseca DM. 2019. A pictorial key to differentiate the recently detected exotic *Haemaphysalis longicornis* Neumann, 1901 (Acari, Ixodidae) from native congeners in North America. *ZooKeys* 818: 117128. doi: 10.3897/zookeys.818.30448.
- Emmons LH, Sherman P, Bolster D, Goldizen A, Terborgh J (1989) Ocelot behavior in moonlight. In: Redford KH, Eisenberg JF (Eds.) *Advances in Neotropical Mammalogy*. Sandhill Crane Press, Gainesville, pp. 233-242.

- Esser HJ, Foley JE, Bongers F, Herre EA, Miller MJ, Prins HHT, Jansen PA. 2016. Host body size and the diversity of tick assemblages on Neotropical vertebrates. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 5 :295-304.
- Esser HJ, Herre EA, Kays R, Lierfting Y, Jansen PA (2019) Local host-tick coextinction in neotropical forest fragments. *International Journal for Parasitology* 49:225-233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.08.008>.
- Estrada-Peña A, Nava S, Tarragona E, De la Fuente J, Guglielmone AA. 2020. A community approach to the neotropical ticks-hosts interactions. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66400-3>.
- Foster RJ, Harmsen BJ. 2012. A Critique of density estimation from camera-trap data. *Journal of Wildlife Management* 76:224-236; 2012; DOI:10.1002/jwmg.275.
- Galetti M, Donatti CI, Pires AS, Guimarães PR, Jordano P. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: The combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151:141-149. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00529.x>.
- Gentile, Cardoso TS, Costa-Neto SF, Teixeira BR, D'Andrea OS. 2018. Community structure and population dynamics of small mammals in an urban-sylvatic interface area in Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia* 35:1-12. <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.35.e13465>
- Gilbert L. 2010. Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases? *Oecologia* 162:217-225. doi:10.1007/s00442-009-1430-x.
- Gilbert LG, Aungier J, Tomkins JL. 2014. Climate of origin affects tick (*Ixodes ricinus*) host-seeking behavior in response to temperature: implications for resilience to climate change? *Ecology and Evolution* 4:1186-1198. doi:10.1002/ece3.1014.
- Ginsberg HS, Rulison EL, Miller JL, Pang G, Arsnoe IS, Hickling GJ, Ogden NH, LeBrun RA, Tsao JI. 2019. Local abundance of *Ixodes scapularis* in forests: Effects of environmental moisture, vegetation characteristics, and host abundance. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101271>.
- Gomes de Sá EFG, Rodrigues VS, Garcia MV, Zimmermann NP, Ramos VN, Blecha IMZ, Duarte PO, Martins TF, Bordignon MO, Andreotti A. 2018. Ticks on *Didelphis albiventris* from a Cerrado area in the Midwestern Brazil. *Systematic & Applied Acarology* 23:935-945. <http://doi.org/10.11158/saa.23.5.11>.

- Gonçalves da Silva B, Silva WR. 2020. Impacts of park roads and trails on a community of Atlantic Forest fruit-eating birds. *Tropical Ecology* 61:371-386 <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00097-3>.
- Goulart FVB, Cáceres NC, Graipel ME, Tortato MA, Ghizoni Jr. IR, Oliveira-Santos LGR. 2009. Habitat selection by large mammals in a Southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182-190. doi:10.1016/j.mambio.2009.02.006.
- Hamer SA, Hickling GJ, Sidge JL, Walker ED, Tsao JI. 2012. Synchronous phenology of juvenile *Ixodes scapularis*, vertebrate host relationships, and associated patterns of *Borrelia burgdorferi* ribotypes in the midwestern United States. *Ticks and Tick-borne Diseases* 3:65-74. doi:10.1016/j.ttbdis.2011.11.004.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb.
- Harmsen BJ, Foster RJ, Silver S, Ostro L, Doncaster CP. 2010. Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera-trap studies: a case study from Belize. *Biotropica* 42:126-133. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00544.x>.
- Hatcher MJ, Dick JTA, Dunn AM. 2012. Diverse effects of parasites in ecosystems: linking interdependent processes. *Frontiers Ecology Environment* 10:186-194. doi:10.1890/110016.
- Hofmeester TR, Jansen PA, Wijnen HJ, Coipan EC, Fonville M, Prins HHT, Sprong H, van Wieren SE. 2017a. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences*. doi.org/10.1098/rspb.2017.0453.
- Hofmeester TR, Rowcliffe JM, Jansen PA. 2017b. Quantifying the availability of vertebrate hosts to ticks: a camera-trapping approach. *Frontiers in Veterinary Science* 4, 115. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00115>.
- Hofmeester TR, Sprong H, Jansen PA, Prins HHT, van Wieren SE. 2017c. Deer presence rather than abundance determines the population density of the sheep tick, *Ixodes ricinus*, in Dutch forests. *Parasites & Vectors* 10:433. DOI 10.1186/s13071-017-2370-7.
- Hudson PJ, Dobson A, Lafferty KD. 2006. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology and Evolution* 21:381-385. DOI:10.1016/j.tree.2006.04.007.
- ICMBIO. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaiguacu/biodiversidade/14-fauna.html>. Acessado em 18 de outubro de 2020.

- Jones CR, Brunner JL, Scoles GA, Owen JP. 2015. Factors affecting larval tick feeding success: host, density and time. *Parasites & Vectors*, DOI:10.1186/s13071-015-0955-6.
- Jongejan F, Uilenberg G (2004) The global importance of ticks. *Parasitology* 129:S3–S14. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005967>.
- Jordan RA, Schulze TL. 2020. Artificial accumulation of leaf litter in forest edges on residential properties via leaf blowing is associated with increased numbers of host-seeking *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Journal of Medical Entomology* 57:1193-1198. doi: 10.1093/jme/tjaa033.
- Labruna MB, Martins TF, Acosta ICL, Serpa MC, Soares HS, Teixeira RHF, Fernandes-Santos RC, Medici EP. 2021. Ticks and rickettsial exposure in lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) of three Brazilian biomes. *Ticks and Tick-borne Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101648>.
- Lamattina D, Venzal JM, Costa SA, Arrabal JP, Flores S, Berrozpe PE, GonzálezAcuña D, Guglielmone AA, Nava S. 2018. Ecological characterization of a tick community across a landscape gradient exhibiting differential anthropogenic disturbance in the Atlantic Forest ecoregion in Argentina. *Medical and Veterinary Entomology* 32:271-281. <https://doi.org/10.1111/mve.12295>.
- Levi T, Kilpatrick AM, Mangel M, Wilmers CC. 2012. Deer, predators, and the emergence of Lyme disease. *PNAS* 109:10942-10947. <https://doi.org/10.1073/pnas.1204536109>.
- Luz HR, Costa Neto SF, Weksler M, Gentile R, Faccini JLH. 2018. Carrapatos parasitando mamíferos silvestres em áreas da Floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Brasil *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. <https://doi.org/10.1590/s1984-296120180027>.
- Luz HR, Faccini JL, McIntosh D. 2017. Molecular analyses reveal an abundant diversity of ticks and rickettsial agents associated with wild birds in two regions of primary Brazilian Atlantic Rainforest. *Ticks and Tick-borne Diseases* 8:657-665. doi:10.1016/j.ttbdis.2017.04.012.
- Maack R. 2012. *Geografia Física Do Estado Do Paraná*. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- MacDonald AJ. 2018. Abiotic and habitat drivers of tick vector abundance, diversity, phenology and human encounter risk in southern California. *PLoS ONE* 13(7): e0201665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201665>.

- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. 1. Ecological communities. Diversity. Mathematical models. Croom Helm Limited, London.
- Martins TF, Onofrio VC, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2010. Nymphs of the genus *Amblyomma* (Acari: ixodidae) of Brazil: descriptions, redescrptions, and identification key. Ticks and Tick-Borne Diseases 1:75-99. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis>.
- Melo AS, Froehlich CG. 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. Journal of the North American Benthological Society 20:1-16. DOI:10.2307/1468184.
- Melo GL, Miotto B, Peres B, Cáceres NC. 2013. Microhabitat of small mammals at ground and understorey levels in a deciduous, southern Atlantic Forest. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 85:727-736. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200017>.
- Mendoza-Roldan J, Ribeiro SR, Castilho-Onofrio V, Grazziotin FG, Rocha B, Ferreto-Fiorillo B, Pereira JS, Benelli G, Otranto D, Barros-Battesti DM. 2020. Mites and ticks of reptiles and amphibians in Brazil. Acta tropica. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105515>
- Nava S, Venzal JM, González-Acuña D, Martins TF, Guglielmone AA. 2017. Ticks of the Southern Cone of America: Diagnosis, distributions, and hosts with taxonomy, ecology and sanitary importance. Academic Press, United Kingdom.
- Negrões N, Sarmento P, Cruz J, Eira C, Revilla E, Fonseca C, Sollmann R, Tôres NM, Furtado MM, Jácomo ATA, Silveira L. 2010. Use of camera-trapping to estimate puma density and influencing factors in Central Brazil. Journal of Wildlife Management 74:1195-1203. DOI:10.2193/2009-256.
- Ostfeld RS, Keesing F. 2000. Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. Conservation Biology 3:722-728. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99014.x>.
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals. 2a Edição / 2nd Edition. Occasional Papers in Conservation Biology, No. 6. Conservation International, Arlington.
- Pajuaba Neto AA, Ramos VN, Martins MM, Osava CF, Pascoal JO, Suzin A, Yokosawa J, Szabó MPJ. 2018. Influence of microhabitat use and behavior of *Amblyomma sculptum* and *Amblyomma dubitatum* nymphs (Acari: ixodidae) on human risk for tick

- exposure, with notes on *Rickettsia* infection. Ticks and Tick-Borne Diseases 9:67-71. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2017.10.007>.
- Prist PR, Xavier da Silva M, Papi B. 2020. Guia de rastros de mamíferos neotropicais de médio e grande porte /São Paulo, Fólio Digital, 247 p.
- Püttker T, Pardini R, Meyer-Lucht Y, Sommer S. 2008. Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. BMC Ecology, doi:10.1186/1472-6785-8-9.
- Raši T, Majláth I, Bogdziewicz M, Dudek K, Majláthová V, Włodarek J, Almási M, Vargová B, Tryjanowski P. 2018. Tick distribution along animal tracks: implication for preventative medicine. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 2:360-363. <https://doi.org/10.26444/aaem/89919>.
- Rau JR, Jiménez JE. 2002. Diet of Puma (*Puma concolor*, Carnivora: Felidae) in Coastal and Andean Ranges of Southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 37:201-205. 10.1076/snfe.37.3.201.8567.
- Reis NR, Perachi AL, Pedro WA, Lima IP. 2006. Mamíferos do Brasil. Londrina, 437 páginas.
- Ribeiro JF, Vieira EM. 2016. Microhabitat selection for caching and use of potential landmarks for seed recovery by a neotropical rodent. Journal of Zoology, 300:274-280. <https://doi.org/10.1111/jzo.12380>.
- Rocha-Mendes F, Mikich SB, Quadros J, Wagner AP. 2010. Feeding ecology of carnivores (Mammalia, Carnivora) in Atlantic Forest remnants, Southern Brazil. Biota Neotropica 10:21-30. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400001>.
- Roncal CM, Middenfort E, Forsyth A, Cáceres A, Blake JG, Zambrano AMA, Broadbent EM. 2019. Seasonal patterns of spatial variation in understory bird assemblages across a mosaic of flooded and unflooded Amazonian Forests. Journal of Field Ornithology 0:1-12. DOI:10.1111/jfo.12299.
- Ruiz-Fons F, Acevedo P, Sobrino R, Vicente J, Fierro Y, Fernández-de-Mera IG. 2013. Sex-biased differences in the effects of host individual, host population and environmental traits driving tick parasitismo in red deer. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. doi: 10.3389/fcimb.2013.00023.
- Ruiz-Fons F, Gilbert L. 2010. The role of deer as vehicles to move ticks, *Ixodes ricinus*, between contrasting habitats. International Journal for Parasitology 40:1013-1020. doi:10.1016/j.ijpara.2010.02.006.

- Sabatini GS, Pinter A, Nieri-Bastos FA, Marcili A, Labruna MB. 2010. Survey of ticks (Acari: Ixodidae) and their *Rickettsia* in an Atlantic Rain Forest reserve in the State of São Paulo, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 47, 913-916. <https://doi.org/10.1093/jmedent/47.5.913>.
- Scherer-Neto P, Straube FC, Borschein M, Anjos L, Bernt R, Arruda SD. Uma lista de aves para o Parque Nacional do Iguaçu, Paraná. <https://www.taxeus.com.br/lista/11977>. Acesso em 18 de outubro de 2020.
- Schmidt KA, Ostfeld RS. 2001. Biodiversity and the dilution effect in disease ecology. *Ecology* 82:609-619. DOI:10.2307/2680183.
- Sick H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Sigrist T. 2007. *Aves do Brasil: uma visão artística*. Avis Brasilis, Brasil.
- Smith B, Wilson JB (1996) A consumer's guide to evenness indices. *Oikos* 76:70-82. DOI:10.2307/3545749.
- Sonenshine DE, Roe RM. 1993. *Biology of ticks*. Oxford University Press, New York.
- Souza RF, Machado SA, Galvão F, Figueiredo Filho A. 2017. Fitossociologia da vegetação arbórea do Parque Nacional do Iguaçu. *Ciência Florestal* 27:853-869. DOI:<https://doi.org/10.5902/1980509828635>.
- Spolidorio MG, Labruna MB, Mantovani E, Brandão PE, Richtzenhain LJ, Yoshinari NH. 2010. Novel spotted fever group rickettsiosis, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 16, 521-523. <https://doi.org/10.3201/eid1603.091338>.
- Sponchiado J, Melo GL, Martins TF, Krawczak FS, Labruna MB, Cáceres N. 2015. Association patterns of ticks (Acari: Ixodida: Ixodidae, Argasidae) of small mammals in Cerrado fragments, western Brazil. *Experimental and Applied Acarology* 65:389-401. DOI: 10.1007/s10493-014-9877-9.
- Straube FC, Urban-Filho A, Cândido-Jr. JF. 2004. Novas informações sobre a avifauna do Parque Nacional do Iguaçu (Paraná). *Atualidades ornitológicas* 120:1-10.
- Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Barbieri ARM, Labruna MB, Szabó MPJ. 2020. Free-living ticks (Acari: Ixodidae) in the Iguaçu National Park, Brazil: Temporal dynamics and questing behavior on vegetation. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 11:101471. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101471>.
- Szabó MPJ, Labruna MB, Pereira MC, Duarte JMB. 2003. Ticks (Acari: Ixodidae) on wild marsh-deer (*Blastocerus dichotomus*) from Southeast Brazil: Infestations before and after habitat loss. *Journal of Medical Entomology* 40:268-274. <https://doi.org/10.1093/jmedent/40.3.268>.

- Szabó MPJ, Labruna MB, Garcia MV, Pinter A, Castagnolli KC, Pacheco RC, Castro MB, Veronez VA, Magalhães GM, Vogliotti A, Duarte JMB. 2009. Ecological aspects of free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails in an Atlantic Rainforest of Southeastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 103:57-72. <https://doi.org/10.1179/136485909X384956>.
- Szabó MPJ, Pinter A, Labruna MB. 2013. Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. *Frontiers Cellular and Infection Microbiology*, 3, 30-38. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00027>.
- Szabó MPJ, Pascoal JO, Martins MM, Ramos VN, Osava CF, Santos ALQ, Yokosaw J, Rezende LM, Tolesano-Pascolia GV, Torga K, Castro MB, Suzin, Barbieri ARM, Werther K, Silva JMM, Labruna MB. 2019. Ticks and Rickettsia on anteaters from Southeast and Central-West Brazil. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 10:540-545. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.01.008>.
- Terassini FA, Barbieri FS, Albuquerque S, Szabó MPJ, Camargo LMA, Labruna MB. 2010. Comparison of two methods for collecting free-living ticks in the Amazonian Forest. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 1:194-196. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2010.08.002>.
- Takumi K, Sprong H, Hofmeester TR. 2019. Impact of vertebrate communities on *Ixodes ricinus*-borne disease risk in forest areas. *Parasites & Vectors* 12:434. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3700-8>
- Tobler MW, Carrillo-Percegué SE, Leite Pitman R, Mares R, Powell G. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178. doi:10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x.
- Trolle M, Kéry M (2005) Camera-trap study of ocelot and other secretive mammals in the northern Pantanal. *Mammalia* 69:405-412. DOI: 10.1515/mamm.2005.032.
- Tucker MA, Ord TJ, Rogers TL. 2014. Evolutionary predictors of mammalian home range size: body mass, diet and the environment. *Global Ecology and Biogeography* 23:1105-1114. <https://doi.org/10.1111/geb.12194>.
- Weckel M, Giuliano W, Silver SC. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: Distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* Print ISSN 0952-8369. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2006.00106.x.

WWF. 2014. Guia de fauna do Parque Nacional do Iguaçu.
https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/guia_fauna_parna_iguacu.pdf.

Acesso em 15 de outubro de 2020.

Xavier da Silva M, Paviolo A, Tambosi LR, Pardini R. 2018. Effectiveness of protected areas for biodiversity conservation: Mammal occupancy patterns in the Iguaçu National Park. Brazil. Journal for Nature Conservation 41:51-62.
DOI:10.1016/j.jnc.2017.11.001.

CAPÍTULO 2

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SELEÇÃO DE HABITAT DOS CARRAPATOS (ACARI: IXODIDAE) EM COMPORTAMENTO DE ESPREITA EM UMA TRILHA USADA POR ANIMAIS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU



Distribuição espacial e seleção de habitat dos carrapatos (Acari: Ixodidae) em comportamento de espreita em uma trilha usada por animais no Parque Nacional do Iguaçu

Resumo: Estudamos o padrão de distribuição espacial em escala local de carrapatos em uma trilha usada por animais no Parque Nacional do Iguaçu (PNI) em três estações (inverno e primavera de 2019 e verão de 2020). Nossos objetivos foram verificar se há algum padrão de (i) distribuição espacial dos carrapatos; (ii) de altura de espreita, e (iii) lado da folha que estavam. Também buscamos verificar se (iv) o lado da folha que estavam era influenciado pela altura de espreita e pelo estágio de desenvolvimento e se a (v) eficiência da técnica de coleta foi influenciada pela altura e pelo estágio de desenvolvimento. Os carrapatos foram coletados primeiro por busca visual (direta e com o auxílio da transiluminação) e imediatamente depois por arraste de flanela em subtransectos contínuos de 20 m. Foram coletados 217 carrapatos, sendo a maioria por busca visual (88,9 %), desses, 152 foram adultos e o restante ninfas ($n = 65$). As ninfas seguiram um padrão de distribuição espacial agrupado no inverno e na primavera e os adultos seguiram essa tendência somente na primavera, enquanto no verão a distribuição foi randômica. A altura de espreita dos carrapatos variou de 13 a 125 cm e adultos foram encontrados em alturas maiores do que as ninfas. Entre espécies de ninfas a altura não variou, no entanto, entre adultos, *A. incisum* esteve em alturas maiores do que *A. brasiliense* e essas duas espécies em altura maior do que *A. ovale*. Machos e fêmeas apresentaram alturas de espreita semelhantes. De modo geral, ninfas e adultos não exibiram um padrão específico de posicionamento em relação ao lado da folha, mas no nível de espécie, adultos de *A. incisum* foram registrados em maior número no lado abaxial. Verificou-se que os carrapatos (todos juntos, ninfas e adultos) que estavam no lado abaxial das folhas foram mais detectadas através da transiluminação em relação àquelas que estavam no lado adaxial. O lado da folha em que o carrapato estava foi influenciado pela altura de espreita, mas não pelo estágio de desenvolvimento. Nossos resultados indicam que os carrapatos se apresentam agrupados no espaço nas estações de maior abundância e que o local em que ficam nas folhas é influenciado pela altura. Futuros trabalhos devem investigar a influência dos queirormônios dos hospedeiros e da vegetação na distribuição dos carrapatos. Compreender esses aspectos permite maximizar metodologias de coleta e conhecer aspectos comportamentais com aplicações epidemiológicas.

Palavras-chave: Busca visual; distribuição agregada; microambiente.

