

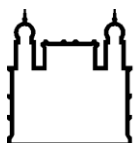
MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde

OCORRÊNCIA DE *Necromys lasiurus* (LUND, 1841), EM ÁREAS
ABERTAS DA MATA ATLÂNTICA E SEU PAPEL COMO POTENCIAL
HOSPEDEIRO DE HANTAVÍRUS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO,
BRASIL

FERNANDO DE OLIVEIRA SANTOS

Rio de Janeiro
Junho de 2018



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde

FERNANDO DE OLIVEIRA SANTOS

Ocorrência de *Necromys lasiurus* (Lund, 1841), em Áreas Abertas da Mata Atlântica e Seu Papel Como Potencial Hospedeiro de Hantavírus no Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Saúde

Orientador: Dr. Paulo Sérgio D'Andrea

RIO DE JANEIRO

Junho de 2018

de Oliveira Santos, Fernando.

OCORRÊNCIA DE *Necromys lasiurus* (LUND, 1841), EM ÁREAS ABERTAS DA MATA ATLÂNTICA E SEU PAPEL COMO POTENCIAL HOSPEDEIRO DE HANTAVÍRUS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL /

Fernando de Oliveira Santos. - Rio de Janeiro, 2018.

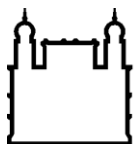
126 f.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde, 2018.

Orientador: Paulo Sérgio D'Andrea.

Bibliografia: f. 68-84

1. *Necromys lasiurus*. 2. Hantavírus. 3. Distribuição Geográfica. 4. Espécies invasoras. 5. Fragmentação de Habitat. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde

AUTOR: FERNANDO DE OLIVEIRA SANTOS

OCORRÊNCIA DE *Necromys lasiurus* (LUND, 1841), EM ÁREAS ABERTAS DA MATA ATLÂNTICA E SEU PAPEL COMO POTENCIAL HOSPEDEIRO DE HANTAVÍRUS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

ORIENTADOR (ES): Prof. Dr. Paulo Sérgio D'Andrea

Aprovada em: 28/07/2018

EXAMINADORES:

Prof. Dr^a. Ana Maria Jansen-Franken - Presidente (Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz.)

Prof. Dr. Rui Cerqueira Silva (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Prof. Dr^a. Alexandra Pires Fernandez (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Prof. Dra. Ana Lazar Gomes e Souza (Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Prof. Dr. Michel Barros Faria (Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade de Carangola-UEMG)

Rio de Janeiro, 29, junho de 2018

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Paulo Sérgio D'Andrea, por ter me orientado não somente nesta dissertação, mas por ser meu orientador desde a iniciação científica. Obrigado pela confiança, pelo privilégio de passar a mim, um pouco de seu vasto conhecimento. Além de todo auxílio prestado para que esta dissertação pudesse ser realizada.

Ao Dr. Bernardo Rodrigues Teixeira, pelo imenso auxílio em meu trabalho, além de sua disponibilidade, gentileza para ajudar a qualquer momento em que necessitei. E agradeço a todos os ensinamentos que sempre com muito bom humor me foi passado. A sua ajuda na construção desta dissertação foi, sem dúvida, imprescindível.

Ao Dr. José Luis Passos Cordeiro pelo auxílio durante parte desta dissertação. Obrigado pelo auxílio no desenvolvimento de algumas análises.

A Dr^a. Elba Regina Sampaio de Lemos e sua equipe do LHR, pelo auxílio nas análises de hantavírus.

Ao Dr. Pablo Rodrigues Gonçalves e ao Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental de Macaé, pelo apoio na condução do trabalho de campo em Rio das Ostras.

A COAGRO, em especial a Eduardo Crespo e Luís Carlos, por nos permitir conduzir o trabalho de campo na Usina Sapucaia e pelo apoio logístico.

Ao ICMBio que nos autorizou a conduzir o trabalho de campo na REBIO Poço das Antas e em especial aos gestores Gustavo Peixoto e Rafael Puglia, por nos fornecer a infraestrutura necessária para que este campo conseguisse ser desenvolvido.

Ao Msc. Thiago Cardoso, por sempre estar disponível para me auxiliar nas análises de micro-habitat.

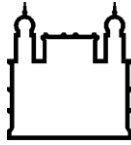
A Alice Pereira Berbigier por atuar muitas das vezes como minha psicóloga me escutando e me trazendo paz nos momentos mais estressantes.

A toda equipe do LABPMR, em especial a Camila dos Santos Lúcio e Rute Hilário Albuquerque de Sousa, por toda a ajuda na condução dos trabalhos de campo.

Ao Instituto Oswaldo Cruz (IOC) pela infraestrutura através dos Programas de Pós-graduações, em especial o Programa de Pós-graduação, Doutorado em Biodiversidade e Saúde.

A FIOCRUZ e a CAPES por possibilitar que a pesquisa em ciências no Brasil continue a existir, mesmo diante as dificuldades existentes no país.

Nenhum trabalho científico pode ser construído apenas por uma pessoa, sendo assim, expresso meus sinceros agradecimentos a todos que tiveram envolvidos de alguma forma.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

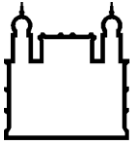
Ocorrência de *Necromys lasiurus* (Lund, 1841), em Áreas Abertas da Mata Atlântica e Seu Papel Como Potencial Hospedeiro de Hantavírus no Estado do Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIODIVERSIDADE E SAÚDE