1. INTRODUÇÃO

Os indivíduos e as espécies possuem padrões de distribuição variados no tempo e no espaço, os quais dependem dos processos inerentes ao ciclo de vida, comportamento, barreiras ambientais e a escala espacial em análise (Nachman et al., 2008). Por exemplo, na escala de paisagem o padrão de distribuição espacial é determinado pela topografia e pela variação na

disponibilidade de habitat (Nachman et al., 2008). Por outro lado, no nível do indivíduo as interações comportamentais com coespecíficos, predadores e presas parecem ser importantes para estruturação espacial (Nachman et al., 2008). Alguns estudos têm usado valores de densidade para descrever parâmetros de distribuição dos indivíduos, no entanto, eles fornecem um panorama incompleto, pois embora duas populações possam ter a mesma densidade podem apresentar um padrão espacial de distribuição diferente (Brower & Zar, 1977). Nesse contexto, uma alternativa à densidade, para descrever a distribuição espacial dos indivíduos se baseia em saber a posição que eles ocupam no espaço, esse arranjo é conhecido como dispersão ou distribuição da população. Existem três padrões básicos de dispersão: (i) uniforme ou *underdispersed*, (ii) agrupado ou *overdispersed* e (iii) randômico (Brower & Zar, 1977; Anderson & Gordon 1982; Nachman et al., 2008). Enquanto o padrão uniforme, visto sobretudo em organismos sésseis, pode resultar da competição entre indivíduos por recursos limitados, o padrão agrupado ocorre quando indivíduos são atraídos para um conjunto de condições e recursos, por exemplo. Já padrão randômico, a posição de um indivíduo independe de qualquer outro (Nachman et al., 2008).

As dinâmicas ecológicas (e.g., competição, acasalamento, predação, genética populacional, disseminação de doenças contagiosas) são em grande parte dirigidas pela estruturação ou distribuição espacial dos organismos/espécies (Nachman et al., 2008). À nível de parasitismo, a maioria dos hospedeiros tendem a abrigar poucos parasitos, e apenas uma minoria abriga maior proporção, um clássico padrão agrupado (Anderson & Gordon, 1982). Conhecer esses padrões em ambientes naturais é importante pois fornece indícios da influência dos parasitos na dinâmica da população de hospedeiros. Especificamente no sistema carrapatos-vertebrados, alguns estudos mostraram que esses ectoparasitos possuem distribuição agrupada nos hospedeiros e no ambiente e a distribuição varia de acordo com os estágios, locais e picos sazonais (Daniels & Fisk, 1990; Ostfeld et al., 1996 a; b; Devevey & Brisson, 2012; Esser et al., 2016). Observações sobre os padrões de distribuição espacial de carrapatos, incipiente na região neotropical, é fundamental em epidemiologia já que algumas espécies de carrapatos possuem importância considerável na saúde pública (Szabó et al., 2013). Dessa forma, conhecer os padrões de distribuição no ambiente, pode ser importante para indicar locais mais prováveis para ocorrência de picadas e permite o controle e monitoramento de risco de infecções humanas. Além disso, esse tipo de estudo serve de suporte para metodologias, pois pode definir a área mínima adequada de amostragem de uma população de carrapatos (Vassallo et al., 2000).

De forma geral, os carrapatos possuem baixa capacidade de dispersão quando fora do hospedeiro (Lane et al., 2009). Algumas observações, tanto experimentais quanto naturais, têm demonstrado que ixodídeos exibem atividade locomotora horizontal pequena e não linear [menor do que 2 m (Buczek et al., 2017; Natividade et al., 2021)]. Portanto, supõem-se que a dispersão dos carrapatos no ambiente é predominantemente passiva, com indivíduos ingurgitados caindo do hospedeiro, sofrendo muda no ambiente e buscando novos hospedeiros em locais próximos de onde caíram.

O comportamento de emboscada ou espreita na busca por hospedeiros é uma estratégia comum em ixodídeos e consiste em esperar pela passagem e contato com um potencial hospedeiro através de movimentos horizontais e verticais como posicionamento no solo, serrapilheira ou na vegetação (Sonenshine, 1993; Lane et al., 2009). A seleção desses locais e os padrões de movimento e de posicionamento dos carrapatos são determinados por fatores ambientais [e.g., a umidade, temperatura, fotoperíodo, pistas químicas da presença do hospedeiro vertebrado (Carroll et al., 1995; 1996; Vail & Smith, 2002)], morfológicos e fisiológicos dos carrapatos (Sonenshine, 1993; Suzin et al., 2020). Dessa forma, é comum encontrar carrapatos imobilizados na ponta da vegetação, possivelmente, respondendo a queiormônios liberados pelos hospedeiros (Lees & Milne, 1951; Carroll et al., 1996; 1995). Apesar de ser um comportamento de importante valor adaptativo, ele ainda é pouco estudado em carrapatos neotropicais. A maioria das espécies registradas no Parque Nacional do Iguaçu, adota a estratégia do tipo espreita, que podem ser coletadas com sucesso através de técnicas como arraste de flanela e busca visual na vegetação (Suzin et al., 2020). Os carrapatos imobilizados sobre a vegetação são presos nos fios do tecido durante o arraste de flanela. Por outro lado, a busca visual consiste em coletar carrapatos vistos diretamente sobre a vegetação. Essa última técnica pode ser aperfeiçoada em locais com menos luminosidade natural, como por exemplo, áreas de mata densa, através de adaptações com o uso de uma lanterna (Suzin et al., 2020). Geralmente a altura de espreita varia de acordo com o estágio e espécie de carrapato (Szabó et al., 2009; Suzin et al., 2020).

Nesse contexto, conhecer os padrões de distribuição das diversas espécies e respectivos estágios de carrapatos no espaço e na vegetação permite compreender aspectos comportamentais do vetor, epidemiológicos e ainda aperfeiçoar os métodos de coleta. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar o padrão de distribuição espacial dos carrapatos em escala local em uma trilha usada por animais a fim de responder as seguintes questões: (i-ii) Houve algum padrão de distribuição espacial dos estágios de desenvolvimento e espécies de

carrapatos? (iii) Esse padrão de distribuição se mantém ao longo das três estações? (iv) Os carrapatos foram mais encontrados do lado adaxial ou abaxial das folhas? (v) Alguma espécie de carrapato fica mais em algum lado da folha? (vi) A altura de espreita e o estágio influenciam no lado da folha que os carrapatos estão? (vii) A altura e o estágio influenciam na eficiência da técnica de coleta?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma trilha no Parque Nacional do Iguaçu (PNI - 25° 05' a 25° 41'S; 53° 40' a 54°38'W). O PNI possui uma área de 185.262,5 ha, sendo o maior remanescente de Mata Atlântica do Sul do Brasil. Esse parque recebe milhares de turistas todos os meses atraídos pelas “Cataratas do Iguaçu”. A área possui grande diversidade de animais e plantas, com algumas espécies ausentes na maioria dos remanescentes de Mata Atlântica, como por exemplo a onça-pintada (*Panthera onca*), a anta (*Tapirus terrestris*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) (Xavier da Silva et al., 2018). A região possui clima temperado e úmido com temperatura e precipitação média anual de 20,7 °C e 1800 mm, respectivamente e umidade superior a 60% na maior parte do ano (Di Bitetti et al., 2003; Maack, 2012; Alvares et al., 2013).

A trilha utilizada nesse estudo está localizada na porção do parque que pertence ao município de Céu Azul (25° 09' 15''S; 53° 50' 35''O) em uma região de ecótono entre Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista a uma altitude aproximada de 600 m. A referida trilha, denominada de “Trilha Manoel Gomes”, possui 2.500 metros de comprimento por 1 m de largura e é utilizada para atividades de pesquisa, educação ambiental e turismo. A amostragem dos carrapatos foi realizada em 1200 metros dessa trilha em três períodos do ano: inverno (29 e 30 de julho de 2019); primavera (20 e 21/11/2019) e verão (23/01/2020).

Inicialmente, demarcamos na trilha 60 secções de 20 metros sequenciais, denominadas de subtransectos. Em seguida foi realizada a coleta dos carrapatos através de duas metodologias: (i) busca visual e (ii) arraste de flanela, nessa ordem. Na busca visual, dois pesquisadores vistoriavam minuciosamente a vegetação nos dois lados da trilha. O comportamento dos carrapatos de se posicionarem em folhas voltadas para as trilhas foi observado pelos índios Uru-Eu-Wau-Wau em Roraima (Terassini et al. 2010) o que facilita a busca visual conforme descrito em vários trabalhos (Szabó et al., 2009; Terassini et al., 2010; Ramos et al., 2014; Suzin et al., 2020). Para maximizar o encontro de carrapatos utilizamos

também a técnica da transiluminação, conforme descrito em Suzin et al. (2020). Para cada ponto de encontro de carrapato (s) os seguintes parâmetros foram anotados: estágio, número de indivíduos, distância em relação ao vizinho mais próximo, altura que estavam na vegetação, temperatura, umidade, lado da folha que foram encontrados (abaxial ou adaxial), técnica visual usada (“transiluminação” ou “contato visual direto”). Cada indivíduo coletado foi acondicionado em frascos separados. Logo após, dois pesquisadores realizaram o arraste de flanela branca de 2 x 1 m, cada um em um lado da trilha, e ao longo dos 1200 m. Os carrapatos encontrados a cada 20 m aderidos à flanela foram acondicionados em frascos separados. Os carrapatos, ninfas e adultos, coletados através das duas metodologias foram identificados através de caracteres morfológicos seguindo chaves taxonômicas (Barros-Battesti et al., 2006; Martins et al., 2010; Egizi et al., 2019). Nesse estudo não foram encontrados aglomerados de larvas.

2.1 Análise dos dados

Para verificar o padrão de distribuição espacial nós definimos como unidade amostral todos os carrapatos coletados em cada subtransecto de 20 m, tanto de forma visual quanto de arraste. A distribuição espacial foi verificada através do Índice de Dispersão de Poisson ($I = V/m$; onde V = variância; m = média da amostra). Em seguida testamos se o valor de I era diferente de 1 ao examinar o valor de chi-quadrado observado através da fórmula $[(N - 1) \times V] / m$, onde N é o número de amostras, V = variância e m = média. A distribuição foi considerada agrupada se o valor de qui-quadrado observado era maior do que o valor tabelado.

Nós comparamos a distância entre indivíduos, no nível de estágio, espécies e estações utilizando o teste de *U de Mann-Whitney* e o teste de *Kruskal-Wallis*. O teste *U de Mann-Whitney* foi também usado para verificar se houve diferença na altura de espreita entre ninfas e adultos e se a altura das ninfas diferiu entre inverno e primavera. O teste de *Kruskal-Wallis* foi aplicado para verificar se a altura de espreita dos adultos diferiu entre inverno, primavera e verão. Também comparamos se a altura de espreita diferiu entre as duas espécies mais abundantes de ninfas (teste de *U de Mann-Whitney*) e entre as três espécies mais abundantes de adultos (teste de *Kruskal-Wallis*). Verificamos também se a altura de espreita diferia entre machos e fêmeas de forma geral e entre machos e fêmeas das espécies mais abundantes.

Para verificar se a altura de espreita mensurada de forma categórica é equivalente àquela medida de forma contínua nós tratamos os mesmos dados desse estudo de duas

maneiras: (i) na primeira utilizamos a medida exata de altura de espreita dos carrapatos; (ii) na segunda nós categorizamos a altura de espreita de cada indivíduo em classes de 10 cm (0-9; 10-19; ...120-129) e em seguida usamos o valor mediano de cada uma dessas para realizar as análises estatísticas (Suzin et al., 2020). As comparações foram realizadas em separado para ninfas, adultos e espécies mais abundantes (ninfas de *A. brasiliense* e de *A. incisum* e adultos de *A. brasiliense*, *A. incisum* e *A. ovale*) utilizando o teste de *U* de Mann-Whitney. Adicionalmente, realizamos comparações entre a altura de espreita desse estudo, mensurada de forma contínua, com aquela de um trabalho anterior medida de forma categórica na mesma trilha (Suzin et al. 2020) para verificar se a altura de espreita sofre flutuações entre os anos. Essas análises foram realizadas no BioEstat versão 5.3 (Ayres et al., 2007). O teste de Qui-Quadrado foi usado para verificar diferenças no número de carrapatos entre os lados abaxial e adaxial das folhas de acordo com cada espécie. Devido às diferentes características comportamentais de cada estágio nós realizamos essa análise em separado para ninfas e adultos. O teste de Qui-quadrado foi realizado utilizando o pacote “RVAideMemoire” (Hervé, 2020) na linguagem de programação em R (version 4.0.1, R Core Team, 2018).

Para verificar se houve relação entre o lado da folha com a técnica de detecção (transiluminação e olho nu) nós realizamos um teste G para amostras independentes. A hipótese a ser testada é que o número de carrapatos coletados com uso da transiluminação está associado ao lado da folha que os carrapatos estão localizados. Nós também aplicamos modelos lineares generalizados com distribuição binomial para verificar se (i) o lado que o carrapato estava na folha (variável resposta binária; 0 para lado abaxial e 1 para lado adaxial) foi influenciado pela altura (variável preditiva contínua) e pelo estágio de desenvolvimento do carrapato (variável preditiva categórica – ninfas e adultos); e (ii) se a eficiência do tipo de técnica usada para coleta (variável resposta binária; 0 = transiluminação e 1 = contato visual direto) foi influenciada pela altura de espreita (variável preditiva contínua) e pelo estágio de desenvolvimento do carrapato (variável preditiva categórica – ninfas e adultos). Os GLMs foram realizados na linguagem de programação R [versão 4.0.1 (R Core Team 2018. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org>)]. Para todas as análises adotamos um alfa de 5%.

3. RESULTADOS

No período foram coletados 217 carrapatos (88,9% através de busca visual e 11,1% através de arraste de flanela; 93,4% dos adultos e 78,5% das ninfas fora coletados através de

busca visual) (Tabela 1). A maioria dos carrapatos coletados foram adultos ($n = 151$) e o restante foram ninfas ($n = 65$); nesse estudo não foi registrado aglomerados de larvas (Tabela 1).

No total foram coletadas seis espécies de carrapatos: *A. brasiliense* ($n = 130$), *Amblyomma incisum* ($n = 56$), *Amblyomma ovale* ($n = 19$), *Haemaphysalis juxtakochi* ($n = 9$), *Amblyomma coelebs* ($n = 1$), e *Amblyomma aureolatum* ($n = 1$) (Tabela 1). *Amblyomma aureolatum* e *A. coelebs* foram coletados, respectivamente, através da busca visual e do arraste de flanela (Tabela 1).

Tabela 1. Número de carrapatos coletados de acordo com as espécies, estágios, técnica de coleta e estações em uma trilha no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2019-2020. Legenda: N = ninfas; A = adultos.

Espécie	Inverno				Primavera				Verão				Total
	Busca visual		Arraste		Busca visual		Arraste		Busca visual		Arraste		
	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	
<i>A. aureolatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>A. brasiliense</i>	26	15	7	0	4	64	2	2	0	9	1	0	130
<i>A. coelebs</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>A. incisum</i>	9	11	1	0	5	22	0	0	2	6	0	0	56
<i>A. ovale</i>	0	0	0	0	0	7	0	7	0	3	1	1	19
<i>H. juxtakochi</i>	3	3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	9
	38	29	10	0	9	95	2	9	3	18	2	1	216
Total por estação	77				115				24				

3.1 Padrão de distribuição espacial

Somando os indivíduos coletados através das duas técnicas de amostragem, a distribuição espacial dos carrapatos (ninfas e adultos) foi bastante heterogênea ao longo do tempo (Figura 1: A - D), com ninfas predominando no inverno e adultos na primavera. Espacialmente, somando todo o período de estudos, 58,3% ($n = 35$) e 80,0% ($n = 48$) dos subtransectos ($n = 60$) possuíam carrapatos ninfas e adultos, respectivamente (Figura 1: D). De modo específico, as ninfas foram encontradas, respectivamente, em 46,7%; 13,3% e 8,3% dos subtransectos no inverno, na primavera e no verão (Figura 1: A - C). Já os adultos, foram coletados em 16,7%; 68,3% e 28,3% dos subtransectos no inverno, na primavera e no verão, respectivamente (Figura 1: A - C).

No nível de espécies, as ninfas de *A. brasiliense* foram encontradas, respectivamente, em 33,3%; 8,3% e 1,7 % dos subtransectos no inverno, na primavera e no verão. Os adultos dessa espécie foram coletados em, respectivamente, 16,7%; 45,0% e 15,0% dos subtransectos

no inverno, na primavera e no verão (Figura 2: A-C). Para *A. incisum*, a segunda espécie mais abundante, as ninfas foram encontradas em 13,3%; 8,3% e 3,3% dos subtransectos no inverno, na primavera e no verão; os adultos dessa espécie foram coletados em, respectivamente, 16,7%; 28,3% e 8,3% dos subtransectos no inverno, na primavera e no verão (Figura 2: D-E).

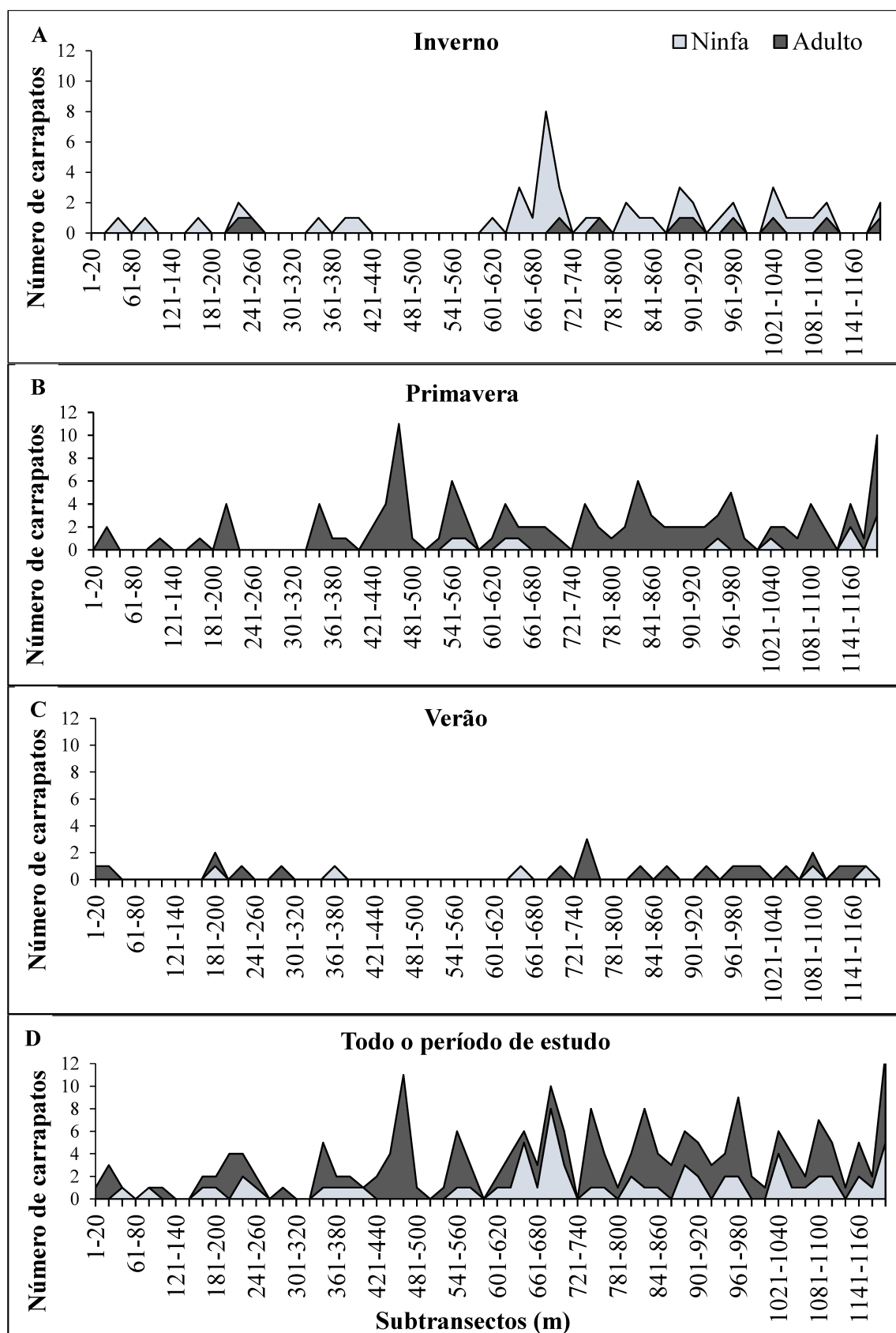


Figura 1. Distribuição espacial dos carrapatos (ninfas e adultos) ao longo da trilha coletados no (A) inverno (2019), (B) primavera (2019), (C) verão (2020) e (D) de todo o período de estudos no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.