Fernando de Oliveira Santos

Necromys lasiurus possui uma ampla distribuição em áreas de formações abertas do Cerrado e Caatinga, mas está presente também em áreas de ecótono com outros biomas brasileiros, sendo, geralmente, abundante nesses biomas. Recentemente, tem se observado a sua expansão no estado do Rio de Janeiro. Esse roedor sigmondontíneo generalista é o principal reservatório de hantavírus genótipo viral Araraquara, que causa a Síndrome Pulmonar por Hantavírus nas áreas de Cerrado. Este estudo tem como objetivo mapear a ocorrência do *N. lasiurus* nas áreas de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro e discutir o seu potencial papel como reservatório de hantavírus nessas áreas. O estudo foi baseado em um extenso levantamento bibliográfico, bancos de dados e quatro expedições científicas para a captura de pequenos mamíferos no estado do Rio de Janeiro. Os dados foram também usados para confirmar sua distribuição no estado, prever a distribuição potencial de *N. lasiurus* e detectar as taxas de infecção por hantavírus nesses roedores. *N. lasiurus* foi registrado em 10 municípios no estado do Rio de Janeiro, sendo associado a paisagens dominadas por ambientes mais homogêneos e com vegetação específica, como plantações e pastos em locais de baixa altitude e próximo a corpos d'água. A abundância relativa de *N. lasiurus* foi baixa na maioria das localidades, não sendo a espécie dominante em nenhuma delas, com exceção das áreas de proteção REBIO Poço das Antas e Áreas de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João. A análise de co-ocorrência das espécies, a partir dos pontos de captura na REBIO Poço das Antas e Áreas de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João, indicou segregação espacial (correlação negativa) entre as 3 espécies mais abundantes: *A. cursor* x *N. lasiurus* ($rs=-0,6507$; $p<0,0001$; $n=117$) ($rs=-0,28765$; $p<0,0001$; $n=76$), *A. cursor* x *M. musculus* ($rs=-0,8569$; $p<0,0001$; $n=62$) ($rs=-0,65465$; $p<0,0001$; $n=11$) e *N. lasiurus* x *M. musculus* ($rs=-0,5135$; $p<0,0001$; $n=121$) ($rs=-0,4712$; $p<0,0001$; $n=85$). Foram coletadas um total de 204 amostras de soro, porém nenhum espécime foi sororeativo para hantavírus. A distribuição de *N. lasiurus* está se expandindo para diversas áreas de matriz antrópica. A abundância relativa baixa de *N. lasiurus* no estado do Rio de Janeiro e os resultados negativos para a infecção de hantavírus nas áreas investigadas, sugerem que nessas regiões este roedor não parece ter importância como reservatório de hantavírus no momento.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

OCCURRENCE OF *NECROMYS LASIURUS* (LUND, 1841), IN OPEN AREAS OF THE ATLANTIC FOREST BIOME AND ITS ROLE AS A HOST OF THE HANTAVIRUS IN RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL ABSTRACT

MASTER DISSERTATION IN BIODIVERSIDADE E SAÚDE

Fernando de Oliveira Santos

Necromys lasiurus occurs naturally in the open habitats of the Cerrado and Caatinga biomes, it is also present in ecotone areas with other Brazilian biomes, where it often occurs at high densities. The distribution of the species has recently been observed expanding into the Brazilian state of Rio de Janeiro. This generalist rodent is thought to be the main reservoir of the Araraquara hantavirus, which causes Hantavirus Pulmonary Syndrome, in the Brazilian Cerrado. This study aimed to map the occurrence of *N. lasiurus* within the area of the Atlantic Forest in Rio de Janeiro state and discuss the potential role of the species as a reservoir of the Araraquara hantavirus in these areas. The study was based on a comprehensive literature search, database and four expeditions for the collection of specimens in the state of Rio de Janeiro. The data were used to predict the distribution of *N. lasiurus*, confirm the distribution of the species in the state, and detect the rates of hantavirus infection in these rodents. *N. lasiurus* has been recorded at 10 municipalities of Rio de Janeiro state, being associated primarily with landscapes dominated by more homogeneous environments with specific vegetation as farmland (plantations or pasture) at relatively low altitudes in the vicinity of bodies of water. The relative abundance of *N. lasiurus* was low at all localities, not being the dominant species in any of them, however, except for the REBIO Poço das Antas and Áreas de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João protected areas. The co-occurrence analysis of the species, from the trap locations at REBIO Poço das Antas and Áreas de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João, indicated spatial segregation (negative correlation) between these 3 species: *A. cursor* x *N. lasiurus* ($r_s = -0,6507$; $p < 0,0001$; $n = 117$) ($r_s = -0,28765$; $p < 0,0001$; $n = 76$), *A. cursor* x *M. musculus* ($r_s = -0,8569$; $p < 0,0001$; $n = 62$) ($r_s = -0,65465$; $p < 0,0001$; $n = 11$) e *N. lasiurus* x *M. musculus* ($r_s = -0,5135$; $p < 0,0001$; $n = 121$) ($r_s = -0,4712$; $p < 0,0001$; $n = 85$). A total of 204 serum samples were collected, but none were reactive for hantavirus. The distribution of *N. lasiurus* is expanding into many areas of the anthropogenic matrix. The relatively reduced abundance of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro and the lack of infection in all the areas investigated indicate that it is unlikely to be a reservoir of hantavirus in this region at moment.

ÍNDICE

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUÇÃO	16
1.1. <i>Necromys lasiurus</i>	16
1.2. Matriz.....	17
1.4. Os “Orthohantavírus” e a Hantavirose	19
1.5. Justificativa	23
2. OBJETIVOS	24
2.1. Objetivo geral	24
2.2. Objetivos específicos	24
3. HIPÓTESES	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. Ocorrência de <i>N. lasiurus</i> no Estado do Rio de Janeiro	26
4.2 Locais de Captura.....	27
4.2.1. Reserva Biológica de Poço das Antas.....	28
4.2.2. Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ).....	29
4.2.3. Área de Interesse Ecológico de Itapebussus (Rio Das Ostras)	30
4.2.4. Usina Sapucaia - Campos dos Goytacazes.....	31
4.3. Métodos de campo.....	32
4.4. Estudos de micro-habitat	33
4.4.1. Uniformização das variáveis	34
4.4.2. Associação das espécies com o habitat	35
4.5. Modelo de distribuição de espécies.....	36
4.6. Diagnóstico sorológico de infecção por Hantavírus	38
5. RESULTADOS	39
5.1. Ocorrência de <i>Necromys lasiurus</i> no estado do Rio de Janeiro	39
5.1.1. Levantamento bibliográfico e pesquisa em bancos de dados online.....	39

5.2. Áreas com lacunas de amostragem	40
5.3 Expedições de captura	50
5.4. Associação das espécies de pequenos mamíferos com o habitat.....	52
5.5. Modelo de distribuição de espécies.....	55
5.6. Diagnóstico de infecção	59
6. DISCUSSÃO	60
8. CONCLUSÕES	67
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
10. ANEXOS	85
ANEXO A- Lista dos pesquisadores consultados através do currículo Lattes.....	85
ANEXO B- Variáveis ambientais utilizados no modelo de adequabilidade de espécie	87
ANEXO C- Licença da Comissão de Ética no Uso de Animais (LW- 39/14).	88
ANEXO D- Licença Permanente para Coleta de Material Zoológico (13373- 1).	89
ANEXO E- Artigo Submetido na revista Acta Tropica	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Espécime de *Necromys lasiurus* e sua distribuição no Brasil.

Figura 2 - Delineamento amostral das áreas de coleta indicado por linhas em vermelho, a disposição dos 10 transectos de captura de pequenos mamíferos, em cada área. A: Área de Interesse Ecológico de Itapebussus; B: Usina Sapucaia; C: Reserva Biológica de Poço das Antas; D: Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João.

Figura 3 - Vista geral das áreas de coleta, Ilha dos Barbados, Reserva Biológica de Poço das Antas, onde foram estabelecidos os transectos de coleta: A) Área de matriz aberta com presença de gramíneas; B) Área de matriz aberta com presença de gramíneas pós fogo.

Figura 4 - Vista geral da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ), onde foram estabelecidos os transectos de captura: A) Propriedade Rural com a presença pasto. B) Área de matriz aberta circundando fragmento florestal, com presença de gramíneas.

Figura 5 - Vista geral da área de coleta na Área de Interesse Ecológico de Itapebussus, onde foram estabelecidos os transectos de captura de pequenos mamíferos, com presença de vegetação rasteira composta por gramíneas e pequenos arbustos.

Figura 6 - Vista da área de coleta na Usina COAGRO Sapucaia, onde foram estabelecidos os transectos de captura. A): Plantação de cana-de-açúcar em estágio inicial de crescimento; B) Área com presença de Cana-de-açúcar e gramíneas.

Figura 7 - Instrumento utilizado para medição das variáveis verticais e horizontais do micro-habitat.

Figura 8 - Medição de variáveis quantitativas do micro-habitat (OFV1), Área de Interesse Ecológico de Itapebussus, Rio das Ostras, RJ, setembro de 2016.

Figura 9 - Expedições realizadas para a captura de pequenos mamíferos não voadores no estado do Rio de Janeiro, no período de 1905 a 2017, mostrando áreas de ocorrência e áreas de ausência de *N. lasiurus*.

Figura 10 - Esforço de captura (número de armadilhas-noite) empregado em expedições para captura de pequenos mamíferos não voadores no estado do Rio de Janeiro.

Figura 11 - Resultado do teste de Jackknife sobre a importância de cada variável ambiental no modelo MaxEnt de forma individual: Agricultura e/ou Pasto (AGPAS), Água (WAT), Floresta (FOR), Manguezal (MAN), Pasto (PAS), Dunas (DUN), Restinga (RES), zona urbana (URB), Altitude (ALT). As barras vermelhas representam o resultado de todas as variáveis ambientais; as barras em azul escuro representam o resultado individual da predição de cada variável, e a azul clara representa a perda no ganho do treino quando a variável é removida do modelo final.

Figura 12 - Curvas de resposta das variáveis ambientais. Agricultura e/ou Pasto (AGPAS), Água (WAT), Altitude (ALT), Floresta (FOR). Essas curvas mostram como cada variável ambiental afeta a predição do MaxEnt quando todas as variáveis são usadas para construir o modelo.

Figura 13 - Modelo de distribuição de espécies para *Necromys lasiurus*. Zonas não adequadas (UNSZ); Zonas com baixa adequabilidade (LSZ); Zonas com adequabilidade intermediárias (ISZ), Zonas com alta adequabilidade (HSZ); Zonas com muita adequabilidade (VHSZ).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios, no estado do Rio de Janeiro, com registro de ocorrência de *N. lasiurus*, segundo levantamento bibliográfico, banco de dados online e banco de dados do LABPMR, esforço de captura (EC), número de espécimes de *N. lasiurus* (N), riqueza de espécies (R) da comunidade de pequenos mamíferos da localidade de estudo, abundância relativa de *N. lasiurus* (AR), sucesso de captura de *N. lasiurus* (SC) Ano da coleta (AC) e fonte dos dados.

Tabela 2 - Municípios no estado do Rio de Janeiro, em que não foi relatada a presença de *N. lasiurus*, considerando os registros obtidos no levantamento bibliográfico, banco de dados online e no banco de dados do LABPMR, mostrando o esforço de captura (EC), riqueza de espécies (R), sucesso de captura (SC), Ano da coleta (AC) e fonte dos dados.

Tabela 3 - Registro de espécies de pequenos mamíferos não voadores capturadas em diferentes paisagens de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro (AI, CG, RBPA, APA-BRJS), e seus habitats de ocorrência, nos períodos de setembro e dezembro de 2016 e abril e agosto de 2017. Legenda: (AI) Área de Interesse Ecológico de Itapebussus, Rio das Ostras; (CG) Usina COAGRO, Campo dos Goytacazes; (RBPA) Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim; Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRJS); HAB (habitat); (ms) mata semidecidual; (mp) matriz de pastagem; (faa) formações abertas arbustivas de restinga; (pc) plantação de cana, (pd) peri-domicílio.