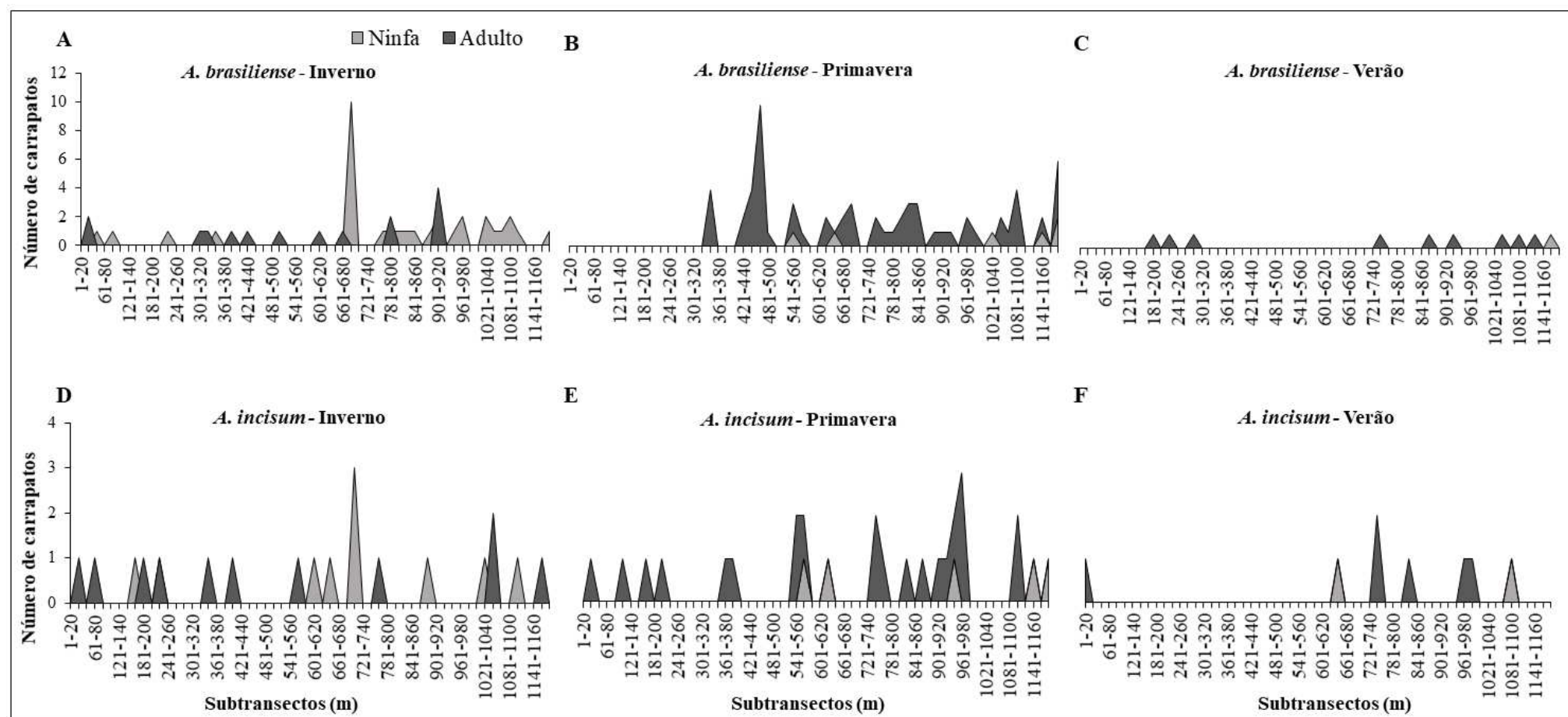


Figura 2. Distribuição espacial das duas espécies de carrapatos mais abundantes ao longo da trilha. (A) *A. brasiliense* no inverno (2019), (B) *A. brasiliense* na primavera (2019), (C) *A. brasiliense* no verão (2020); (D) *A. incisum* no inverno (2019), (E) *A. incisum* na primavera (2019) e (F) *A. incisum* no verão (2020) coletados no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.

Estatisticamente, o padrão de distribuição espacial utilizando os subtransectos de 20 m como unidades amostrais não foi o mesmo entre os estágios e as estações do ano (Figura 3: A). Os carrapatos (ninfas e adultos) apresentaram um padrão de distribuição agrupado no inverno e na primavera (Figura 3: A). Ninfas exibiram um padrão agrupado no inverno e na primavera e adultos seguiram essa tendência somente na primavera (Figura 3: A). No verão, ninfas, adultos e os dois estágios juntos apresentaram distribuição randômica (Figura 3: A). No nível de espécie, *A. brasiliense* (ninfas e adultos, e os dois estágios juntos) apresentou distribuição agrupada no inverno; na primavera os adultos e todos os carrapatos juntos (dessa espécie) apresentaram distribuição agrupada (Figura 3: B). No verão a distribuição foi randômica. Para *A. incisum* o único padrão agrupado foi observado para as ninfas no inverno (Figura 3: C).

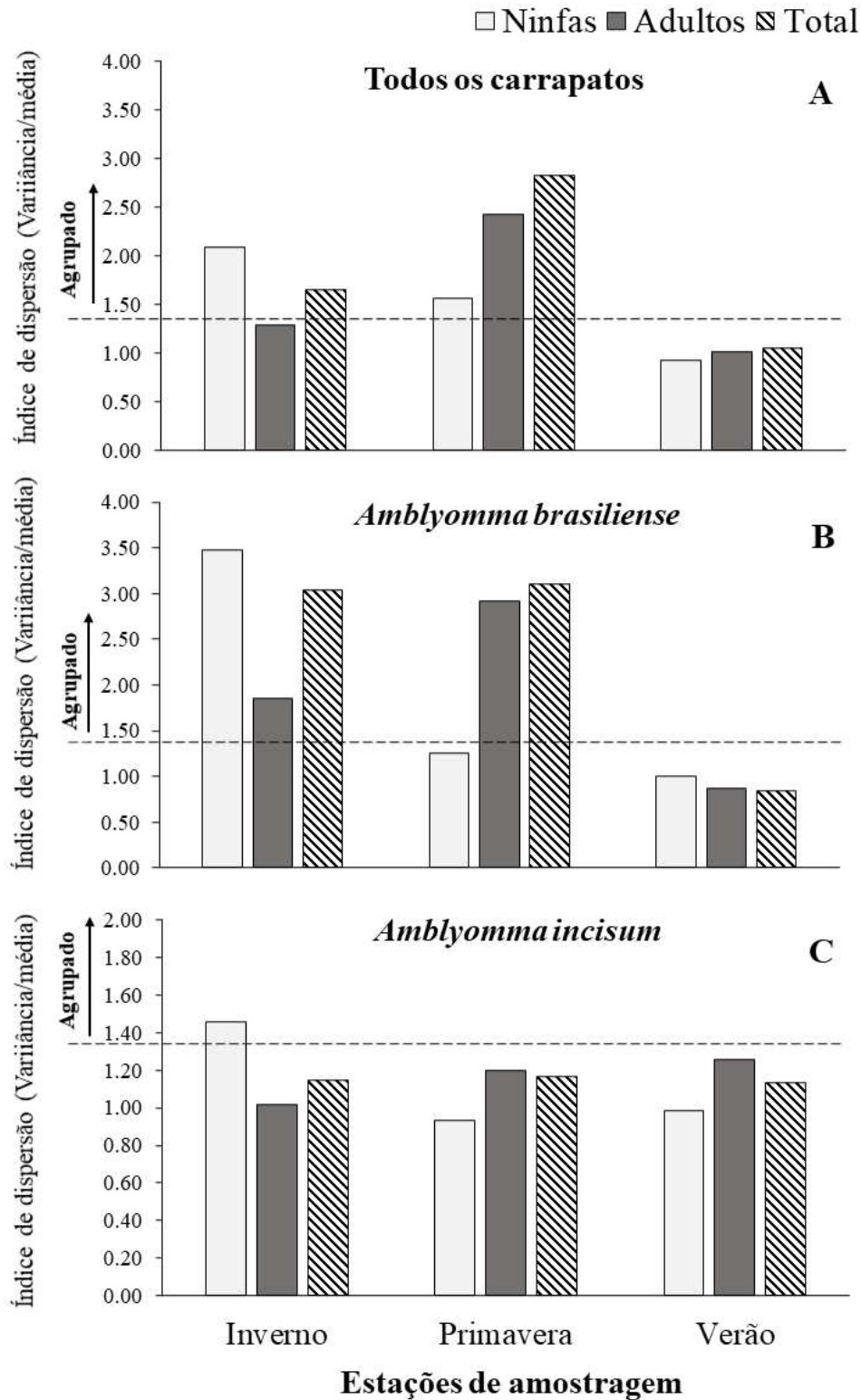


Figura 3. Índice de dispersão (variância/média) de ninfas, adultos e os dos dois estágios dos carrapatos juntos (A); especificamente de *A. brasiliense* (B) e *A. incisum* (C) coletados no inverno (2019), primavera (2019) e verão (2020) no Parque Nacional do Iguaçu. Os valores acima da linha tracejada indicam distribuições de carrapatos que foram significativamente agrupadas (teste de Qui-quadrado).

3.2 Distância entre indivíduos

As distâncias entre indivíduos mais próximos foram bastantes variáveis no nível de espécies, estágios de desenvolvimento e estações (Tabela 2). Quando comparamos a distância dos carrapatos entre as três estações, percebemos que não houve diferença entre inverno e primavera, no entanto, no verão as distâncias foram maiores que na primavera e do que no verão ($H = 27,272$; $DF = 2$; $P < 0,0001$; $N_{\text{distância inverno}} = 67$; $N_{\text{distância primavera}} = 103$; $N_{\text{distância verão}} = 20$). Para as ninfas, não houve diferença entre inverno e primavera [$Z(U) = 1,304$; $P = 0,192$; $N_{\text{distância inverno}} = 38$; $N_{\text{distância primavera}} = 8$] e os adultos estiveram mais próximos na primavera em relação ao inverno e ao verão ($H = 35,348$; $DF = 2$; $P < 0,0001$; $N_{\text{distância inverno}} = 28$; $N_{\text{distância primavera}} = 94$; $N_{\text{distância verão}} = 17$).

Quando fizemos as comparações dentro de cada estação verificamos que no inverno a distância das ninfas foi similar a adultos [$Z(U) = 1,816$; $P = 0,069$; $N_{\text{distância ninfas}} = 38$; $N_{\text{distância adultos}} = 28$]. A nível de espécie, a distância de ninfas de *A. brasiliense* foi similar a dos adultos [$Z(U) = 1,303$; $P = 0,193$; $N_{\text{distância ninfas}} = 25$; $N_{\text{distância adultos}} = 14$]; da mesma forma que a distância das ninfas e de adultos de *A. incisum* [$Z(U) = 0,177$; $P = 0,859$; $N_{\text{distância ninfas}} = 8$; $N_{\text{distância adultos}} = 10$]. Entre as espécies de ninfas, indivíduos de *A. brasiliense* estiveram mais próximos do que *A. incisum* [$Z(U) = 2,311$; $P = 0,021$; $N_{\text{distância } A. brasiliense} = 25$; $N_{\text{distância } A. incisum} = 8$], e entre os adultos, a distância entre essas duas espécies foi similar [$Z(U) = 1,756$; $P = 0,079$; $N_{\text{distância } A. brasiliense} = 14$; $N_{\text{distância } A. incisum} = 10$]. Na primavera, os adultos estavam mais próximos do que as ninfas [$Z(U) = 2,875$; $P = 0,004$; $N_{\text{distância adultos}} = 94$; $N_{\text{distância ninfas}} = 8$]. A nível de espécie, a distância de ninfas e de adultos de *A. incisum* não diferiu [$Z(U) = 1,927$; $P = 0,054$; $N_{\text{distância ninfas}} = 4$; $N_{\text{distância adultos}} = 21$]. Entre as espécies, os adultos de *A. brasiliense* ficaram mais próximos em relação a *A. incisum* [$Z(U) = 3,853$; $P < 0,0001$; $N_{\text{distância } A. brasiliense} = 63$; $N_{\text{distância } A. incisum} = 21$].

Tabela 2. Parâmetros descritivos da distância entre carrapatos vizinhos de acordo com o estágio de desenvolvimento, espécies e estações de coleta no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2019-2020.

Estágio	Parâmetros descritivos	Inverno - 2019			
		<i>A. brasiliense</i>	<i>A. incisum</i>	<i>H. juxtakochi</i>	Total
Ninfas	Nº de indivíduos	26,0	9,0	3,0	38,0
	Média ± SD	45,2 ± 77,9	116,1 ± 118,7	134,7 ± 170,0	29,7 ± 39,8
	Mediana	15,2	68,5	134,7	16,2
	Min. - Máx.	0,0 - 312,2	0,0 - 373,0	14,5 - 254,9	0,0 - 204,8
Adultos	Nº de indivíduos	15,0	11,0	3,0	29,0
	Média ± SD	63,9 ± 73,5	115,4 ± 84,6	196,1 ± 46,4	41,3 ± 37,8
	Mediana	47,0	119,9	196,1	30,7
	Min. - Máx.	0,0 - 273,5	7,3 - 285,0	163,3 - 228,9	0,0 - 133,4
Primavera - 2019					
		<i>A. brasiliense</i>	<i>A. incisum</i>	<i>A. ovale</i>	Total
Ninfas	Nº de indivíduos	4,0	5,0	-	9,0
	Média ± SD	211,9 ± 251,3	152,2 ± 131,8	-	80,3 ± 109,9
	Mediana	106,1	130,5	-	29,1
	Min. - Máx.	30,7 - 498,8	31,3 - 316,5	-	4,0 - 303,1
Adultos	Nº de indivíduos	64,0	22,0	7,0	95,0
	Média ± SD	13,4 ± 19,5	51,0 ± 55,2	123,4 ± 152,7	12,2 ± 19,7
	Mediana	3,0	28,6	59,1	5,1
	Min. - Máx.	0,0 - 88,6	1,0 - 180,6	0,0 - 363,3	0,0 - 122,2
Verão - 2020					
		<i>A. brasiliense</i>	<i>A. incisum</i>	<i>H. juxtakochi</i> (N) <i>A. ovale</i> (A)	Total
Ninfas	Nº de indivíduos	-	2,0	1,0	3,0
	Média ± SD	-	836,5 ± 309,0	-	359,0 ± 110,3
	Mediana	-	836,5	-	359,0
	Min. - Máx.	-	645,0 - 1082,0	-	281,0 - 437,0
Adultos	Nº de indivíduos	9,0	6,0	3,0	18,0
	Média ± SD	117,0 ± 146,0	193,4 ± 311,3	216,2 ± 119,5	66,9 ± 102,2
	Mediana	60,0	68,0	216,5	41,0
	Min. - Máx.	34,0 - 470,0	4,5 - 740,0	132,0 - 301,0	0,0 - 434,0

3.2 Seleção de habitat: altura de espreita e lado da folha

De forma geral, a altura de espreita dos carrapatos, independente do estágio, variou de 13 a 125 cm (média = 49,96; moda = 30; mediana = 46) (Figura 4). A altura de espreita das ninfas variou de 13 a 81 cm (n = 51; média = 37,7; mediana = 33; moda = 30) e dos adultos variou de 16 a 125 cm (n = 142; média = 54,36; mediana = 52; moda = 53) (Figura 4). De forma geral, adultos foram encontrados em alturas maiores do que as ninfas (U = 1829; P <

0,0001). A altura de espreita das ninfas e dos adultos não variou significativamente entre as três estações ($U_{\text{ninfas}} = 164,5$; $P = 0,771$; $H_{\text{adultos}} = 0,243$; $GL = 2$; $P = 0,885$). Dentre as espécies de ninfas mais abundantes, não houve diferença na altura de espreita entre *A. brasiliense* e *A. incisum* ($U = 203,5$; $P = 0,399$; $N_1 = 30$; $N_2 = 16$). Dentre as espécies de adultos, *A. incisum* esteve em alturas maiores do que *A. brasiliense* e essas duas espécies em altura maior do que *A. ovale* ($H = 33,280$; $GL = 2$; $P < 0,0001$; $N_1 = 88$; $N_2 = 39$; $N_3 = 10$).

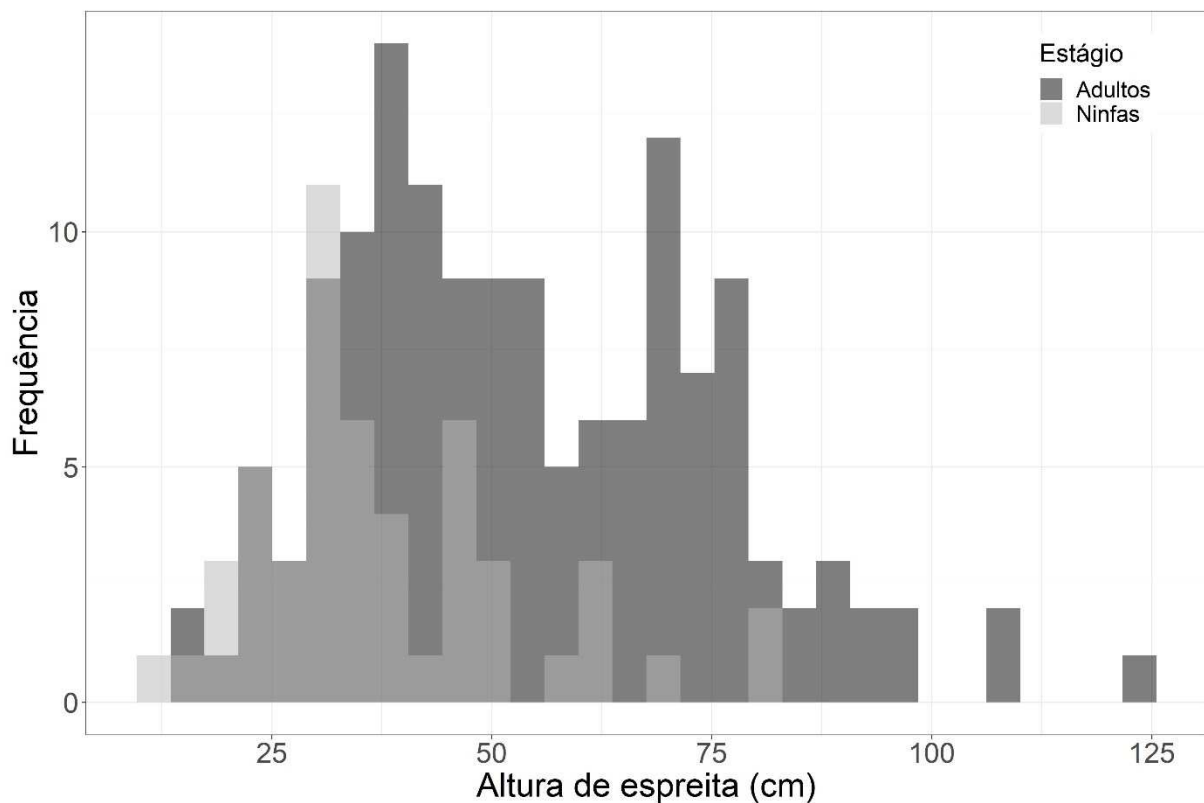


Figura 4. Distribuição das frequências das alturas (cm) dos carrapatos ninfas e adultos coletados no inverno (2019), primavera (2019) e verão (2020) no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.