Tabela 04 - Modelos de associação entre a abundância das espécies e as variáveis de habitat, baseados no Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc). $\Delta AICc$ representa a diferença entre o AIC do valor de um modelo em relação ao modelo anterior (de menor valor de AIC); Wt representa o peso de cada modelo e K representa o número de graus de liberdade.

Tabela 5 - Análise de co-ocorrência entre *N. lasiurus*, *A. cursor* e *M. musculus* na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ e Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João, Casimiro de Abreu, RJ.

Tabela 6 - Resultado das amostras de soro coletadas dos pequenos mamíferos capturados nas quatro áreas investigadas.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGPAS:	Agricultura e/ou Pasto
AICc:	Akaike Corrigido
ALT:	Altitude
APA-BRSJ:	Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João
ARAV:	Vírus Araraquara
ARAV-N:	Nucleocapsídeo do Hantavírus Araraquara
ARIE Itapebussus:	Área de Interesse Ecológico de Itapebussus
AUC:	Área Sob a Curva
DO:	Densidade Ótica
DOBV:	Vírus Dobrava
DOSSEL:	Dossel
DUN:	Dunas e Praias
CEUA:	Comissão de Ética no Uso de Animais
CHL:	Porcentagem de Partes Vivas
CITV:	Comitê Internacional em Taxonomia de Vírus
EV:	Variáveis Ambientais
FIOCRUZ:	Fundação Oswaldo Cruz
FHSR:	Febre Hemorrágica com Síndrome Renal
FOL:	Folhiço
FOR:	Floresta
GBIF:	Global Biodiversity Information Facility
GLM:	Modelo Linear Generalizado
HSM:	Altos Valores de Adequabilidade
HSZ:	Zonas com alta adequabilidade

HTNV:	Vírus Hantaan
INCA:	Instituto Nacional de Câncer
IOC:	Instituto Oswaldo Cruz
ISZ:	Zonas intermediárias de adequabilidade
LABPMR:	Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres
LSZ:	Zonas com baixa adequabilidade
MAN:	Manguezal
MTP:	Treino de presença mínima
OFV:	Obstrução Foliar Vertical
PCA:	Análise de Componentes Principais
PUC-RJ:	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUUV:	Vírus Puumala
REBIO-PdA:	Reserva Biológica de Poço das Antas
RES:	Restinga
ROC:	Curva Característica Operacional do Receptor
ROCHA:	Rocha
SDM:	Modelo de Distribuição de Espécie
SEOV:	Vírus Seoul
SNV:	Vírus Sin Nombre
SOLO:	Solo
SPH:	Síndrome Pulmonar por Hantavírus
UERJ:	Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFRRJ:	Universidade Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro
UNIRIO:	Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental de Macaé
UNSZ:	Zonas não adequadas
URB:	Infraestrutura Urbana
UVA:	Universidade Veiga de Almeida
VHSZ:	Zonas com alta adequabilidade
WAT:	Água

1.INTRODUÇÃO

1.1. *Necromys lasiurus*

O roedor *Necromys lasiurus* (Lund, 1841) (Cricetidae: Sigmodontinae), anteriormente *Zygodontomys lasiurus* e *Bolomys lasiurus*, pertence ao gênero *Necromys* Ameghino, 1889 (Patton *et al.*, 2015). Este gênero possui problemas taxonômicos, sendo um dos poucos gêneros que ainda não foram revisados. Parte destes problemas, estão relacionados a suas similaridades com espécies do gênero *Akodon* e *Zygodontomys* (Patton *et al.*, 2015). As espécies deste gênero possuem distribuição ao longo da América do Sul, sendo composto por sete espécies ao longo do continente Sul americano (*N.urichi*, *N. punctulatus*, *N. amoenus*, *N.lenguarum*, *N. obscurus*), 2 com distribuição no Brasil (*N. lactens*, *N. lasiurus*) e um fóssil (*N. bonapartei*) (Patton *et al.*, 2015). As espécies do Gênero *Necromys* variam de tamanho corporal entre pequeno (100 mm) e grande (130 mm), possuem a pata com a coloração preta, cauda menor do que o corpo, membros curtos e um cariótipo com 34 cromossomos ($2n = 34$ (FN 34)) (Patton *et al.*, 2015).

N. lasiurus caracteriza-se pela medida menor da cauda, relativa à do corpo; e por seu pequeno tamanho corporal (118-128 mm). Apresenta um anel periocular mais claro, muito tênue em alguns espécimes, como característica marcante da espécie, além de uma cauda moderadamente pilosa (Figura 1) (Reis *et al.*, 2006).