Nesse estudo foram coletados 64 machos e 78 fêmeas em altura de espreita ($M:F = 0,82$). A altura média de espreita de machos e fêmeas foi de 54,03 e 54,63 cm, respectivamente, e essa diferença não foi significativa ($U = 2388,5$; $P = 0,659$; $N_1 = 64$; $N_2 = 78$). Da mesma forma, a altura de espreita média de machos e fêmeas de *A. brasiliense* (52,33 e 51,78 cm) e *A. incisum* (65,18 e 70,41 cm) foi semelhante e não diferiu significativamente [*A. brasiliense* - $U = 901,5$; $P = 0,582$; $N_1 = 43$; $N_2 = 45$) e *A. incisum* - $t = 1,034$; $P = 0,308$; $N_1 = 17$; $N_2 = 22$]. As demais espécies apresentaram baixa abundância, o que impediu comparações estatísticas da altura entre os dois sexos.

Quando comparamos a altura de espreita mensurada de forma contínua com aquela categorizada a cada 10 cm, usando os mesmos dados, podemos notar que não houve diferença na altura para ninfas ($U = 1253$; $P = 0,751$) e adultos ($U = 9786$; $P = 0,669$). A altura de espreita para as espécies de ninfas (*A. brasiliense* - $U = 412,5$; $P = 0,579$; *A. incisum* - $U = 115,5$; $P = 0,638$) e de adultos (*A. brasiliense* - $U = 3813$; $P = 0,861$; *A. incisum* - $U = 713$; $P = 0,635$; *A. ovale* - $U = 40,5$; $P = 0,473$) também não apresentou diferença significativa entre dados mensurados de forma contínua daqueles categorizados a cada 10 cm.

Por outro lado, quando comparamos a altura de espreita desse estudo, mensurada de forma contínua (N_1) com aquela de um trabalho anterior medida de forma categórica (N_2), na mesma trilha (Suzin et al. 2020), podemos perceber que a altura de espreita das ninfas não diferiu entre os dois tipos de dados ($U = 751,5$; $P = 0,1046$; $N_1 = 51$; $N_2 = 37$), no entanto, a altura dos adultos foi maior quando mensurados de forma contínua em relação às medidas categorizadas ($U = 11343,5$; $P = 0,0008$; $N_1 = 142$; $N_2 = 203$). Dentre as espécies de ninfas, não houve diferença nas alturas de espreita entre os dois tipos de dados para *A. brasiliense* ($U = 216$; $P = 0,096$; $N_1 = 30$; $N_2 = 20$) e *A. incisum* ($U = 126,5$; $P = 0,955$; $N_1 = 16$; $N_2 = 16$). Dentre as espécies de adultos, a única diferença ocorreu para *A. brasiliense* sendo encontrado em altura maior com os dados mensurados de forma contínua ($U = 4926$; $P = 0,001$; $N_1 = 88$; $N_2 = 149$). Adultos de *A. incisum* ($U = 700$; $P = 0,261$; $N_1 = 39$; $N_2 = 42$) e de *A. ovale* ($U = 26$; $P = 0,214$; $N_1 = 10$; $N_2 = 8$) não apresentaram diferença na altura de espreita entre os dois tipos de mensuração de dados.

A maioria numérica dos carrapatos coletados por busca visual estava no lado abaxial das folhas (55,4%; $n_{\text{total}} = 175$). Verificamos que de modo geral, ninfas e adultos não exibiram um padrão específico em relação ao lado da folha (Tabela 2). Por outro lado, no nível de espécie, adultos de *A. incisum* foram registrados em maior número no lado abaxial da folha do que no lado adaxial (Tabela 3). Demais espécies não apresentaram diferença estatística entre os lados das folhas (Tabela 3). Ninfas e adultos de *A. brasiliense* apresentaram uma tendência numérica de estarem em maior número no lado adaxial das folhas (Tabela 3).

Tabela 3. Número (porcentagem entre parênteses) de carrapatos encontrados no lado abaxial e adaxial das folhas de acordo com a espécie e com o estágio de desenvolvimento no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2019-2020. Teste de Chi-quadrado $P \leq 0,05$.

Estágios e espécies	Abaxial	Adaxial	Valor do teste	
			χ^2	P
Ninfas	20 (48,8)	21 (51,2)	0,024	0,8759
<i>A. brasiliense</i>	9 (39,1)	14 (60,9)	1,087	0,2971
<i>A. incisum</i>	9 (64,3)	5 (37,5)	-	-
<i>H. juxtakochi</i>	2 (50,0)	2 (50,0)	-	-
Adultos	77 (54,6)	64 (45,4)	1,199	0,2736
<i>A. aureolatum</i>	0 (0,0)	1 (100,0)	-	-
<i>A. brasiliense</i>	40 (45,5)	48 (54,5)	0,727	0,3938
<i>A. incisum</i>	31 (79,5)	8 (20,5)	13,564	0,0002
<i>A. ovale</i>	4 (40,0)	6 (60,0)	-	-
<i>H. juxtakochi</i>	2 (67,7)	1 (33,3)	-	-

De forma geral, a maioria dos carrapatos foram detectados através de contato visual direto (71,4%) e cerca de 28,6% foram localizados com auxílio da transiluminação. Quando consideramos o estágio, 62,2% das ninfas ($n = 37$) e 73,9% dos adultos ($n = 138$) foram localizadas através de contato visual direto. Verificou-se que há uma associação estatística entre o número de carrapatos coletados com a transiluminação e o lado da folha onde estavam localizadas. De forma geral, os carrapatos que estavam no lado abaxial das folhas foram mais detectadas através da transiluminação em relação àquelas que estavam no lado adaxial [Teste-G (Yates) = 73,120; $P < 0,0001$] (Figura 5). Esse mesmo padrão foi verificado para ninfas [Teste-G (Yates) = 8,042; $P = 0,005$] e adultos [Teste-G (Yates) = 69,608; $P < 0,0001$] (Figura 5). O número de carrapatos coletados com a observação direta foi semelhante entre os lados abaxial e adaxial das folhas (Figura 5).

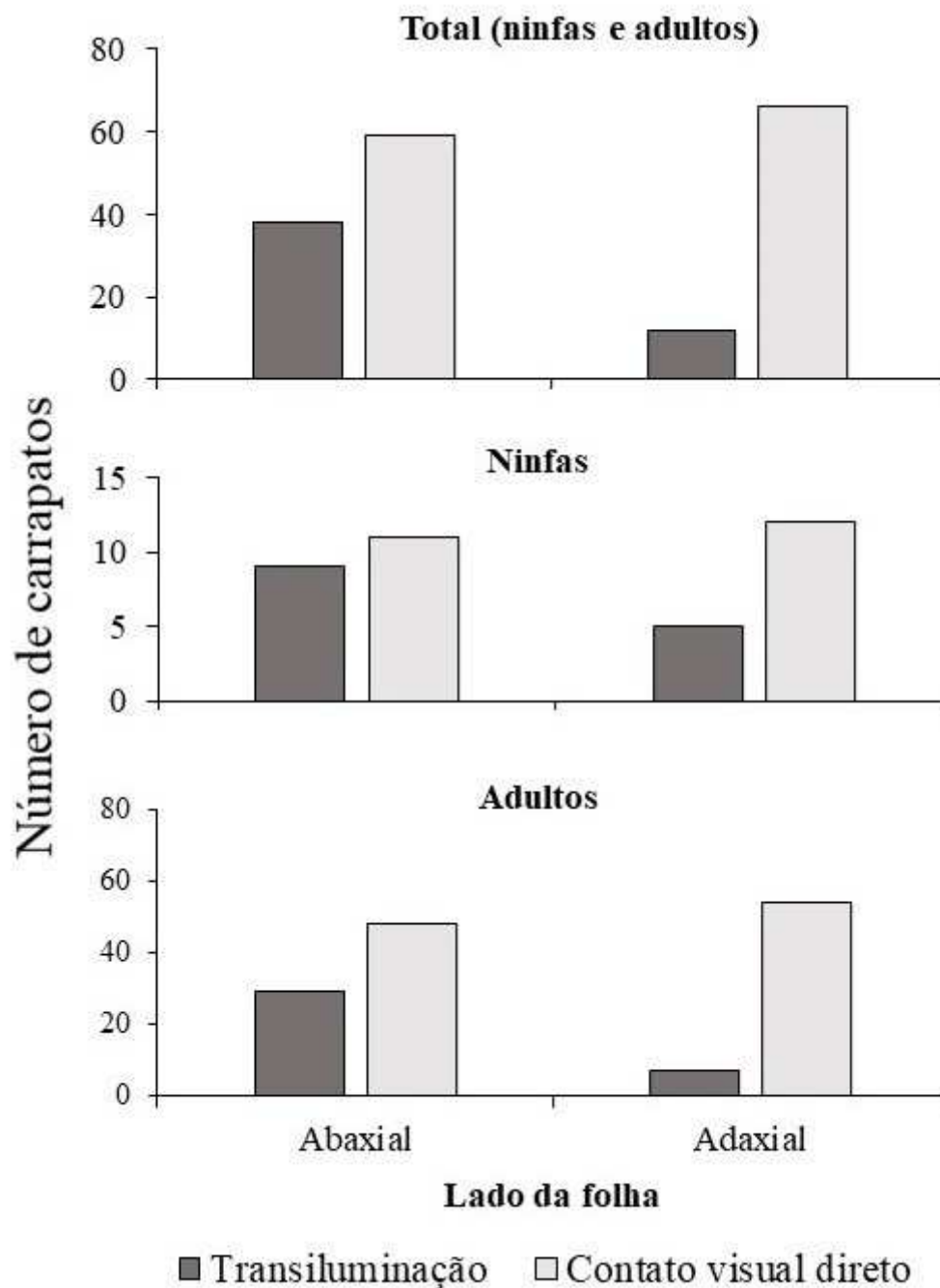


Figura 5. Número de carrapatos (total, ninfas e adultos) coletados de acordo com o lado da folha e com a técnica de busca visual (transiluminação ou contato visual direto) coletados entre julho de 2019 e janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu.

Os resultados do modelo linear generalizado com distribuição binomial mostraram que o lado da folha em que o carrapato estava foi influenciado pela altura de espreita, mas não pelo estágio de desenvolvimento (Tabela 4). A chance de encontrar um carrapato no lado abaxial da folha aumenta em aproximadamente 47% a cada aumento de uma unidade de altura (Tabela 4; Figura 6A). Também verificamos que a eficiência do tipo de técnica usada para

coleta não foi influenciada pela altura de espreita e nem pelo estágio de desenvolvimento do carrapato (Tabela 4; Figura 6B).

Tabela 4. Descritores estatísticos dos dois Modelo Lineares Generalizados com distribuição binomial (i – tendo como variável resposta o lado da folha; ii- tendo como variável resposta o tipo de técnica). Nível de significância de $P \leq 0,05$. Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2019-2020.

Variável resposta	Variável preditora	Intercepto Estimado	Erro padrão	Intervalo de confiança	Z	P	Odds ratio
Lado da folha	Intercepto	-0,099	0,180	-0,45 – 0,25	-0,551	0,582	0,947
	Altura de espreita	-0,758	0,185	-1,14 – -0,41	-4,095	<0,0001	0,466
	Estágio	-0,330	0,386	-1,10 – 0,42	-0,853	0,394	0,719
Tipo de técnica	Intercepto	1,027	0,195	0,65 – 1,42	5,259	<0,0001	2,793
	Altura de espreita	0,149	0,182	-0,20 – 0,52	0,818	0,413	1,161
	Estágio	-0,110	0,399	-0,88 – 0,69	-0,274	0,784	0,896

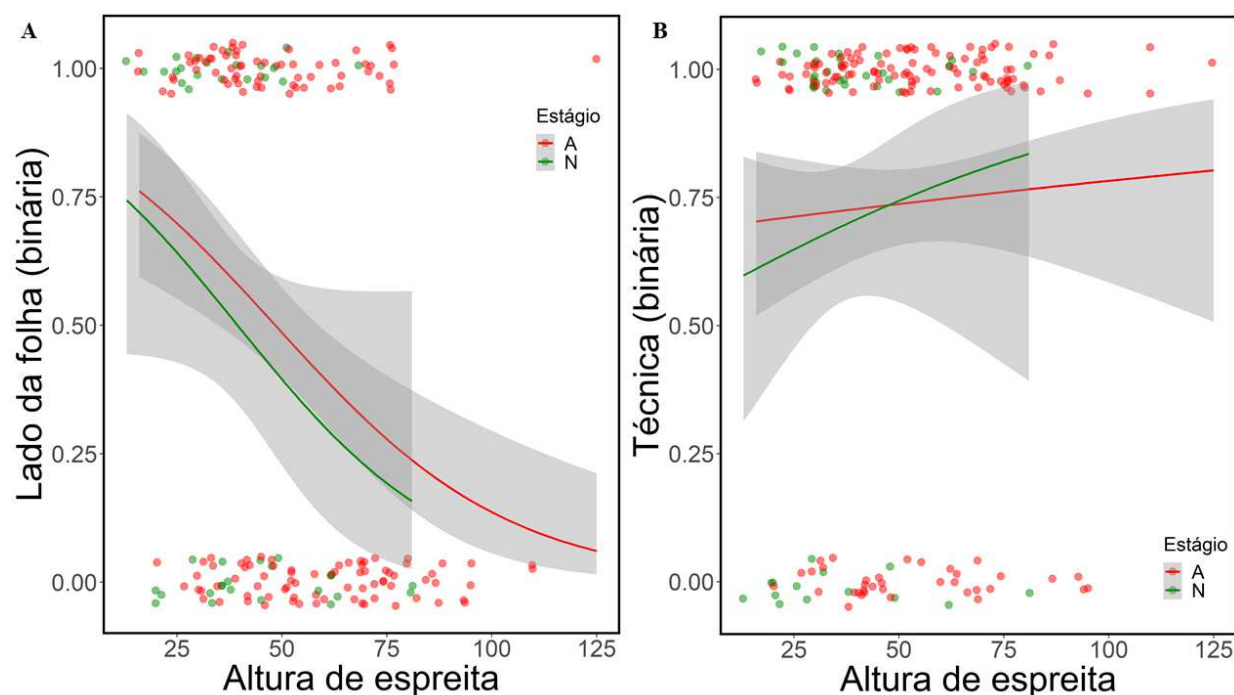


Figura 6. Lado da folha (A = 0 para lado abaxial e 1 para lado adaxial) e técnica de coleta (B = 0 para uso da transiluminação e 1 para contato visual direto) de acordo com o estágio de desenvolvimento (adultos em vermelho e ninfas em verde) e com a altura de espreita dos carrapatos coletados de julho de 2019 a janeiro de 2020 no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. Linhas representam o valor médio do lado das folhas onde os carrapatos estavam (A) e do tipo de técnica de coleta (B); a área sombreada representa o intervalo de confiança. Legenda: A = Adultos; N = Ninfas.

4. DISCUSSÃO

De maneira geral nesse trabalho o padrão de agrupamento no ambiente de ninfas e de adultos foi observado na estação de maior abundância de cada estágio, isto é, ninfas exibiram um padrão agrupado no inverno e adultos na primavera, enquanto no verão a distribuição para os dois estágios foi randômica. Esse padrão parece indicar que o agrupamento se desfaz fora da estação de predominância possivelmente porque os carrapatos são levados pelos hospedeiros e seu número diminui muito no ambiente. A distribuição agrupada de ninfas e de adultos nas trilhas durante os picos sazonais está provavelmente relacionada a sincronias no comportamento de ritmo de queda dos carrapatos dos hospedeiros (*drop-off*) e da ecdise no ambiente e posterior busca por locais adequados para espreita do hospedeiro (Ostfeld et al., 1996a). No entanto, esse padrão de agrupamento diferiu entre as duas espécies de carrapatos mais abundantes. *Amblyomma brasiliense* ninfas estiveram agrupadas no inverno e adultos na primavera, enquanto a distribuição de *A. incisum* foi randômica com exceção das ninfas, que foram agrupadas espacialmente no inverno. O padrão de agrupamento parece estar relacionado ao padrão sazonal de abundância dessas duas espécies. As ninfas de *A. brasiliense* são mais abundantes no inverno e adultos mais numerosos na primavera (Suzin et al., 2020). Além de serem menos abundantes, carrapatos *A. incisum* não exibiram pico sazonal de abundância ao longo de dois anos e meio de amostragem (Suzin et al., 2020). De forma similar às nossas observações um estudo realizado em Nova York mostrou que os picos sazonais de atividade de cada estágio de vida do carrapato *Ixodes scapularis* foram acompanhados pelo aumento e em seguida pela diminuição no grau de agrupamento (Ostfeld et al., 1996 a, b).

Em contraponto à influência do ritmo de queda dos hospedeiros sobre o padrão espacial agrupado dos carrapatos, a distribuição espacial pode ser determinada também pelas características do ambiente, que podem ser mais ou menos favoráveis para a sobrevivência dos carrapatos levando ao agrupamento nos locais de maior sobrevivência do parasito (Goddard, 1992; Ostfeld et al., 1996a; b).

Portanto, apesar dos nossos dados indicarem que em densidades maiores os carrapatos tendem a estar agrupados, as variáveis que definem a distribuição dos carrapatos em escala local ainda precisam ser bem mais pesquisadas. Especificamente será importante a pesquisa de fatores microambientais na sobrevivência dos carrapatos, ritmo de queda dos carrapatos em associação com o comportamento de seus hospedeiros e o papel dos caiomônios influenciando os diversos aspectos do posicionamento dos carrapatos para a posterior espreita (Carrol et al., 1995; 1996; Daniels & Fish, 1990; Goddard, 1992; Trout Fryxell et al., 2015).

Muito além da importância acadêmica, entender a distribuição agrupada dos carrapatos permitiria ações no sentido de diminuir o risco de exposição de humanos aos carrapatos e a possíveis patógenos associados a eles.

A altura de espreita na vegetação é um comportamento importante do carrapato para contato e transposição para o hospedeiro. Esse comportamento está associado a alguns fatores, dentre elas os cairomônios depositados pelos vertebrados na vegetação (Carrol et al., 1995; 1996; Randolph, 2004; Sonenshine, 2004), a umidade do ambiente (Vail & Smith, 2002) ou ainda, o comportamento pode ser restringido pela altura das plantas ou pelo sombreamento excessivo ou ausente (Goddard, 1992; Tsunoda et al., 2004). Além disso, a temperatura pode influenciar o comportamento (extensão das patas dianteiras) e a movimentação dos carrapatos (Vail & Smith, 2002).

No Brasil, a maioria dos estudos tem categorizado a altura de espreita em intervalos de 10 cm (Silva et al., 2008; Szabó et al., 2009; Ramos et al., 2017; Suzin et al., 2020). Os resultados aqui obtidos validam essa categorização em amostragens dentro de um mesmo ano, conferindo maior agilidade nas coletas durante o trabalho de campo. No entanto, a categorização parece apresentar ruídos em amostragens de maior escala temporal. Por exemplo, quando comparamos os dados entre os dois períodos de coletas (desse estudo mensurando a altura de forma contínua com o do estudo anterior mensurado de forma categórica, Suzin et al., 2020), verificamos que o estágio adulto e os adultos de *A. brasiliense* exibiram altura de espreita maior quando mensurada de forma contínua. Tal dissimilaridade pode ser um indicador de que a seleção de uma determinada altura não é estática ou pré-determinada em períodos maiores, e que outras características além do tamanho do hospedeiro, como a temperatura, umidade e a própria estrutura da vegetação, podem ser preditores de flutuações interanuais, e, portanto, devem ser consideradas e investigadas em trabalhos futuros.

As espécies coletadas em altura de espreita foram as mesmas que as verificadas em um trabalho anterior nessa mesma trilha (Suzin et al., 2020), com exceção de *A. aureolatum*. Além disso, no presente trabalho não coletamos *Ixodes fuscipes*. Essas duas espécies foram encontradas em pequeno número nos dois trabalhos realizados no PNI (Suzin et al., 2020). Assim como o verificado por Suzin et al. (2020) na mesma área e por Szabó et al. (2009) e em uma área de Mata Atlântica litorânea, *Amblyomma brasiliense*, *A. incisum* e adultos de *A. ovale* foram as espécies mais registradas em comportamento de espreita na vegetação, reforçando esse comportamento nessas espécies e estágios. Por outro lado, ninfas de *A. coelebs* e de *A. ovale*, além de serem as menos abundantes, foram coletadas exclusivamente

por arraste, demonstrando que podem estar mais associadas a serrapilheira. Durante dois anos e meio de amostragem, Suzin et al. (2020) encontraram ninfas de *A. ovale* exclusivamente através de arraste de flanela. Ademais, naquele mesmo trabalho, *A. coelebs* foi raramente encontrado no mesmo local do presente estudo (Céu Azul). Juntos esses resultados apontam a importância do uso de outras metodologias, como o peneiramento de serrapilheira e o uso de armadilhas de gelo seco para coleta de ninfas dessas duas espécies além ressaltarem um padrão já verificado anteriormente na área (Suzin et al., 2020).

No presente estudo, a altura de ninfas e de adultos seguiu um padrão que se assemelha com o trabalho anterior (Suzin et al., 2020), no entanto, aqui não registramos aglomerados de larvas. A ausência desse estágio possivelmente está associada ao período mais restrito de amostragem que não abrangeu o outono, uma das estações que apresentou as maiores abundâncias de larvas no trabalho anterior (Suzin et al., 2020). Os resultados de amplitude da altura de espreita e a ausência de diferença na altura entre machos e fêmeas foi similar ao verificado por Suzin et al. (2020). A ausência de diferença na altura de espreita entre sexos já foi verificada também para *Amblyomma sculptum* no Pantanal (Ramos et al., 2017). O único indivíduo de *Amblyomma aureolatum* coletado estava a uma altura de 16 cm, padrão que se assemelha com o verificado por Szabó et al. (2009) (10 a 50 cm) em outra área de Mata Atlântica preservada.

De maneira geral os carrapatos parecem não exibir preferência pelo lado da folha, no entanto, adultos de *A. incisum* foram mais observados no lado abaxial. Se somarmos esse resultado ao fato de que *A. incisum* foi encontrado nas maiores alturas de espreita podemos supor que possuem preferência pelo lado abaxial das folhas para evitar a perda de umidade e evitar a exposição à luz solar ou estão pode estar associado a atração por algum queirormônio. Quanto a eficiência da técnica de coleta, podemos verificar que ninfas e adultos que estavam no lado abaxial das folhas foram mais detectadas pela transiluminação. Esse resultado, reforça e valida o uso dessa metodologia como uma maneira de maximizar a detecção dos carrapatos que ficam, principalmente embaixo das folhas. Essa técnica se torna útil em áreas de mata densa, onde a luminosidade natural é menor, e, portanto, a luz artificial potencializaria a visualização do contorno dos carrapatos. Desenhos experimentais específicos para verificar a eficiência da transiluminação devem ser executados em estudos futuros.

Nossos modelos mostram que o lado da folha que o carrapato estava foi influenciado pela altura de espreita, sendo que quanto maior a altura maior a chance de encontrá-los no lado abaxial das folhas. Esse resultado pode estar associado aos cairomônios depositados pelos hospedeiros ao encostar nas folhas. Carroll et al. (1995; 1996) em trabalhos de campo e

laboratoriais viram que essas substâncias ajudam a explicar a presença de carrapatos *Ixodes scapularis* em comportamento de espreita. Esses autores pontuam que o uso dessas substâncias químicas pelos carrapatos pode aumentar a probabilidade de encontrar um hospedeiro adequado e pode ser considerado como um comportamento de importante valor adaptativo. Uma segunda hipótese para esse padrão pode estar relacionada com estratégias para evitar a dessecação. Nesse sentido os carrapatos mais próximos do solo sofreriam menos com a dessecação e por isso ficaram mais em cima das folhas, enquanto o raciocínio inverso seria verdadeiro para carrapatos em estratos mais altos da vegetação. Trabalhos específicos em ambiente natural ajudariam a confirmar a influência de compostos químicos e da umidade na preferência e seleção de determinados locais para espreita. Além disso, a eficiência da técnica não foi afetada pelo estágio e nem pela altura de espreita, evidenciando que a busca visual, seja ela por contato visual direto ou pela transiluminação não sofreu influência de nenhum desses dois fatores. Esses resultados reforçam que não houve um viés na amostragem e que as duas metodologias foram igualmente importantes na coleta dos carrapatos.

5. CONCLUSÕES

A distribuição espacial de carrapatos seguiu um padrão agrupado na estação de predominância da espécie e estágio. Esse agrupamento só se torna evidente quando a abundância de carrapatos de uma espécie e estágio específicos ultrapassa um limiar mínimo de duas dezenas de carrapato em 1200 metros. As causas para os agrupamentos são ainda hipotéticas e podem estar associadas com sincronias de queda do hospedeiro e de ecdise, atração dos carrapatos para vegetação específica mais impregnada por cairomônios ou então por características do microambiente, como a umidade. De forma geral não houve diferença na altura de espreita mensurada de forma contínua com aquela categorizada a cada 10 cm, porém a categorização parece apresentar ruídos em amostragens de maior escala temporal. Adultos de carrapatos *A. brasiliense* e *A. incisum* permanecem em espreita na vegetação em alturas maiores do que as ninfas. As ninfas dessas espécies permanecem em espreita em altura similar; enquanto adultos de *A. incisum* em alturas maiores do que adultos de *A. brasiliense*, e essas duas espécies em altura maior do que adultos de *A. ovale*. De maneira geral os carrapatos parecem não exibir preferência pelo lado abaxial ou adaxial da folha para a espreita por hospedeiros. No entanto há uma preferência do carrapato pelo lado abaxial conforme o incremento na altura de espreita como é o caso de adultos de *A. incisum*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 26, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Anderson RM, Gordon DM. 1982. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology*, 85: 373-398.
- Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos AS. 2007. BioEstat 5.3. aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá/MCT- CNPq/ Conservation International, Belém.
- Barros-Battesti DMB, Arzua M, Bechara GH. 2006. Carrapatos de importância médico veterinária da região Neotropical: Um guia ilustrado para identificação de espécies. Vox/ICTTD-3/Butantan, São Paulo.
- Brower JE, Zar JH. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill Education.
- Buczek A, Zajac Z, Woźniak A, Kulina D, Bartosik K. 2017. Locomotor activity of adult *Dermacentor reticulatus* ticks (Ixodida: Ixodidae) in natural conditions. *Ann Agric Environ Med.* 242: 271–275. doi: 10.5604/12321966.1230736.
- Carroll JF, Mills Jr. GD, Schmidtman ET. 1996. Field and laboratory responses of adult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) to kairomones produced by whitetailed deer. *J. Med. Entomol.* 33: 640D644.
- Carroll JF, Klun JA, Schmidtman ET. 1995. Evidence for kairomonal influence on selection of host ambushing sites by adult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 32: 119D125.
- Daniels HJ, Fish D. 1990. Spatial distribution and dispersal of unfed larval *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in Southern New York. *Int J Parasitol Parasites Wildl.* 2016 Oct 8:295-304. doi: 10.1016/j.ijppaw.2016.10.001.
- Devevey G, Brisson D. 2012. The effect of spatial heterogeneity on the aggregation of ticks on white-footed mice. *Parasitology.* 139(7) doi:10.1017/S003118201200008X.
- Di Bitetti MS, Placi G, Dietz LA. 2003. Uma visão de biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. World Wildlife Fund, Washington.
- Egizi AM, Robbins RG, Beati L, Nava S, Evans CR, Occi JL, Fonseca DM. 2019. A pictorial key to differentiate the recently detected exotic *Haemaphysalis longicornis* Neumann,

- 1901 (Acari, Ixodidae) from native congeners in North America. *ZooKeys* 818: 117128. doi: 10.3897/zookeys.818.30448.
- Esser HJ, Foley JE, Bongers F, Herre EA, Millerb MJ, Prins HHT, Jansen PA. 2016. Host body size and the diversity of tick assemblages vertebrate. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. doi.org/10.1016/j.ijppaw.2016.10.001.
- Goddard J. Ecological studies of adult *Ixodes scapularis* in Central Mississippi: Questing activity in relation to time of year, vegetation type, and meteorologic conditions. *J. Med. Entomol.* 29(3): 501-506 (1992).
- Lane RS, Mun J, Stubbs HA. 2009. Horizontal and vertical movements of host-seeking *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) nymphs in a hardwood forest. *Journal of Vector Ecology* 34: 252-266.
- Lees AD, Milne A. 1951. The seasonal and diurnal activities of individual sheep ticks (*Ixodes ricinus* L.). *Parasitology* 41: 189-209.
- Maack R. 2012. Geografia Física Do Estado Do Paraná. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- Martins TF, Onofrio VC, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2010. Nymphs of the genus *Amblyomma* (Acari: ixodidae) of Brazil: descriptions, redescrptions, and identification key. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 1:75-99. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis>.
- Nachman G, Borregaard M K, Hendrichsen D K. Spatial Distribution. 2008. In Sven Erik Jørgensen and Brian D. Fath (Editor-in-Chief), *Population Dynamics*. Vol. [4] of *Encyclopedia of Ecology*, 5 vols. pp. [3304-3310] Oxford: Elsevier.
- Natividade UA, Pimenta AP, Cezar RSM, Pereira MH, Gontijo NF, Sant'Anna MRV, Pessoa GD, Koerich LB, Araujo RN. 2021. Locomotion activity and its effects on the survival of *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae) nymphs under laboratory conditions. *Ticks and Tick borne diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101562>
- Nava S, Venzal JM, González-Acuña D, Martins TF, Guglielmone AA. 2017. *Ticks of the Southern Cone of America: Diagnosis, distributions, and hosts with taxonomy, ecology and sanitary importance*. Academic Press, United Kingdom.
- Ostfeld RS, Hazler KR, Cepeda, OM. 1996 a. Temporal and spatial dynamics of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in a Rural Landscape. *J Med Entomol.* 33:90-5. doi: 10.1093/jmedent/33.1.90.

- Ostfeld RS, Miller MC, Hazler KR. 1996. Causes and consequences of tick (*Ixodes scapularis*) burdens on white-footed mice (*Peromyscus leucopus*). *Journal of Mammalogy*, 77: 266-273.
- R Development Core Team, 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- Ramos VN, Osava CF, Piovezan U, Szabó MPJ. 2017. Ambush behavior of the tick *Amblyomma sculptum* (*Amblyomma cajennense* complex) (Acari: Ixodidae) in the Brazilian Pantanal. *Ticks and Tick-borne Diseases*, v. 8, n. 4, p. 506-510.
- Ramos VN, Osava CF, Piovezan U, Szabo MPJ. 2014. Complementary data on four methods for sampling free-living ticks in the Brazilian Pantanal. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 23, 516–521. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014091>.
- Randolph S. 2004. Tick ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by 667 ixodid ticks as vectors. *Parasitology* 129, S37-S65.
- Silva BSF, Terassini FA, Coragem JT, Camargo LMA, Labruna MB. 2008. Observação e caracterização da altura de carrapatos em arbustos do Parque Natural Municipal de Porto Velho, Amazônia Ocidental-RO. *Saber Científico* 2008; 1(1): 118-131.
- Sonenshine DE, Roe RM. 1993. *Biology of ticks*. Oxford University Press, New York.
- Sonenshine DE. 2004. Pheromones and other semiochemicals of ticks and their use in tick control. *Parasitology*. 2004;129 Suppl:S405-25. doi: 10.1017/s003118200400486x.
- Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Barbieri ARM, Labruna MB, Szabó MPJ. 2020. Free-living ticks (Acari: Ixodidae) in the Iguaçu National Park, Brazil: Temporal dynamics and questing behavior on vegetation. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 11:101471. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101471>.
- Szabó MPJ, Labruna MB, Garcia MV, Pinter A, Castagnolli KC, Pacheco RC, Castro, MB, Veronez VA, Magalhães GM, Vogliotti A, Duarte JMB. 2009. Ecological aspects of free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails in an Atlantic Rainforest of Southeastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 103:57-72. <https://doi.org/10.1179/136485909X384956>.
- Szabó MPJ, Pinter A, Labruna MB. 2013. Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. *Frontiers Cellular and Infection Microbiology*, 3, 30-38. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00027>.

- Terassini FA, Barbieri FS, Albuquerque S, Szabó MPJ, Camargo LMA, Labruna MB. 2010. Comparasion of two methods for collecting free-living ticks in the Amazonian forest. Ticks and Tick-borne Diseases, 194-196.
- Trout Fryxell RT, Moore JE, Collins MD, Kwon Y, Jean-Philippe SR, Schaeffer SM, et al. 2015. Habitat and vegetation variables are not enough when predicting tick populations in the southeastern United States. PLoS ONE 10(12): e0144092. doi:10.1371/journal.pone.0144092.
- Tsunoda T, Tatsuzawa S. 2004. Questing height of nymphs of the bush tick, *Haemaphysalis longicornis*, and its closely related species, *H. mageshimaensis*: correlation with body size of the host. Parasitology, 128, 503–509.
- Vail S, Smith G. 2002. Vertical Movement and Posture of Blacklegged Tick (Acari: Ixodidae) Nymphs as a Function of Temperature and Relative Humidity in Laboratory Experiments. J. Med. Entomol, 39: 842-846.
- Vassalo M, Pichon B, Cabaret J, FIGUREAU C, Pérez-Eid C. 2000. Methodology for Sampling Questing Nymphs of *Ixodes Ricinus* (Acari: Ixodidae), the Principal Vector of Lyme Disease in Europe. Entomological Society of America.
- Xavier da Silva M, Paviolo A, Tambosi LR, Pardini R. 2018. Effectiveness of protected areas for biodiversity conservation: Mammal occupancy patterns in the Iguaçu National Park. Brazil. Journal for Nature Conservation 41:51-62. DO

CAPÍTULO 3

CARRAPATOS EM HUMANOS EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA PRESERVADA NO BRASIL: ESPÉCIES, ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO, LOCAL DE FIXAÇÃO E PADRÃO SAZONAL DE INFESTAÇÃO



Contents lists available at ScienceDirect

Ticks and Tick-borne Diseases

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ttbdis



Ticks on humans in an Atlantic rainforest preserved ecosystem in Brazil: Species, life stages, attachment sites, and temporal pattern of infestation

Adriane Suzin^{a,b,*}, Marina Xavier da Silva^c, Matheus Henrique Tognolli^d, Alexandre Vogliotti^e, Samuel Fernando Adami^e, Marcela Figuêredo Duarte Moraes^f, Pablo Henrique Nunes^e, Matias Pablo Juan Szabó^{b,*}

^a Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais 38400-902, Brazil

^b Laboratório de Ixodologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Brazil

^c Projeto Carnívoros do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, BR-469, Km 22.5, Foz do Iguaçu, Paraná 85851-970, Brazil

^d Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Av. Humberto Monte, Bloco 209, S/N, Fortaleza, Ceará 60455-760, Brazil

^e Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Paraná 85866-970, Brazil

^f Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Vtas de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, S/N, Jaboticabal, São Paulo 14884-900, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Amblyomma coelebs
Exposure risk
Human tick bites
Iguaçu national park
Rainforest
Tick communities

ABSTRACT

We herein describe exposure and tick attachment to researchers and field staff within the greatest preserved inland Atlantic rainforest, located in Brazil, over a non-consecutive period of five years. Overall, 433 ticks from five species were collected, *Amblyomma coelebs* ($n = 281$), *Amblyomma brasiliense* ($n = 79$), *Amblyomma incisum* ($n = 43$), *Amblyomma ovale* ($n = 4$), *Haemaphysalis juxtakochi* ($n = 4$). Clusters of larvae belonged to the genus *Amblyomma* ($n = 21$) and *Haemaphysalis* ($n = 1$). Both *Haemaphysalis* and *Amblyomma* species were observed crawling on humans but only ticks from the latter genus were found attached. Most recovered ticks (59%) were found attached and, whereas *A. brasiliense* was the main host-seeking tick species in the forest, *A. coelebs* nymphs were the ones that overwhelmingly attached to humans (70% of all attachments). At the same time only 0.4% of human bites were of *A. ovale*, the *Rickettsia parkeri* strain Atlantic rainforest vector tick in Brazil. Tick attachment sites were recorded for 132 ticks and lower/upper limbs and the trunk were more parasitized than the head/neck. Tick bites were recorded throughout the year; while larvae did not show an evident seasonal pattern, nymphs attached to humans mainly in autumn and winter and the few adult bites were recorded in spring. Our results highlighted *A. coelebs* nymphs as major human-biters and evidenced the necessity of studies that discern human tick bites that occur after exposure to host-seeking ticks from those that occur after tick displacement from hosts that carry ticks to human dwellings.

CAPÍTULO 4

IXODÍDEOS COLETADOS NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU E EM FRAGMENTOS FLORESTAIS ADJACENTES



Ixodídeos coletados no Parque Nacional do Iguaçu e em fragmentos florestais adjacentes

Resumo: O objetivo desse estudo foi conhecer a fauna de carrapatos presente em fragmentos florestais adjacentes ao Parque Nacional do Iguaçu e associá-la com características da paisagem. Foram amostrados 17 fragmentos florestais (cinco amostragens nos meses de dezembro de 2018, março, maio, julho e setembro de 2019 - esforço amostral de 17000 m de arraste em cada amostragem) e o PNI (quatro amostragens nos meses de março, maio, julho e setembro de 2019 – esforço amostral de 3200 m em cada amostragem). Os carrapatos foram coletados através de arraste de flanela (1 x 2 m) e em seguida foram identificados utilizando chaves de identificação taxonômica. Nesse estudo, tanto no PNI quanto nos fragmentos foram registradas cinco espécies de carrapatos, sendo que *A. incisum* foi encontrada exclusivamente no PNI enquanto *A. longirostre* unicamente nos fragmentos florestais. Ninfas de *A. ovale* foram coletadas exclusivamente nos fragmentos florestais (n = 6). De forma geral, a densidade de carrapatos encontrada no PNI foi cerca de 18 vezes maior do que aquela registrada nos 17 remanescentes de Mata Atlântica. A espécie mais abundante no PNI foi *A. brasiliense* (n = 53; 50,5% do total coletado no PNI), enquanto nos fragmentos foi *A. coelebs* (n = 11; 35,5% do total coletado nos fragmentos). No PNI as maiores densidades foram de ninfas de *A. brasiliense*, seguida de *A. coelebs* e de *H. juxtakochi* (15,63; 9,38 e 3,13, respectivamente) enquanto nos fragmentos florestais a maior densidade foi de ninfas de *A. coelebs*, seguida de *A. ovale* e de *A. brasiliense* (0,65; 0,36 e 0,30, respectivamente). Quanto às métricas de paisagem verificamos que a área, relação perímetro/área, densidade de borda e NDVI não estiveram correlacionadas com a abundância, riqueza e densidade de carrapatos. No entanto, houve uma correlação negativa desses três parâmetros com a distância dos fragmentos até o PNI. Esse último resultado pôde ser visualizado também através da métrica da distância Euclidiana, onde os fragmentos 1, 2, 3, 4 e 5 encontram-se isolados na paisagem, com as maiores distâncias borda a borda; destaca-se que nesses fragmentos não foram encontrados carrapatos ao longo do estudo. Outro resultado interessante foi que a espécie *A. ovale* foi coletada em fragmentos (com exceção do 12) que possuíam áreas residenciais construídas adjacentes às áreas de mata. Esses resultados apontam que a fragmentação e o isolamento de manchas florestais podem ser responsáveis pela ausência/diminuição da fauna Ixodídea em determinados fragmentos em Foz do Iguaçu. Interessante ressaltar que em locais permeados por áreas residenciais foi encontrada *A. ovale*, espécie que é vetor de *Rickettsia parkeri* cepa da Mata Atlântica. Futuros estudos devem investigar a presença e a relação da comunidade de vertebrados nesses fragmentos assim como investigar possíveis áreas de importância epidemiológica dessa riquíssima.

Palavras-chave: *Amblyomma ovale*; cães domésticos; Ecologia de paisagem; fragmentação florestal.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente a emergência e reemergência de muitas doenças têm sido associadas às alterações ambientais, tais como, a fragmentação de habitats, corte seletivo e o desmatamento,

o que tem gerado mudanças na composição de comunidades bióticas (Barbieri et al., 2014; Barbour & Fish, 1993; Ledger et al., 2019; Krawczak et al., 2014; Levi et al., 2012; Szabó et al., 2013). Nesse cenário, são também afetadas as comunidades de parasitos, que têm suas dinâmicas populacionais alteradas.