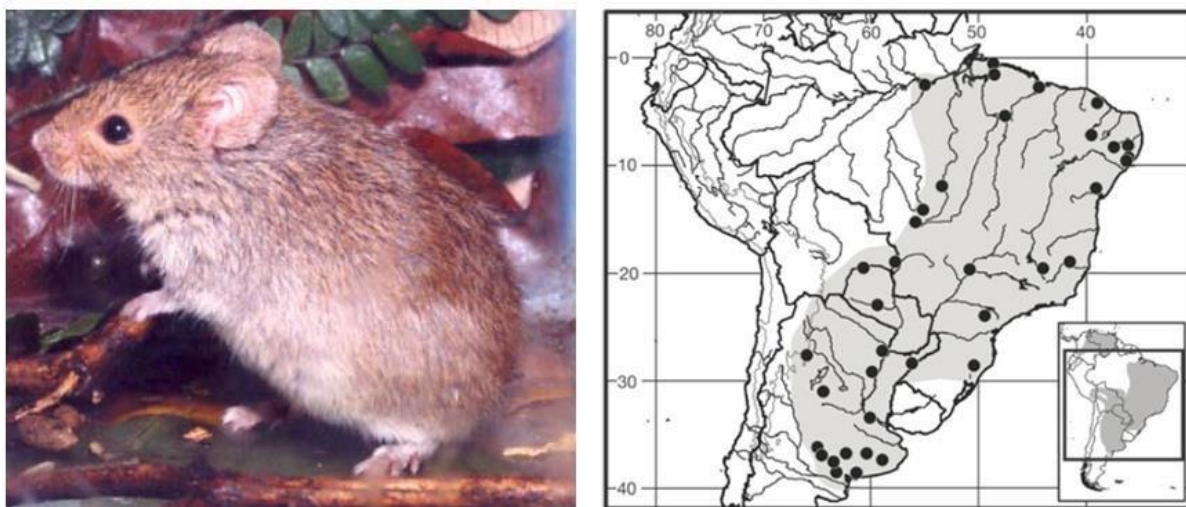


Figura 1 – Espécime de *Necromys lasiurus* (Bonvicino *et al.*, 2008) e sua distribuição no Brasil. (Patton *et al.*, 2015)

N. lasiurus é uma espécie de hábitos terrestre, diurno e crepuscular, e onívoro, alimentando-se principalmente de semente de gramíneas. No caso deste primeiro recurso estar escasso, sua dieta é também composta por insetos (Reis *et al.*, 2006; Vieira & Briani, 2013). Possui uma ampla distribuição em áreas de formações abertas do Cerrado e Caatinga, mas está presente também em áreas de ecótono com outros biomas brasileiros (Figura 1), sendo favorecido por áreas fragmentadas (Reis *et al.*, 2006; Bonvicino *et al.*, 2008; Rossi, 2011), áreas de matrizes florestais e de agricultura. Prist e colaboradores (2017) verificaram que, em áreas de plantio de cana-de-açúcar em São Paulo, *N. lasiurus* é abundante e sugerem que esse tipo de paisagem possui uma alta relevância para sua distribuição no Cerrado.

Sua reprodução ocorre principalmente entre abril e junho, pode ocorrer também ao longo do ano, apresentando mais de uma ninhada, com uma média de seis filhotes, com variação entre um e 13 indivíduos. Sua área de vida varia de 0.02 ha a 0.52 ha, existe a sobreposição entre machos e fêmeas e as fêmeas possuem um espaço de vida maior em épocas de seca (Pires *et al.* 2010). Seus ninhos são construídos com folhas colocadas em uma diversidade de espaços, variando entre troncos caídos a sistemas de túneis elaborados em áreas de gramíneas a uma distância de 30 cm a 40 cm abaixo do solo (Reis *et al.*, 2006; Rossi, 2011).

Necromys lasiurus exerce papel importante na transmissão como reservatório de algumas zoonoses, como leishmaniose e febre maculosa (Andrade *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2015; Coelho *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2018), sendo reservatório de um dos principais genótipos virais (genótipo Araraquara) causadores da hantavirose no Brasil, particularmente em áreas abertas do Cerrado de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal (Suzuki *et al.*, 2004; Figueiredo *et al.*, 2009).

1.2. Matriz

Uma matriz pode ser definida como uma paisagem adjacente, como por exemplo a um fragmento florestal (Brocanneli, 2008; Rickettes, 2001), é a unidade da paisagem que recobre a maior extensão de uma paisagem alterada (Metzger, 2001).

A maioria das espécies de pequenos mamíferos da Mata Atlântica não é capaz de ocupar áreas degradadas por atividades antrópicas, como áreas de borda, matrizes de agricultura extensiva, pastagens ou campos artificiais. Além disso, a

estrutura da matriz pode favorecer o aparecimento de espécies generalistas que podem alterar a composição de fauna nativa (Umetsu & Pardini, 2007; Umetsu *et al.*, 2008; Passamani & Ribeiro, 2009; Estavillo *et al.*, 2013). Sendo assim, as áreas degradadas por atividades antrópicas podem favorecer a ocorrência e abundância de espécies geralmente associadas à transmissão de zoonoses (Olifiers *et al.*, 2005; Pongsiri *et al.*, 2009; Lambin *et al.*, 2010).

Estas áreas, no Rio de Janeiro, tem sido ocupadas por algumas espécies generalistas, como os roedores *Akodon cursor*, *Mus musculus*, *Rattus* e o marsupial *Didelphis aurita* e, no caso das áreas de interface da mata Atlântica/Cerrado, no estado de São Paulo, por espécies típicas de formações abertas e também generalistas, como o *N. lasiurus* e *Calomys tener* (Gentile & Fernandez, 1999; Feliciano, 2002; Bonvicino *et al.*, 2008; Rosalino *et al.*, 2014; Gonçalves *et al.*, 2016).

Além de interferir na composição das espécies de uma região, a matriz pode também influenciar na dinâmica populacional das espécies, se tornando um filtro de seleção na movimentação destas entre os fragmentos, onde o tipo de vegetação presente na matriz irá determinar o modelo de filtro (Gascon *et al.*, 1999).

Este tipo de paisagem alterada já foi considerado um ambiente inóspito, homogêneo e pouco importante (Ricketts, 2001; Vandermeer & Carvajal, 2001). Contudo, quando observada em diferentes escalas, a matriz começa a ser entendida não mais como uma unidade homogênea, mas sim como um conjunto heterogêneo de unidades de não-habitat para uma determinada espécie (Crouzeilles *et al.*, 2010; Metzger, 2001), onde o termo “não habitat” pode ser compreendido como um ambiente com condições desfavoráveis à ocorrência de determinados táxons.