As populações de carrapatos (Acari: Ixodidae, Argasidae) são fortemente associadas a fatores bióticos e abióticos, tais como a disponibilidade de hospedeiros, temperatura, umidade e características do habitat (Ginsberg et al., 2020; Heylen et al., 2019; Schulze et al., 1995; Gilbert et al., 2014; Belozarov, 1982). Assim, algumas espécies/estágios são altamente dependentes de determinados hospedeiros e do microambiente onde estão inserida (o)s. Se por um lado os carrapatos precisam do hospedeiro para completar seu ciclo de vida, por outro lado sua presença, assim como a dos hospedeiros vertebrados somente ocorrerão em locais que possuem os recursos mínimos para ambos. Se somarmos o fato de que os carrapatos exibem certa especificidade quanto a hospedeiros (Jongejan & Uilnenberg, 2004; Esser et al., 2016a), então há de se esperar que ocorra um efeito em cascata, onde alterações do ambiente determinarão a ocorrência de certas espécies de hospedeiros e, conseqüentemente da fauna de carrapatos.

Tamanha é a importância da integridade de ecossistemas nas relações ecológicas carrapatos-ambiente-hospedeiro que atualmente tem se apontado a existência de uma associação entre biodiversidade e risco de doenças zoonóticas (Dudek, 2014; Ostfeld & Keesing, 2000; Allan et al., 2003; Allan, 2000). Nesse sentido alguns autores postulam a ocorrência do chamado “efeito diluição” onde áreas que possuem maior biodiversidade possuíam menor risco de doenças zoonóticas. Isso ocorre porque em locais mais íntegros há maior número de espécies de animais que são consideradas como reservatórios incompetentes e, portanto, podem diluir o efeito daqueles animais que são reservatórios competentes de agentes patogênicos (Dudek, 2014; Ostfeld & Keesing, 2000), reduzindo, dessa forma, o risco de infecção. Conseqüentemente, um ambiente diverso e saudável será benéfico para a saúde humana (Dudek, 2014).

Nesse contexto, no Brasil, observamos o bioma da Mata Atlântica, que vem sofrendo fortes pressões antrópicas, sendo reduzida a cerca de 7,8% de sua cobertura original (Di Bitetti et al., 2003). Especificamente no estado do Paraná, a supressão da vegetação nativa entre os anos de 2012 e 2021 foi de 3 243.659, 48 ha (IAT, 2021). Essa devastação somada ao oportunismo de algumas espécies de animais pode facilitar o estabelecimento de alguns vetores, antes restritos a ambientes específicos (Martins et al., 2014; Ogrzewalska et al., 2009; Szabó et al., 2009). Dentre os exemplos podemos citar a Febre Maculosa Brasileira, causada

pelas bactérias *Rickettsia rickettsii* e *Rickettsia parkeri* cepa da Mata Atlântica que são transmitidas pelos carrapatos *Amblyomma sculptum*, *Amblyomma aureolatum* e *Amblyomma ovale*. A ecopidemiologia dessa doença tem recebido ampla contribuição tanto de espécies domésticas, como o cão doméstico e o cavalo quanto de espécies silvestres generalistas, como a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Enquanto a distribuição de *A. sculptum* se concentra em regiões de Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica degradada, o *A. ovale* e *A. aureolatum* tem sido encontrado em locais de Mata Atlântica (Suzin et al., 2020; Martins et al., 2016; Veronez et al., 2010; Ogrzewalska et al., 2016). Especialmente, no Brasil, os casos de Febre Maculosa em áreas de Mata Atlântica estão associados à interseção entre florestas e áreas permeáveis à circulação de cães domésticos (Scinachi et al., 2017; Binder et al., 2021), uma vez que esses hospedeiros podem apresentar densidades elevadas nas matas, sobretudo nas bordas (Torres & Prado, 2010). Nesses ambientes, os cães podem ser prováveis amplificadores da bactéria patogênica, mas também podem atuar como sentinelas (Binder et al., 2021; Scinachi et al., 2017).

Sabe-se que a dinâmica das comunidades biológicas pode ser afetada pela estrutura da paisagem, que afeta a comunidade de hospedeiros e o ambiente onde os carrapatos poderão cair e sobreviver (Ledger et al., 2019; Heylen et al., 2019; Ferrel et al., 2018). Contudo, no Brasil, poucos estudos têm considerado a influência da composição e a configuração da paisagem em comunidades de carrapatos, com raros trabalhos utilizando a ecologia da paisagem associada com a transmissão de doenças por carrapatos (Binder et al., 2021; Schinachi et al., 2017). Contudo, a compreensão desses aspectos auxiliaria na prevenção de doenças emergentes transmitidas por esses ectoparasitos. Portanto, o objetivo deste estudo foi conhecer a fauna de carrapatos presentes em fragmentos florestais adjacentes ao Parque Nacional do Iguaçu e associar características de cada um com a abundância, riqueza e densidade da fauna de carrapatos encontrada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e coleta de carrapatos

Os carrapatos foram coletados em vida livre em oito transectos controle, portanto locais de não trilha, no Parque Nacional do Iguaçu (PNI - porção de Foz do Iguaçu) e em 17 fragmentos florestais de tamanhos e distâncias variáveis do PNI (Figuras 1 e 2). A coleta dos carrapatos ocorreu por arraste de flanela, técnica amplamente utilizada para a coleta desses ectoparasitos em vida livre. Basicamente, uma flanela de algodão de 1 x 2 m foi arrastada

sobre a vegetação e serrapilheira, e carrapatos em espreita por hospedeiros aderiram ao tecido. A flanela foi inspecionada a cada 20 m de arraste. No Parque nacional do Iguaçu, foram realizadas quatro campanhas de coleta nos meses de março, maio, julho e setembro de 2019, com esforço amostral de 3200 m de arraste em cada campanha. Nos fragmentos florestais adjacentes ao PNI foram realizadas cinco campanhas de coleta, nos meses de dezembro de 2018, março, maio, julho e setembro de 2019; com esforço amostral de 17000 m de arraste em cada uma.

Os carrapatos coletados foram acondicionados em microtubos plásticos preenchidos com álcool 70% e em seguida identificados morfolologicamente no nível de estágio e de espécie (para ninfas e adultos) através de lupa estereomicroscópica seguindo chaves de identificação taxonômica (Barros-Battesti et al., 2006; Martins et al., 2010; Egizi et al., 2019).

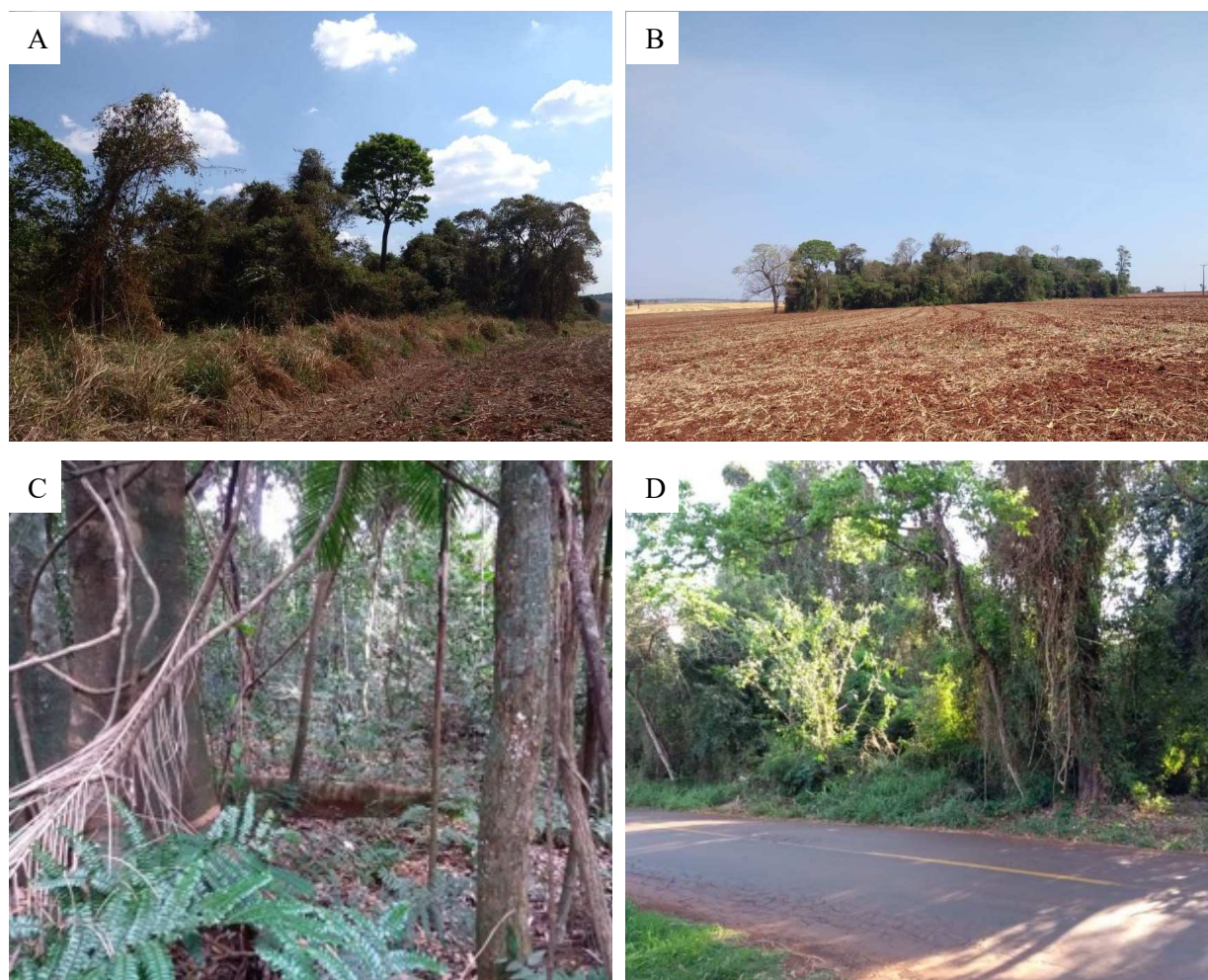


Figura 1. Locais de amostragem (fragmentos florestais) em Foz do Iguaçu entre dezembro de 2018 e setembro de 2019.

2.2 Análise dos dados da paisagem

Os critérios para a seleção dos 17 fragmentos florestais foram estarem a diferentes distâncias do PNI (considerada a décima oitava área, e área controle) possuírem áreas distintas (2,6 ha a 113,1 ha) e serem remanescentes de Mata Atlântica. A análise espacial em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a diagramação dos produtos cartográficos foram executadas no *software* ArcGIS 10.4.1, módulo ArcMap. O arquivo vetorial referente à vegetação nativa remanescente foi obtido no servidor FTP (*File Transfer Protocol*) do Instituto Água e Terra do Paraná (IAT), sendo este recortado com base nos limites municipais de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu. Ainda no endereço eletrônico do IAT, foram baixados os limites municipais do estado do Paraná referente a 2021 e a rede hidrográfica (escala 1:50.000).

Os limites do Parque Nacional do Iguaçu foram obtidos na plataforma do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Também foram obtidas imagens orbitais registradas em 22/07/2021 pelo sensor WPM (Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura) do satélite CBERS 4A (órbita ponto 212/145), na plataforma de Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O arquivo vetorial de vegetação nativa remanescente produzido pelo IAT foi gerado a partir de classificação de imagens Sentinel (10 m de resolução espacial), registradas entre 2020/2021, e Planet (5 m de resolução espacial), registradas em 2021. Com a disponibilidade de dados orbitais em maior nível de detalhe, foi realizada atualização dos polígonos de vegetação nativa remanescente. A partir das imagens orbitais CBERS, foi gerada uma composição colorida em cor verdadeira (R3G2B1), sendo essa fusionada com a imagem pancromática, obtendo resolução espacial final de 2 m. Na sequência, os polígonos vegetação nativa remanescente foram comparados e, quando necessário, corrigidos em relação a composição colorida gerada, sendo esse processo feito manualmente e com escala de tela definida em 1:5.000. Após conclusão da verificação, foi aplicada análise de consistência topológica e individualizados os fragmentos de vegetação nativa remanescente onde foram realizadas coletadas.

A partir desse conjunto de arquivos foram extraídos os seguintes dados: (i) distância dos fragmentos amostrados em relação ao Parque Nacional do Iguaçu, dada pela ferramenta *near* do ArcGIS; (ii) mapa de índice de proximidade, que calcula a menor distância entre fragmentos de acordo com o menor caminho em linha reta de borda a borda, gerado pela ferramenta *Euclidean Distance* do ArcGIS; (iii) área (hectares) e perímetro (metros) dos fragmentos de vegetação nativa remanescente em análise através da calculadora de campo do ArcGIS; (iv) Relação perímetro área (PAR) que apresenta o tamanho do fragmento em relação ao seu perímetro (perímetro/área), indicando a complexidade da forma, sendo que valores menores indicam áreas mais íntegras e, portanto, que sofrem menos com o efeito de borda, esse valor foi extraído utilizando o pacote de ferramentas do *Patch Analyst* (Rempel et al., 2012); e (v) densidade de borda foi utilizado o pacote de ferramentas do *Patch Analyst* (REMPEL et al., 2012). Todas essas métricas foram calculadas para os 17 fragmentos florestais pertencentes a esse estudo.

Além disso, foram utilizadas imagens orbitais coletadas pelo CBERS 4A para gerar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973). O NDVI representa o vigor de uma determinada área, com valores maiores sendo indicadores de locais com maior vigor vegetativo. Para essa

métrica foram utilizadas as bandas do infravermelho próximo (banda 4 - NIR) e do vermelho (banda 3 - RED), aplicando a seguinte equação em álgebra de mapas no QGIS:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Os valores de NDVI para cada área de estudo foram calculadas de duas maneiras, a primeira pela extração de valores a partir de *buffers* de raios variáveis de acordo com o tamanho de cada fragmento (de 50 m a 200 m) plotado sob o local de amostragem dos carrapatos (n = 18 locais) e a segunda foi dada pela extração de valores de NDVI do fragmento como um todo (n = 17 fragmentos florestais).

2.3 Análises estatísticas

Os valores extraídos das métricas de paisagem de cada fragmento florestal (i.e., distância vetorial até o PNI, área, relação perímetro/área, densidade de borda e NDVI – todas variáveis independentes/preditoras) foram correlacionados com os valores de abundância, densidade e riqueza de carrapatos. Destaca-se que as análises incluíram apenas os 17 fragmentos florestais, com exceção da análise cuja variável preditora foi o NDVI médio do *buffer*, que englobou também o PNI. As análises utilizadas foram correlações de Spearman com um alfa de 5%. Essas análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0.

3. RESULTADOS

Durante o período de amostragem foram coletados 135 carrapatos, pertencentes a seis espécies: *Amblyomma brasiliense*, *Amblyomma coelebs*, *Amblyomma incisum*, *Amblyomma longirostre*, *Amblyomma ovale* e *Haemaphysalis juxtakochi* (Tabela 1). Ninfas foi o estágio coletado em maior número (n = 119), seguido das larvas (n = 10) e dos adultos (n = 6). No Parque Nacional do Iguaçu foram coletados 105 carrapatos, enquanto nos fragmentos florestais adjacentes ao PNI, foram coletados 30 espécimes (Tabela 1). Nesse estudo, no PNI não foi registrada a espécie *A. longirostre*, enquanto nos fragmentos não foi registrado o carrapato *A. incisum* (Tabela 1). A espécie mais abundante no PNI foi *A. brasiliense* (n = 53; 50,5% do total coletado no PNI), enquanto nos fragmentos foi *A. coelebs* (n = 11; 35,5% do total coletado nos fragmentos) (Tabela 1). Ninfas de *A. ovale* foram coletadas exclusivamente nos fragmentos florestais (n = 6), e o único adulto dessa espécie foi coletado no PNI (Tabela 1).

Tabela 1. Número de carrapatos coletados de acordo com o estágio, espécie e local (Parque Nacional do Iguaçu – PNI e fragmentos florestais) em Foz do Iguaçu entre dezembro de 2018 e setembro de 2019.

Estágios e espécies	PNI*	Fragmentos**	Total
Larvas			
<i>Amblyomma</i> spp.	5	4	9
<i>Haemaphysalis</i> spp.	1	0	1
Total larvas	6	4	10
Ninfas			
<i>Amblyomma brasiliense</i>	50	5	56
<i>Amblyomma coelebs</i>	30	11	41
<i>Amblyomma incisum</i>	4	0	4
<i>Amblyomma longirostre</i>	0	2	2
<i>Amblyomma ovale</i>	0	6	6
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	10	1	11
Total ninfas	94	25	120
Adultos			
<i>Amblyomma brasiliense</i>	3	1	4
<i>Amblyomma coelebs</i>	1	0	1
<i>Amblyomma incisum</i>	0	0	0
<i>Amblyomma ovale</i>	1	0	1
<i>Haemaphysalis juxtakochi</i>	0	0	0
Total adultos	5	1	6
TOTAL	105	30	135

*Quatro amostragens em oito trilhas controle = março / 2019, maio / 2019, julho / 2019 e setembro / 2019 - esforço amostral de 3200 m de arraste em cada uma.

**Cinco amostragens em 17 fragmentos florestais = dezembro / 2018, março / 2019, maio / 2019, julho / 2019 e setembro/2019 - esforço amostral de 17000 m de arraste em cada uma.

Quando consideramos a densidade de carrapatos (*i.e.*, número de carrapatos em relação ao esforço amostral de cada uma das áreas em cada mês de coleta) podemos perceber que no PNI a densidade total foi de 32,81 carrapatos a cada 1.000 metros de arraste de flanela, enquanto que nos 17 fragmentos juntos a densidade foi de 1,77 carrapatos/1.000 m de arraste (Tabela 2). As espécies com maior densidade (número de carrapatos a cada 1000 m de arraste) no PNI foram ninfas de *A. brasiliense* (15,63) seguida de ninfas de *A. coelebs* (9,38) e de ninfas de *H. juxtakochi* (3,13); a densidade de *A. ovale* (um único espécime adulto) foi de 0,31 carrapatos (Tabela 2). Nos fragmentos florestais, a maior densidade foi de ninfas de *A. coelebs* (0,65), seguida de ninfas de *A. ovale* (0,35) e de ninfas de *A. brasiliense* (0,30) (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade de carrapatos de acordo com o esforço de amostragem em 18 áreas (Parque Nacional do Iguaçu – PNI e fragmentos florestais) em Foz do Iguaçu entre dezembro de 2018 e setembro de 2019. Legenda: *Ambl.* = *Amblyomma*; *Haem.* = *Haemaphysalis*; *A. bras.* = *Amblyomma brasiliense*; *A. long.* = *Amblyomma longirostre*; *A. inci.* = *Amblyomma incisum*; *H. juxt.* = *Haemaphysalis juxtakochi*.

ID	Local	Coordenadas (decimais)		Tamanho (ha)	Esforço amostral (m de arraste)	Número de carrapatos coletados a cada 1000 m											Tot
						<i>Ambl.</i> spp.	<i>Hae</i> <i>m.</i> spp.	<i>A. bras.</i>	<i>A. coelebs</i>	<i>A. long.</i>	<i>A. ovale</i>	<i>A. inci.</i>	<i>H. juxt.</i>				
		Latitude	Longitude			L	L	N	A	N	A	N	N	A	N	N	
1	Fragmento (*)	-25,485300	-54,467500	28,5	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Fragmento (*)	-25,484800	-54,476500	88,8	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Fragmento (*)	-25,485600	-54,494500	10,4	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Fragmento (*)	-25,497300	-54,499200	7,1	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Fragmento (*)	-25,506000	-54,491700	20,6	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Fragmento (*)	-25,515000	-54,513700	6,1	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Fragmento (*)	-25,520000	-54,500400	2,6	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Fragmento (*)	-25,524700	-54,506900	3,3	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Fragmento (*)	-25,540200	-54,521500	5,8	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Fragmento (*)	-25,554200	-54,516700	109,8	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,1
11	Fragmento (*)	-25,566200	-54,527400	5,0	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,1
12	Fragmento (*)	-25,561600	-54,535500	14,9	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Fragmento (*)	-25,570000	-54,560600	3,8	1000	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
14	Fragmento (*)	-25,579500	-54,530400	39,6	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Fragmento (*)	-25,603900	-54,511400	4,6	1000	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
16	Fragmento (*)	-25,596500	-54,472800	10,2	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
17	Fragmento (*)	-25,586300	-54,468800	113,1	1000	0,00	0,00	0,24	0,06	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,8
18	PNI (**)	***-25,634500	-54,457000	185000,0	3200	1,56	0,31	15,63	0,94	9,38	0,31	0,00	0,00	0,31	1,25	3,13	32,8

Período de amostragem: *Cinco amostragens = dezembro / 2018, março / 2019, maio / 2019, julho / 2019 e setembro / 2019; **Quatro amostragens = março / 2019, maio / 2019, julho / 2019 e setembro / 2019;

*** Coordenada aproximada

No PNI as larvas de *Amblyomma* spp. e de *Haemaphysalis* spp. foram coletadas exclusivamente no mês de março. Nos fragmentos florestais esse estágio foi coletado em maio e julho, com dois aglomerados em cada mês. Quanto às ninfas, no PNI elas foram coletadas em maior número no mês de julho, com a maior abundância de *A. brasiliense*. Por outro lado, nos fragmentos florestais o maior número de ninfas foi coletado em maio, sobretudo a espécie *A. ovale*. Finalmente, foram coletados apenas cinco indivíduos adultos no PNI, sendo dois *A. brasiliense* (maio), um *A. coelebs* (julho), e um *A. incisum* e um *A. ovale* (setembro). Nos fragmentos florestais, apenas um adulto de *A. brasiliense* foi coletado em setembro. Esses dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Espécies de e estágios de carrapatos coletados no Parque Nacional do Iguaçu e em 17 fragmentos florestais adjacentes em Foz do Iguaçu durante o período de dezembro de 2018 a setembro de 2019.