No Brasil, cerca de um terço das terras foram convertidas para a agricultura (Estavillo *et al.*, 2013), ou seja, grande parte dos biomas nacionais já se apresentam em forma de mosaico. Neste cenário, e considerando que paisagens alteradas pela ação antrópica e/ou de interface silvestre/rural são de alto interesse para a saúde pública, pois geralmente potencializam a transmissão de várias zoonoses, ressalta-se a necessidade de se compreender melhor os processos envolvidos na estruturação e composição destas comunidades de pequenos mamíferos, bem como na dinâmica populacional das espécies presentes nessas regiões fragmentadas.

1.4. Os “Orthohantavírus” e a Hantavirose

O reconhecimento do Orthohantavírus como agente etiológico ocorreu a partir de dois grandes surtos de febres hemorrágicas, (no continente asiático e no continente americano), sendo conhecidas duas manifestações clínicas da hantavirose: a Febre Hemorrágica com Síndrome Renal (FHSR), que ocorre no Velho Mundo (Ásia e Europa), e a Síndrome Pulmonar por Hantavírus (SPH) nas Américas (Lee *et al.*, 1978; Nichol *et al.*, 1993). Em 2016, o Comitê Internacional em Taxonomia de Vírus (CITV) aceitou a criação do gênero Orthohantavirus (Bunyavirales: Hantaviridae), (Briese and The ICTV Bunyaviridae Study Group, 2016), onde estão atualmente inclusos todos os genótipos virais causadores da FHSR e da SPH. Com exceção dos Orthohantavirus, que são transmitidos ao homem principalmente pela inalação de partículas virais presentes em aerossóis de excretas de roedores silvestres infectados (Lednicky, 2003), os outros gêneros da família Hantaviridae são arbovírus e dependem de um artrópode vetor para transmissão entre hospedeiros (Ministério da Saúde, 2014).

O primeiro registro de FHSR foi durante a Guerra da Coreia entre 1950 a 1953, onde cerca de 3000 soldados das tropas militares americanas foram acometidos por febre aguda com manifestações hemorrágicas (Jonsson *et al.*, 2010). Os sintomas envolviam ainda febre, mialgias, insuficiência renal aguda e instabilidade hemodinâmica (Limongi, 2007). Até então não havia conhecimento sobre o agente infeccioso causador deste surto. O seu isolamento ocorreu somente em 1976, a partir de tecido pulmonar obtido do roedor *Apodemus agrarius coreae* (Rodentia: Muridae), e denominado vírus *Hantaan* (HTNV) em referência a região rural da Coreia de onde foi isolado (Lee *et al.*, 1978). A partir de então, estudos sobre este vírus começaram a se desenvolver (Rosa, 2008), sendo que genótipos virais associados antigenicamente ao vírus *Hantaan* foram posteriormente diagnosticados em várias regiões da Ásia, como o vírus *Seoul* (SEOV) na Coreia (Rosa, 2008), e os vírus *Puumala* (PUUV), *Dobrava* (DOBV) e o *Saaremaa* na Europa Oriental (Vapalahti *et al.*, 2003). Apesar de o vírus *Seoul* ser o único Orthohantavírus associado a uma espécie de roedor sinantrópico (*R. norvegicus*), porém de distribuição geográfica no mundo inteiro, a FHSR está associada apenas ao Velho Mundo. No Brasil, o reconhecimento da circulação do hantavírus *Seoul* ocorreu inicialmente no Pará através da detecção deste vírus em *R. norvegicus* (Rodentia: Muridae) (Leduc *et al.*, 1985; Xiao *et al.*, 1992). Entretanto, não foi ainda claramente

estabelecida a relação entre evidências sorológicas em humanos e roedores no Novo Mundo (Limongi, 2007; Rosa, 2008).

A SPH é considerada uma doença emergente de grande impacto na saúde pública nas Américas, apresentando uma taxa de mortalidade entre 40% a 50%, com ocorrência em diversos países como Estados Unidos, Panamá, Brasil, Argentina, Uruguai, Chile, Paraguai e Venezuela (Ministério da Saúde, 2014).

O primeiro registro de SPH nas Américas ocorreu em 1993, na região sudoeste dos Estados Unidos, na cidade de Four Corners, em um surto responsável por uma grande letalidade devido à um quadro clínico de doença respiratória grave (Hjelle *et al.*, 1994). O seu reconhecimento se deu através do isolamento do genótipo viral *Sin Nombre* (SNV) no roedor *Peromyscus maniculatus* (Rodentia: Cricetidae) (Nichol *et al.*, 1993). Ainda que ela tenha sido registrada somente em 1993, estudos anteriores apontam a ocorrência desta síndrome desde 1959 (Rosa, 2008).

O reconhecimento da circulação do hantavírus no Brasil ocorreu entre novembro e dezembro de 1993, na área rural da cidade de Juquitiba, estado de São Paulo, onde foram registrados os três primeiros casos de SPH no país (Silva *et al.*, 1997). Também neste ano, foram notificadas evidências sorológicas em pacientes de diversas regiões do Brasil (Pernambuco, São Paulo, Paraná, Amazonas, Roraima, Rondônia e Mato Grosso) (Figura 2) (Rosa, 2008). Desde então, até maio de 2018, já foram registrados 2061 casos de SPH e 827 óbitos somente no país, sendo 729 (35,4%) casos para a região Sul, 505 (24,5%) para região Centro-Oeste, 555 (26,9%) na Região Sudeste, 111 (5,4%) no Norte, 15 (0,7%) casos na região Nordeste do país e 146 (7,1%) de identidade ignorada (Ministério da Saúde, 2018).