Estágios	Gêneros e espécies	PNI				Fragmentos				
		mar/19	mai/19	jul/19	set/19	dez/2018	mar/19	mai/19	jul/19	set/19
Larvas	<i>Amblyomma</i> sp	5	0	0	0	0	0	2	2	0
	<i>Haemaphysalys</i> spp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total de larvas	6	0	0	0	0	0	2	2	0
Ninfas	<i>A. brasiliense</i>	6	9	24	11	0	0	3	2	0
	<i>A. coelebs</i>	6	10	7	7	0	0	3	4	4
	<i>A. incisum</i>	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ovale</i>	0	0	0	0	0	0	5	1	0
	<i>H. juxtakochi</i>	2	1	2	5	0	0	1	0	0
	<i>A. longirostre</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	Total de ninfas	15	21	35	23	0	0	14	7	4
Adultos	<i>A. brasiliense</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	1
	<i>A. coelebs</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>A. incisum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>A. ovale</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>H. juxtakochi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total de adultos	0	2	1	2	0	0	0	0	1
TOTAL		21	23	36	25	0	0	16	9	5

As variáveis da paisagem utilizadas nesse estudo foram área, relação perímetro/área, densidade de borda, distância até o PNI e valores médios de NDVI [dos *buffers* dentro de cada área de estudo (n = 18) e do fragmento florestal como um todo (n = 17)]. A área dos 17 fragmentos florestais variou de 2,57 ha a 113,11 ha, com média de 27,90 e mediana de 10,25 ha. A densidade de borda das 17 áreas variou de 1,28 a 16,81 com valor médio de 5,05 e mediana de 3,26. A distância vetorial dos fragmentos florestais em relação ao PNI variou de 993,54 m até 9543,95 m, com valor médio de 6602,69 e valor de mediana de 7700,72 m. Os valores de NDVI dentro do *buffer* de cada área amostral variaram de 0,51 a 0,62, com valor

médio e de mediana de 0,57. Já o NDVI médio da área total de cada fragmento, variou de 0,48 a 0,61, com valores médios e medianos de 0,56 (Figura 2 -A). Os valores de NDVI inanimados incluíram áreas de água e de área urbana; os de classificação baixa estão representados por monoculturas, os de valores moderadamente baixos por pastagens de inverno; e os moderadamente alto e alto englobam os fragmentos florestais e o PNI. Esses dados podem ser observados na Tabela 4 e na Figura 2A.

Além disso, através da medida da distância Euclidiana do vizinho mais próximo, podemos verificar que a maior distância observada entre fragmentos no quadrante leste foi de 1028 m enquanto no quadrante oeste foi de 1500 m. A representação desse resultado pode ser observada na Figura 2-B, na qual nota-se que os fragmentos 1, 2, 3, 4 e 5 encontram-se isolados na paisagem, com as maiores distâncias borda a borda. Por outro lado, os demais fragmentos, apresentaram distâncias menores entre si.

Tabela 4. Variáveis dependentes (densidade amostral de carrapatos, abundância e riqueza) e independentes (área, relação perímetro/área, densidade de borda, distância vetorial de cada fragmento até o PNI e NDVI) dos locais de amostragem em Foz do Iguaçu, Paraná, entre dezembro de 2018 e setembro de 2019. Legenda: Den. amo. de carrapatos = Densidade amostral de carrapatos. Abun. = Abundância. Relação P/A = Relação Perímetro/Área. Den. de borda = Densidade de borda; Dist. até o PNI = Distância até o PNI.

Local de amostragem	Variáveis dependentes					Variáveis preditoras			
	Den. amo. de carrapatos	Abun.	Riqueza	Área(ha)	Relação P/A	Den. de borda	Dist. até o PNI (m)	NDVI médio dos <i>buffers</i>	NDVI médio do local
1	0,00	0	0	28,50	0,01	4,56	7700,73	0,59	0,57
2	0,00	0	0	88,80	0,00	8,57	7929,81	0,61	0,58
3	0,00	0	0	10,40	0,01	3,26	9543,95	0,58	0,56
4	0,00	0	0	7,10	0,02	2,29	9138,27	0,57	0,56
5	0,00	0	0	20,60	0,01	4,92	7676,75	0,57	0,55
6	0,00	0	0	6,10	0,02	2,04	9537,27	0,55	0,54
7	0,06	1	1	2,60	0,02	1,28	8136,46	0,59	0,59
8	0,06	1	1	3,30	0,02	1,47	8520,30	0,59	0,57
9	0,06	1	1	5,80	0,04	4,37	7956,57	0,51	0,48
10	0,12	2	2	109,80	0,01	16,81	5021,25	0,56	0,54
11	0,12	2	1	5,00	0,02	2,02	6107,46	0,55	0,53
12	0,00	0	0	14,90	0,01	3,96	6851,39	0,57	0,57
13	0,18	3	1	3,80	0,03	2,12	8251,72	0,53	0,50
14	0,06	1	1	39,60	0,01	7,37	5206,76	0,53	0,53
15	0,18	3	2	4,60	0,02	1,81	2107,32	0,60	0,58
16	0,12	2	1	10,20	0,01	2,60	993,54	0,60	0,59
17	0,83	14	3	113,10	0,01	16,63	1566,26	0,62	0,61
18	32,81	105	5	185000,00	-	-	-	0,57	-

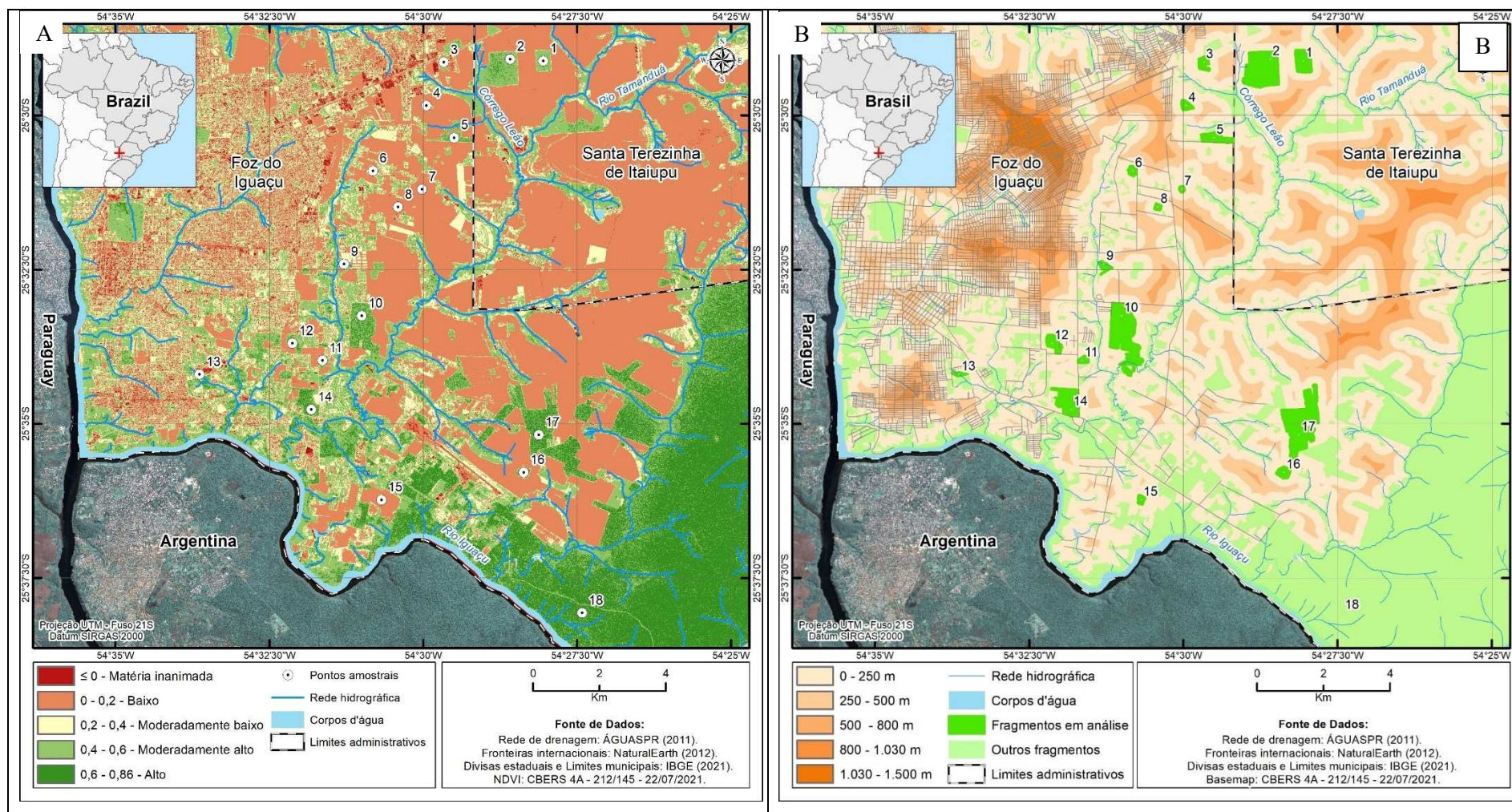


Figura 2. Valores de NDVI dos 18 locais amostrais (A) e distância euclidiana do vizinho mais próximo de borda a borda (B).

Em relação às análises de paisagem e ao padrão espacial de distribuição dos carrapatos, podemos perceber visualmente que os fragmentos próximos ao PNI (IDs 15, 16 e 17) apresentaram maior riqueza de espécies e abundância de carrapatos (Tabela 4; Figura 3: A-B). Esses fragmentos possuíram em comum com o PNI as seguintes espécies: *A. brasiliense*, *A. coelebs* e *H. juxtakochi* (Figura 3: A-B). Por outro lado, os fragmentos com distância intermediária apresentaram larvas *Amblyomma* spp. e ninfas de *A. ovale* (Figura 3: A-B). Não foram coletados carrapatos nos fragmentos mais distantes (Figura 3: A-B). Essa observação numérica se confirmou estatisticamente, havendo uma correlação negativa entre a distância vetorial de cada fragmento (em relação ao PNI) com a abundância, densidade e riqueza de espécies de carrapatos (Tabela 5). As demais métricas de paisagem utilizadas nesse estudo (i.e., área do fragmento, relação perímetro/área, densidade de borda e os valores de NDVI) não apresentaram correlação com a densidade, abundância e riqueza de carrapatos (Tabela 5).

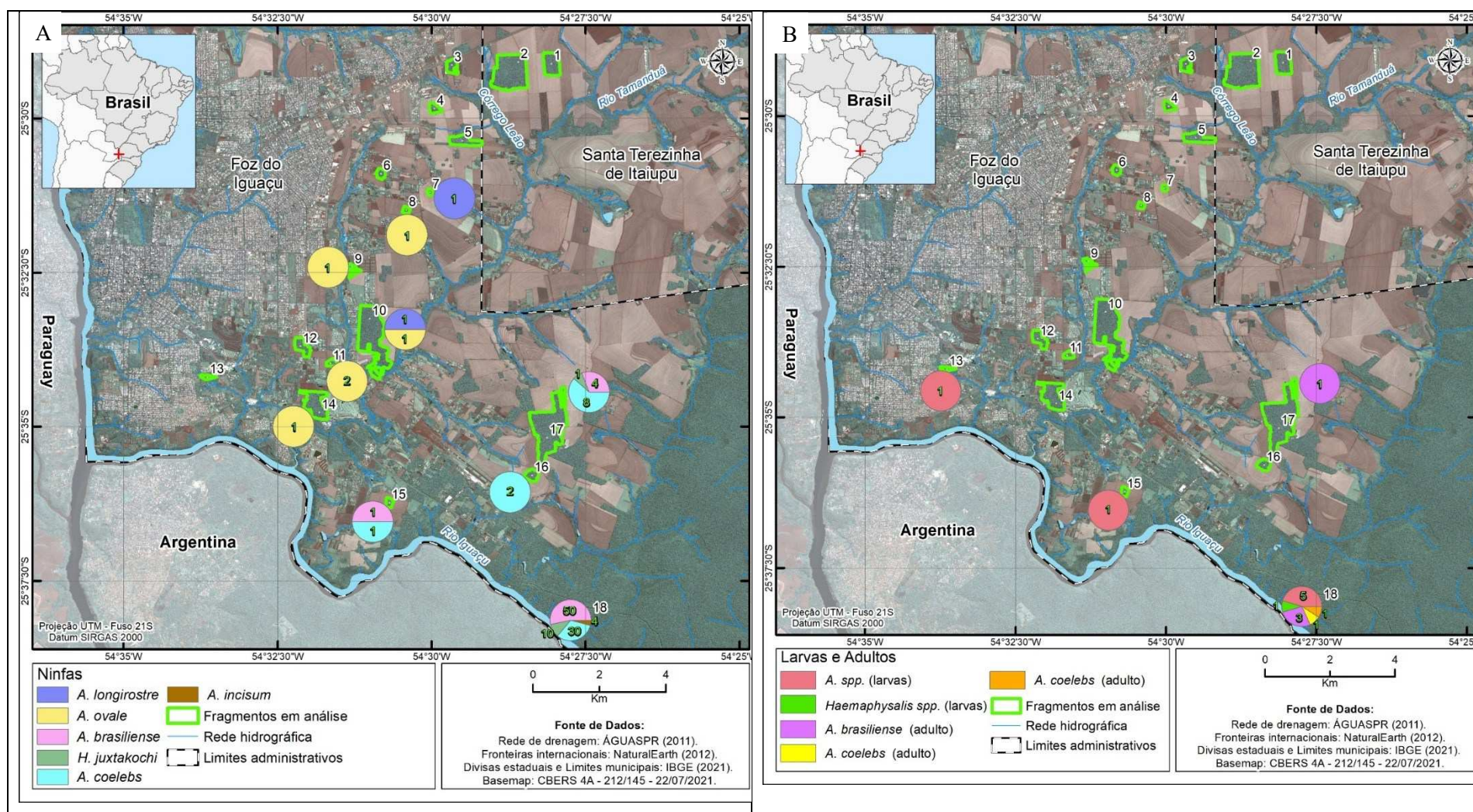


Figura 3. Espécies e abundância de carrapatos ninfas (A) larvas e adultos (B) coletadas no PNI e em fragmentos florestais adjacentes em Foz do Iguaçu, Paraná, entre dezembro de 2018 e setembro de 2019.

Tabela 5. Análises de correlação entre as variáveis da paisagem com a densidade amostral, abundância e riqueza de carrapatos coletadas no Parque Nacional do Iguaçu e em 17 fragmentos florestais adjacentes em Foz do Iguaçu, Paraná entre dezembro de 2018 e setembro de 2019.

Variáveis	Densidade amostral de carrapatos				Abundância de carrapatos				Riqueza de carrapatos			
	Coef. de Spearman (rs)	t	p	N	Coef. de Spearman (rs)	t	p	n	Coef. de Spearman (rs)	t	p	n
Área (ha)	-0,17	-0,68	0,51	17,00	-0,17	-0,68	0,51	17,00	-0,09	-0,35	0,73	17,00
Relação Perímetro/área	0,18	0,71	0,49	17,00	0,18	0,71	0,49	17,00	0,11	0,44	0,67	17,00
Densidade de borda	-0,10	-0,38	0,71	17,00	-0,10	-0,38	0,71	17,00	-0,01	-0,05	0,96	17,00
Distância até o PNI (m)	-0,58	-2,74	0,015	17,00	-0,58	-2,74	0,015	17,00	-0,59	-2,85	0,01	17,00
NDVI médio (<i>buffers</i>)	-0,02	-0,07	0,94	18,00	-0,02	-0,07	0,94	18,00	0,02	-0,02	0,99	18,00
NDVI médio (local)	0,06	0,24	0,81	17,00	0,06	0,24	0,81	17,00	0,08	0,32	0,75	17,00

Outra característica importante observada nesse estudo é que a espécie *A. ovale* foi coleta em fragmentos (com exceção do 12) que possuíam áreas residenciais construídas adjacentes às áreas de mata (i.e., fragmentos 9, 10, 11 e 14; Figura 4).

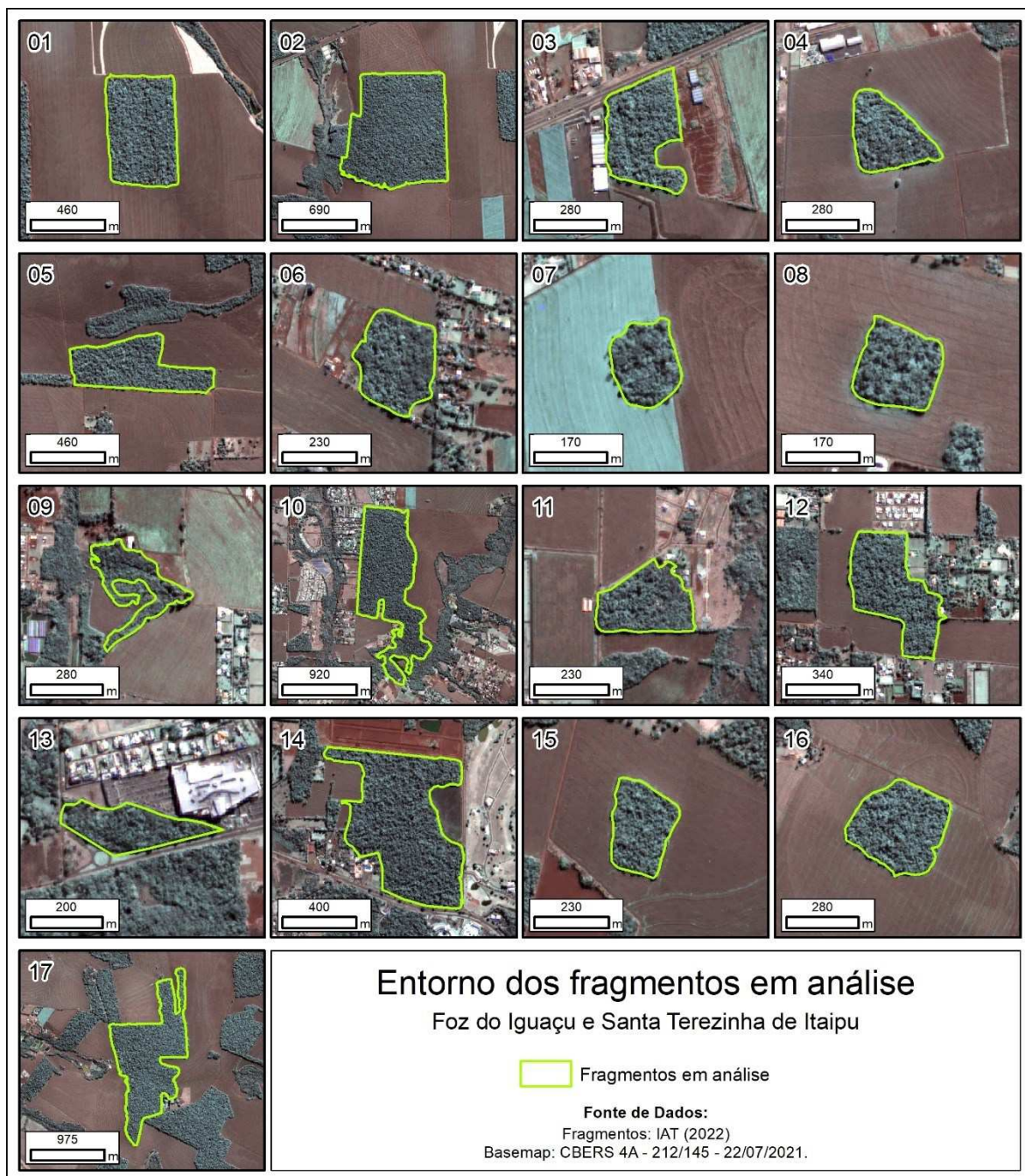


Figura 4. Fragmentos florestais amostrados em Foz do Iguaçu, Paraná entre dezembro de 2018 e setembro de 2019.