O período de incubação do vírus gira em torno de 14 dias, podendo variar de 2 a 42 dias (Limongi, 2007) e apresenta três fases clínicas: I) a fase inicial prodrômica com febre, mialgia, cefaleia, calafrio, náusea e manifestações gastrointestinais; II) a fase cardiovascular com possível ocorrência de insuficiência respiratória aguda, edema pulmonar e quadro hemorrágico; III) caso o paciente tenha estabilidade do quadro durante a fase anterior, que ocorre em cerca de 60% dos casos, dará o início a fase de convalescença, onde ocorre a melhora no quadro clínico e recuperação total do paciente (Rosa, 2008).

Até o presente momento, não há drogas antivirais que sejam utilizadas no tratamento da SPH. A terapia é basicamente através da manutenção do estado geral

do paciente com suporte em terapia intensiva na fase aguda, balanço de fluidos, da pressão arterial, oxigenação e ventilação mecânica (Figueiredo *et al.*, 2001).

Os surtos desta virose têm sido associados às mudanças na densidade da população de roedores (altas populacionais), a qual pode variar de forma importante no decorrer do tempo, sazonalmente e anualmente (Mills & Childs, 1998), sendo frequentemente relacionados à roedores de hábitos generalistas e às perturbações do ambiente, principalmente em áreas agrícolas e peri-domiciliares rurais (Suzuki *et al.*, 2004).

Entre os roedores a transmissão se dá horizontalmente, e geralmente entre machos, por estar principalmente relacionada à comportamentos agressivos que vão causar ferimentos de mordedura e arranhadura, favorecendo a transmissão. Porém, estes se tornam reservatórios da doença e não desenvolvem a patogenia (Limongi, 2007).

No Brasil até a presente data, nove genótipos de hantavírus foram descritos, todos eles associados à pelo menos uma espécie de roedor, sendo a maioria destas espécies pertencentes à subfamília Sigmodontinae e apenas uma espécie à subfamília Murinae:

1) Associados a casos de SPH (caracterizados a partir de roedores e pacientes):

– Vírus Juquitiba (JUQ)/ Araucária (ARAU) (Suzuki *et al.*, 2004; Raboni *et al.*, 2005) associado a *Oligoryzomys nigripes*;

- Vírus Araraquara (ARA) associado a *Necromys lasiurus* (Suzuki *et al.*, 2004);

- Vírus Laguna Negra-like (LN) associado a *Calomys callidus* (Raboni *et al.*, 2009; Rosa *et al.*, 2012);

- Vírus Castelo dos Sonhos (CAS) associado a *Oligoryzomys utiaritensis* (Johnson *et al.*, 1999; Rosa *et al.*, 2011; Agrellos *et al.*, 2012);

- Vírus Anajatuba (ANAJ) associado a *Oligoryzomys fornesi* (Rosa *et al.*, 2005);

2) Caracterizados somente a partir de roedores, e, portanto, sem papel conhecido na epidemiologia da hantavirose humana no Brasil;

– Vírus Seoul (SEO) associado a *Rattus norvegicus* (Leduc *et al.*, 1985; Xiao *et al.*, 1992);

- Vírus Rio Mearim (RIME) associado a *Holochilus sciureus* (Rosa *et al.*, 2005);

- Vírus Rio Mamoré (RMV) associado a *Oligoryzomys microtis* (Firth *et al.*, 2012);

- Vírus Jaborá (JAB) associado a *Akodon montensis* (Oliveira *et al.*, 2011).

Os vírus SEO e RM são também associados à infecção humana em outros países (Chan *et al.*, 1987, Casapia *et al.*, 2012). Evidências sorológicas, porém, sem detecção e caracterização molecular, foram também encontradas em *Calomys tener* e *Oxymycterus rutilans* (Suzuki *et al.*, 2004), *Sooretamys angouya* (Oliveira *et al.*, 2011) e *Akodon cursor* (Sobreira *et al.*, 2008).

Neste contexto, a SPH apresenta-se como uma das principais doenças emergentes da atualidade no Brasil.

1.5. Justificativa

O estado do Rio de Janeiro era considerado uma área silenciosa para ocorrência da hantavirose, até março de 2015, quando foi notificado o primeiro caso humano, associado ao genótipo Juquitiba, que evoluiu para o óbito no município de Rio Claro (Vargas *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017). Em Rio Claro, os roedores infectados foram *A. cursor* e *O. nigripes* (Oliveira *et al.*, 2017). Estudos realizados previamente já tinham demonstrado evidências sorológicas e moleculares da circulação do hantavírus genótipo Juquitiba nestes roedores, no Parque Nacional da Serra dos Órgãos e nos municípios de Valença e Varre-Sai (Oliveira *et al.*, 2009, Gonçalves, 2014), mas sem qualquer confirmação de caso humano.

Registros da ocorrência de espécies típicas de Cerrado em áreas de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, provavelmente decorrentes do processo de devastação e substituição de florestas por áreas abertas (Pires *et al.*, 2010), como *N. lasiurus* reconhecido hospedeiro de hantavírus (Vírus Araraquara - ARAV) (D'Andrea *et al.*, 2007), aumentam o potencial de emergência desta zoonose no estado, uma vez que podem introduzir um genótipo viral de alta patogenicidade e mortalidade (Figueiredo *et al.*, 2009), típico do Bioma Cerrado e ainda não registrado para o Bioma Mata Atlântica. Nos estados de São Paulo e Minas Gerais esta zoonose apresenta elevada incidência. Este cenário sugere a possibilidade do aumento do número de casos de hantavirose no Estado do Rio de Janeiro, e a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a complexidade da dinâmica de transmissão do hantavírus em áreas alteradas de Mata Atlântica.

Desta forma, esta dissertação desenvolveu novos estudos para se mapear a ocorrência de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro, bem como, realizar expedições científicas para a confirmação de sua presença em áreas onde já foi observada alta abundância relativa de *N. lasiurus* na comunidade de roedores (Oliveira-Santos, 2015). Foram avaliados os fatores ambientais determinantes de sua ocorrência, além da realização do diagnóstico de infecção por hantavírus nos espécimes destas áreas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estabelecer a distribuição geográfica e a abundância relativa de *Necromys lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro com vistas à avaliação de seu papel como reservatório de hantavírus e do risco de introdução do genótipo viral Araraquara em matrizes abertas de áreas fragmentadas de Mata Atlântica.