4. DISCUSSÃO

Ifere-se a partir da metodologia empregada nesse trabalho que, de forma geral, os fragmentos florestais em Foz do Iguaçu possuem uma baixa densidade de carrapatos e de forma decrescente conforme a distância do PNI. Embora a riqueza de espécies de todos os fragmentos juntos foi similar com a encontrada no PNI, de forma individual, a riqueza foi baixa ou nula para a maioria dos fragmentos florestais amostrados. Ogrzewalska et al. (2009;

2011), em estudos realizados em uma área de Mata Atlântica extremamente fragmentada, na região do Pontal do Paranapanema em São Paulo, verificaram que a abundância de carrapatos em vida livre foi maior na área controle (aproximadamente 36 mil ha) e nos fragmentos florestais grandes (480-1850 ha). No entanto, diferente do visto aqui, tanto a área controle quanto os fragmentos grandes e pequenos (80-140 ha) apresentaram as mesmas espécies de carrapatos [i.e., *Amblyomma cajennense* (i.e. *A. sculptum*), *A. coelebs*, *A. brasiliense*, *Amblyomma naponse* e *H. juxtakochi*]. Além disso, em Foz do Iguaçu nos fragmentos mais distantes e isolados não foram encontrados carrapatos em nenhuma das amostragens. Esses resultados mostram que a configuração da paisagem em Foz do Iguaçu afeta a presença dos carrapatos, o que possivelmente está associado com a mobilidade dos hospedeiros. Alguns trabalhos têm pontuado que há uma relação direta entre a abundância de hospedeiros e de carrapatos (Szabó et al., 2009; Ruiz-Fons & Gilbert, 2010; Hofmeester et al., 2017), visto que quando em conjunto e em condições ambientais adequadas há maior chance de carrapatos completarem seu ciclo de vida, ocasionando a manutenção de suas populações. Cabe destacar que, provavelmente a discrepância das densidades entre PNI e fragmentos seria ainda maior, visto que no primeiro houve uma amostragem a menos.

Especialmente, fragmentos florestais próximos ao PNI exibiram uma composição de espécies semelhante ao parque, enquanto as áreas com distância intermediárias ou longas apresentaram outras ou nenhuma espécie, respectivamente. Dado o fato de que a dispersão dos carrapatos é majoritariamente dependente da movimentação dos hospedeiros, esse resultado parece indicar que nesses locais há fluxo de espécies de animais vertebrados, possivelmente oriundos do PNI. Levando em consideração que os carrapatos são em partes espécies/estágio específicos, poderiam ser utilizados como bioindicadores da presença de seus principais hospedeiros e da qualidade e integridade do ambiente.

Uma situação de relevância para a saúde pública e que se destacou das observações de caráter mais geral acima mencionados, foi aquela envolvendo carrapatos da espécie *A. ovale*. Verificamos que os fragmentos em distância intermediária do PNI apresentaram quase que exclusivamente ninfas de *A. ovale*, fragmentos esses em contato com áreas residenciais. Em contraste ninfas de *A. ovale* não foram coletadas no PNI no período de amostragem e raramente encontradas em um trabalho anterior (Suzin et al., 2020). Essa observação, embora preliminar, aponta um favorecimento dessa espécie de carrapato em fragmentos florestais antropizados por mecanismos ainda por elucidar. Em condições naturais, os estágios imaturos de *Amblyomma ovale* se alimentam em roedores e os adultos em carnívoros selvagens, que em locais antropizados, podem ser substituídos pelo cão doméstico (Szabó et al., 2013;

Barbieri et al., 2014; Nava et al., 2017). Destaca-se que em condições ambientais favoráveis o cão pode sustentar o ciclo de vida completo do carrapato *A. ovale* muito embora com prejuízos para o desenvolvimento ótimo do parasito (Szabó et al., 2012). *Amblyomma ovale* é o principal vetor de *Rickettsia parkeri* cepa da Mata Atlântica em vários estados brasileiros (Bitencourth et al., 2019). Em uma situação paralela, Scinachi et al. (2017) verificaram que a soroprevalência positiva dos cães para riquetsias dependia da interface casas-áreas de mata e que locais com maior conectividade possuíam menor soroprevalência para *R. rickettsii*. Em conjunto, esses resultados indicam que locais onde os cães adentram a mata e que há registro de *Amblyomma ovale* poderiam sustentar o ciclo da Febre Maculosa causada pela *R. parkeri* cepa Mata Atlântica, desde que um hospedeiro amplificador da riquetsia na população de carrapatos, como o roedor *Euryoryzomys russatus*, esteja presente (Krawczak & Labruna, 2018).

O padrão sazonal das espécies de carrapatos em comportamento de espreita no PNI foi demonstrado em um trabalho anterior (Suzin et al., 2020), com o pico de abundância de larvas e de ninfas observados, respectivamente, nos meses de outono (maio) e inverno (julho) em dois anos e meio de amostragem. Embora a amostragem nos fragmentos de mata tenha sido reduzida para essas observações, o padrão sazonal postergado nas larvas (maio e julho) e adiantado das ninfas (maio) nos fragmentos em relação àquelas do PNI mostra uma possível interferência da paisagem no ciclo biológico da fauna Ixodídea.

As análises de paisagem vêm sendo comumente utilizadas em diversas áreas da ecologia, no entanto, no Brasil estudos nessa área voltados para a fauna Ixodida ainda são incipientes (Binder et al., 2021; Schinachi et al., 2017). Aqui, as métricas da paisagem utilizadas, com exceção da distância, não mostraram relação com a abundância, densidade e riqueza de carrapatos. Mundialmente, muitos trabalhos têm hipotetizado que as características da paisagem têm influência sobre a tríade Ixodídeos-hospedeiros-microorganismos patogênicos. Por exemplo, a área é uma característica que apresenta bastante dualidade, visto que enquanto alguns trabalhos apontam que fragmentos pequenos há menor prevalência de roedores sendo parasitados por *Ixodes scapularis* e também poucas espécies de parasitos (Wilder, 2004; Bush et al., 2013), outros evidenciam que maior densidade de ninfas, inclusive infectadas nesses locais (Allan et al., 2003).

Outra métrica utilizada é o custo de distância, baseada em quão permeável/isolada é a paisagem, sendo observado que em locais com maior custo de distância, ou seja, menor conectividade, ocorre menor densidade de larvas e ninfas (Heylen et al., 2019). Isso ocorre, pois, matrizes mais permeáveis, ou seja, em paisagens mais conectadas, haverá maior

propensão para dispersão dos carrapatos atrelada a maior fluidez na movimentação dos hospedeiros (Estrada-Pena 2003; Heylen et al., 2019; Peres et al., 2016). Isso mostra que mesmo que o ambiente seja adequado, se o hospedeiro não conseguir chegar no local as populações de carrapatos serão inviáveis. Essa última afirmação parece se aplicar também na nossa área de estudo, já que todas as áreas, incluindo o PNI, exibiram valores de NDVI similares, mas não exibiram a mesma densidade de carrapatos. O NDVI representa o vigor de uma determinada área, e tem sido associado com *Ixodes ricinus* em comportamento de espreita (Bisanzio et al., 2008). Além disso, outras métricas como o tamanho e isolamento de manchas florestais, que são *proxy* de fragmentação, se mostraram positivamente correlacionadas com a densidade de carrapatos e com a prevalência de infecção em carrapatos (Brownstein et al., 2005).

Locais que apresentam ectoparasitos que são específicos podem ser um indicador da diversidade de hospedeiros (Bush et al., 2013). Assim, na nossa área de estudo, o PNI possivelmente está exercendo função de área fonte, tanto de carrapatos quanto de hospedeiros, permitindo a colonização de locais mais próximos. Contrariamente, áreas pequenas ou isoladas, onde houve ausência de carrapatos pode estar ocorrendo o baixo fluxo de animais hospedeiros. Nesse contexto, hipotetizamos um efeito em cascata, onde o declínio ou ausência de determinadas populações de hospedeiros poderiam estar levando ao declínio também de populações de carrapatos. Essa hipótese deverá ser testada através da pesquisa de hospedeiros potenciais nos fragmentos florestais, principalmente com estudos sobre a diversidade de espécies, sua densidade e seu deslocamento entre fragmentos e o PNI. Por fim, locais permeados por construções humanas e com livre acesso de cães domésticos representam bons nichos para o *A. ovale*, podendo ser foco para manutenção de microorganismos patogênicos e evidenciando que essa espécie se beneficia nesses tipos de locais. Esse dado aponta que a perda de biodiversidade poderá aumentar o risco do surgimento de doenças. Tendo em vista que em muitas áreas de Mata Atlântica os cães domésticos apresentam elevada densidade (Torres et al., 2010), monitoramentos ecoepidemiológicos tanto da fauna vertebrada quanto Ixodídea tornam-se imprescindíveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allan BF, Keesing F, Ostfeld RS. 2003. Effect of forest fragmentation on Lyme disease risk. *Conservation Biology*, 17:267-272.

- Allan BF. 2000. The effect of forest fragmentation on Lyme disease risk. Institute of Ecosystem Studies
- Barbieri ARM, Filho JM, Nieri-Bastosa FA, Souza Jr. JC, Szabó MPJ, Labruna MB. 2014. Epidemiology of *Rickettsia* sp. strain Atlantic rainforest in a spotted fever-endemic area of southern Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 5: 848-853.
- Barros-Battesti DMB, Arzua M, Bechara GH. 2006. Carrapatos de importância médico veterinária da região Neotropical: Um guia ilustrado para identificação de espécies. Vox/ICTTD-3/Butantan, São Paulo.
- Binder LC, Ramírez-Hernández A, Serpa MCA, Moraes-Filho J, Pinter A, Scinachi CA, Labruna MB. 2021. Domestic dogs as amplifying hosts of *Rickettsia rickettsii* for *Amblyomma aureolatum* ticks. *Tick and Tick-borne Diseases*, v.12.
- Bisanzio D, Amore G, Ragagli C, Tomassone L, Bertolotti L, Mannelli A. 2008. Temporal Variations in the Usefulness of Normalized Difference Vegetation Index as a Predictor for *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in a *Borrelia lusitaniae* Focus in Tuscany, Central Italy. *Journal of Medical Entomology*, Volume 45, Issue 3, 1 May 2008, Pages 547–555, <https://doi.org/10.1093/jmedent/45.3.547>.
- Brownstein JS, Skelly DK, Holford TR, Fish D. 2005. Forest fragmentation predicts local scale heterogeneity of Lyme disease risk. *Oecologia*, 146:469-475.
- Barbour AG, Fish D. 1993. The biological and social phenomenon of Lyme disease. *Science*, 11;260(5114):1610-6. doi: 10.1126/science.8503006.
- Di Bitetti MS, Placi G, Dietz LA. 2003. Uma visão de Biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – Bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. Washington, D.C: World Wildlife Fund 155p.
- Dudek K. 2014. Impact of biodiversity on tick-borne diseases. *Przegl Epidemiol* 68:681-684.
- Egizi AM, Robbins RG, Beati L, Nava S, Evans CR, Occi JL, Fonseca DM. 2019. A pictorial key to differentiate the recently detected exotic *Haemaphysalis longicornis* Neumann, 1901 (Acari, Ixodidae) from native congeners in North America. *ZooKeys* 818: 117128. doi: 10.3897/zookeys.818.30448.
- Dantas-Torres F, Aléssio FM, Siqueira DB, et al. 2012. Exposure of small mammals to ticks and rickettsiae in Atlantic Forest patches in the metropolitan area of Recife, Northeastern Brazil. *Parasitology*, 139: 83-91.
- Esser HJ, Herre EA, Blüthgen N, Loaiza JE, Bermúdez SE, Jansen PA. 2016. Host specificity in a diverse Neotropical tick community: An assessment using quantitative network

- analysis and host phylogeny. *Parasites & Vectors* 9:372. DOI:10.1186/s13071-016-1655-6.
- Jongejan F, Uilenberg G, 2004. The global importance of ticks. *Parasitology*, 129, S3–S14. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005967>.
- Krawczak FS, Nieri-Bastos FA, Nunes, FP, Saesrnf, Moraes-Filho J, Labruna MB. 2014. Rickettsial infection in *Amblyomma cajennense* ticks and capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in a Brazilian spotted fever-endemic area. *Parasites & Vectors*, 7:7 doi:10.1186/1756-3305-7-7.
- Krawczak FS, Labruna MB. 2018. The rice rat *Euryoryzomys russatus*, a competent amplifying host of *Rickettsia parkeri* strain Atlantic rainforest for the tick *Amblyomma ovale*. *Ticks Tick Borne Dis*; 9(5):1133-1136. doi: 10.1016/j.ttbdis.2018.04.013.
- Ledger KJ, Keenan RM, Sayler KA, Wisely SM. 2019. Multi-scale patterns of tick occupancy and abundance across an agricultural landscape in southern Africa. *PLoS ONE* 14(9): e0222879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222879>
- Levi T, Kilpatrick AM, Mangel M, Wilmers CC. 2012. Deer, predators, and the emergence of Lyme disease. *PNAS*, 109: 10942-10947.
- Martins TF, Onofrio VC, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2010. Nymphs of the genus *Amblyomma* (Acari: ixodidae) of Brazil: descriptions, redescrptions, and identification key. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 1:75-99. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis>.
- Martins TF, Barbieri ARM, Costa FB, Terassini FA, Camargo LMA, Peterka CRL, Pacheco RC, Dias RA, Nunes PH, Marcili A, Scofield A, Campos AK, Horta MC, Guilloux AGA, Benatti HR, Ramirez DG, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2016. Geographical distribution of *Amblyomma cajennense* (sensu lato) ticks (Parasitiformes: Ixodidae) in Brazil, with description of the nymph of *A. cajennense* (sensu stricto). *Parasites & Vectors*, 31, 9:186.
- Martins TF, Venzal JM, Terassini FA, Costa FB, Marcili A, Camargo LM, Barros-Battesti DM, Labruna MB. 2014. New tick records from the state of Rondônia, western Amazon, Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 62, 121-128. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9724-4>.
- Ogrzewalska M, Saraiva DG, Moraes-Filho J, Martins TF, Costa FB, Pinter A, Labruna MB. 2012. Epidemiology of Brazilian spotted fever in the Atlantic Forest, state of São Paulo, Brazil. *Parasitology*, 139, 1283–1300.

- Ogrzewalska M, Uezu A, Jenkins CN, Labruna MB. 2011. Effect of forest fragmentation on tick infestations of birds and tick infection rates by Rickettsian the Atlantic Forest of Brazil. *EcoHealth* 8, 320–331.
- Ogrzewalska M, Schwarcz K, Bajay MM, Bajay SK, Pinheiro JB, Zucchi MI, Pinter A, Labruna MB. 2016. Characterization of genetic variability and Population Structure of the Tick *Amblyomma aureolatum* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol*, 53:843-850. doi: 10.1093/jme/tjw049.
- Scinachi CA, Takeda GACG, Mucci LF, Pinter A. 2017. Association of the occurrence of Brazilian Spotted Fever and Atlantic Rain Forest Fragmentation in the Sao Paulo metropolitan region, Brazil. *Acta Tropica*. v.166, p.225-233.
- Ostfeld RS, Keesing F. 2000. Biodiversity series: the function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Can J Zool*, 78(12):2061-78.
- Rempel RS, Kaukinen D, Carr AP. 2012. Patch analyst and patch grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.
- Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3., Proceedings. Washington, D.C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v.1, p. 309-317. (NASA SP-351).
- Silveira AK, Fonseca AH. 2013. Distribuição, diversidade e sazonalidade de carrapatos em ambientes institucionais com diferentes graus de intervenção humana no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária* 35:1-12.
- Suzin A, Vogliotti A, Nunes PH, Barbieri ARM, Labruna MB, Szabó MPJ. 2020. Free-living ticks (Acari: Ixodidae) in the Iguaçu National Park, Brazil: Temporal dynamics and questing behavior on vegetation. *Ticks and Tick-Borne Diseases* 11:101471. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101471>.
- Szabó MPJ, Labruna MB, Garcia MV, Pinter A, Castagnolli KC, Pacheco RC, Castro, MB, Veronez VA, Magalhães GM, Vogliotti A, Duarte JMB. 2009. Ecological aspects of free-living ticks (Acari: Ixodidae) on animal trails in an Atlantic Rainforest of Southeastern Brazil. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 103:57-72. <https://doi.org/10.1179/136485909X384956>.
- Szabó MPJ, Pinter A, Labruna MB. 2013. Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. *Frontiers Cellular and Infection Microbiology*, 3, 30-38. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2013.00027>.

- Szabó MPJ, Martins TF, Nieri-Bastos FA, Spolidorio MG, Labruna MB. 2012. A surrogate life cycle of *Amblyomma ovale* Koch, 1844. Ticks and Tick-borne Diseases, 3: 262-264.
- Veronez VA, Freitas BZ, Olegário MMM, Carvalho WM, Pascoli GVT, Thorga K, Garcia MV, Szabó MPJ. 2010. Ticks (Acari: Ixodidae) within various phytophysionomies of a Cerrado reserve in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. Experimental and Applied Acarology 50:169-179.

CONCLUSÃO GERAL

De forma geral, nosso trabalho mostrou a distribuição dos carrapatos em distintas escalas. Em uma escala pequena (metros) nossos dados mostraram que a distribuição espacial dos carrapatos exibiu um padrão agrupado na estação de predominância da espécie e estágio. As causas para os agrupamentos são ainda hipotéticas e podem estar associadas com sincronias de queda do hospedeiro e de ecdise, atração dos carrapatos para vegetação específica mais impregnada por cairomônios ou então por características do microambiente, como a umidade. Por outro lado, em escala de tipos de trilhas (centenas de metros) a atividade de vertebrados e a abundância de carrapatos não apresentou diferença entre trilhas abertas e transectos controle. No entanto, membros desses dois grupos taxonômicos usam o ambiente de forma diferenciada mostrando certa seletividade espacial por parte dos vertebrados o que parece afetar também a distribuição das espécies/estágios de carrapatos. De forma geral, a diversidade beta e a riqueza das comunidades (todos os vertebrados juntos, dos mamíferos e aves em separado e dos carrapatos) não diferiram entre trilhas abertas e transectos controle. Por fim, em uma escala maior (quilômetros), podemos verificar os fragmentos florestais em Foz do Iguaçu possuem uma baixa densidade de carrapatos e de forma decrescente conforme aumenta a distância do PNI, havendo uma correlação negativa entre a distância vetorial de cada fragmento com a abundância, densidade e riqueza de espécies de carrapatos. Uma situação de relevância para a saúde pública foi que carrapatos da espécie *A. ovale* foram encontrados em manchas florestais que eram permeadas por áreas residenciais e na maior distância ainda com carrapatos, aspecto que merece atenção em pesquisas futuras. Quanto aos carrapatos encontrados em humanos podemos verificar que *A. coelebs* foi a espécie que mais picou humanos, mas não foi a mais abundante no ambiente; mostrando uma certa preferência desse carrapato por seres humanos. Conhecer essas relações e a distribuição espacial dos carrapatos/seleção de habitat em locais preservados auxilia no entendimento de padrões ecológicos das comunidades e na previsão de possíveis cenários epidemiológicos frente a alterações ambientais.