2.2. Objetivos específicos

1. Confirmar a presença e estimar a abundância relativa de *N. lasiurus* em áreas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro;
2. Identificar as variáveis do micro-habitat associadas a ocorrência de *N. lasiurus* nas áreas de estudo;
3. Avaliar a co-ocorrência das espécies em áreas de matriz aberta no estado do Rio de Janeiro;
4. Identificar as variáveis ambientais (percentual de cobertura vegetal, tipo de cultura na matriz e uso do solo, e dados climáticos) determinantes para a ocorrência e abundância do roedor *N. lasiurus*;
5. Realizar o diagnóstico da infecção por hantavírus nos espécimes de *N. lasiurus* coletados.

3. HIPÓTESES

1. A ocorrência de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro está associada à substituição de áreas de floresta original de Mata Atlântica por áreas abertas, agrícolas e/ou degradadas.

2. A presença de populações em altas abundâncias de *N. lasiurus*, em áreas alteradas de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, irá potencializar o risco de emergência da SPH no estado, devido a esta espécie ser reservatório do hantavírus, genótipo Araraquara, altamente patogênico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Ocorrência de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro

Um extenso levantamento bibliográfico foi realizado para se mapear as áreas de ocorrência e de ausência de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro. Esse levantamento buscou estudos publicados que envolveram a captura de pequenos mamíferos não voadores, utilizando-se os bancos de dados do Pubmed, Web of Science e Google Acadêmico. As palavras chaves utilizadas (em português e inglês) foram aplicadas separadamente e/ou combinadas: "*Necromys lasiurus*", "*Bolomys lasiurus*", "*Zygodontomys pixuna*", "Small Mammals", "Atlantic Forest", "Hantavirus", "Rio de Janeiro", "Fieldwork" e "Rodent". Desta forma, compilou-se todos os registros de capturas de *N. lasiurus* no estado do Rio de Janeiro. Estudos que não registraram a presença de *N. lasiurus* entre as espécies capturadas, foram considerados como áreas de ausência desta espécie. Foram também compilados destes artigos, o esforço de captura total e os dados de abundância relativa da espécie alvo. Os bancos de dados online *Species Link* (<http://splink.cria.org.br>) e *Global Biodiversity Information Facility/GBIF* (<http://www.gbif.org>) foram também revisados a fim de identificar outros registros de ocorrência de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro. Os bancos de dados online contêm dados primários dos registros de coleções científicas em instituições no Brasil e em outros países. Os registros de *N. lasiurus* disponíveis no Museu Nacional do Rio de Janeiro, foram obtidos por Lemos e colaboradores (2015).

Foram também consideradas as informações do banco de dados do Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres (LABPMR/IOC/FIOCRUZ), que possui registros de 246 expedições de coleta em 26 municípios do Estado do Rio de Janeiro. Registros duplicados foram identificados e omitidos, sendo os dados publicados considerados como principais. Também foram avaliados dados duplicados em mais de um artigo, sendo o registro considerado uma única vez. A abundância relativa foi determinada pela divisão dos números de espécimes de *N. lasiurus* pelo total do número de espécimes das outras espécies coletadas no mesmo estudo. Esse parâmetro foi calculado através dos dados fornecidos pelos artigos levantados, quando disponíveis, e no banco de dados de coletas do LABPMR/IOC.

Adicionalmente, com vistas a complementar-se o levantamento bibliográfico, realizou-se consultas nos CV Lattes (<http://lattes.cnpq.br>) em 33 currículos de Mastozoólogos e Ecólogos que realizam pesquisas sobre a fauna do Rio de Janeiro (lista em anexo), com o objetivo de se levantar toda a produção científica desenvolvida com foco na captura de pequenos mamíferos no estado do Rio de Janeiro.

4.2 Locais de Captura

Foram realizadas quatro expedições científicas no estado do Rio de Janeiro, de setembro de 2016 a agosto de 2017, com a finalidade de confirmar a presença de *N. lasiurus* e diagnosticar as taxas de infecção por hantavírus nesses roedores: I) Reserva Biológica de Poço das Antas (REBIO-PdA: 22°35'8.00" S, 42°14'38.00" W), e II) Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ: 22°33'51.00" S, 42°12'43.00" W), localizadas nos municípios de Silva Jardim e Casimiro de Abreu, respectivamente (Figuras 3C e 3D), formam um complexo de proteção ambiental, onde observa-se áreas de florestas de Mata Atlântica contínuas, fragmentos florestais e áreas abertas (Pires *et al.*, 2002). Nestas áreas, Pires e colaboradores (2002) registraram, previamente elevada abundância da espécie; III) Área de Interesse Ecológico de Itapebussus (ARIE Itapebussus) (22°28'56" S, 41°54'04" W) (Figura 3A) - localizada no município de Rio das Ostras. A ARIE Itapebussus é uma região costeira com vegetação de restinga, que possui áreas abertas com presença de vegetações rasteiras e pequenos arbustos na qual a presença de *N. lasiurus* foi previamente registrada por Lemos e colaboradores (2015); IV) Usina Sapucaia (21°39'23" S, 41°24'17" W) (Figura 3B) - localizada no município de Campos dos Goytacazes. Esta área foi selecionada por ser predominantemente voltada ao plantio de cana-de-açúcar, se assemelhando ao habitat em áreas de Cerrado do Estado de São Paulo, onde *N. lasiurus* foi registrado

em grande abundância (Sousa *et al.*, 2008; Gheler-Costa *et al.*, 2012; Verdade *et al.*, 2012; Prist *et al.*, 2017)..

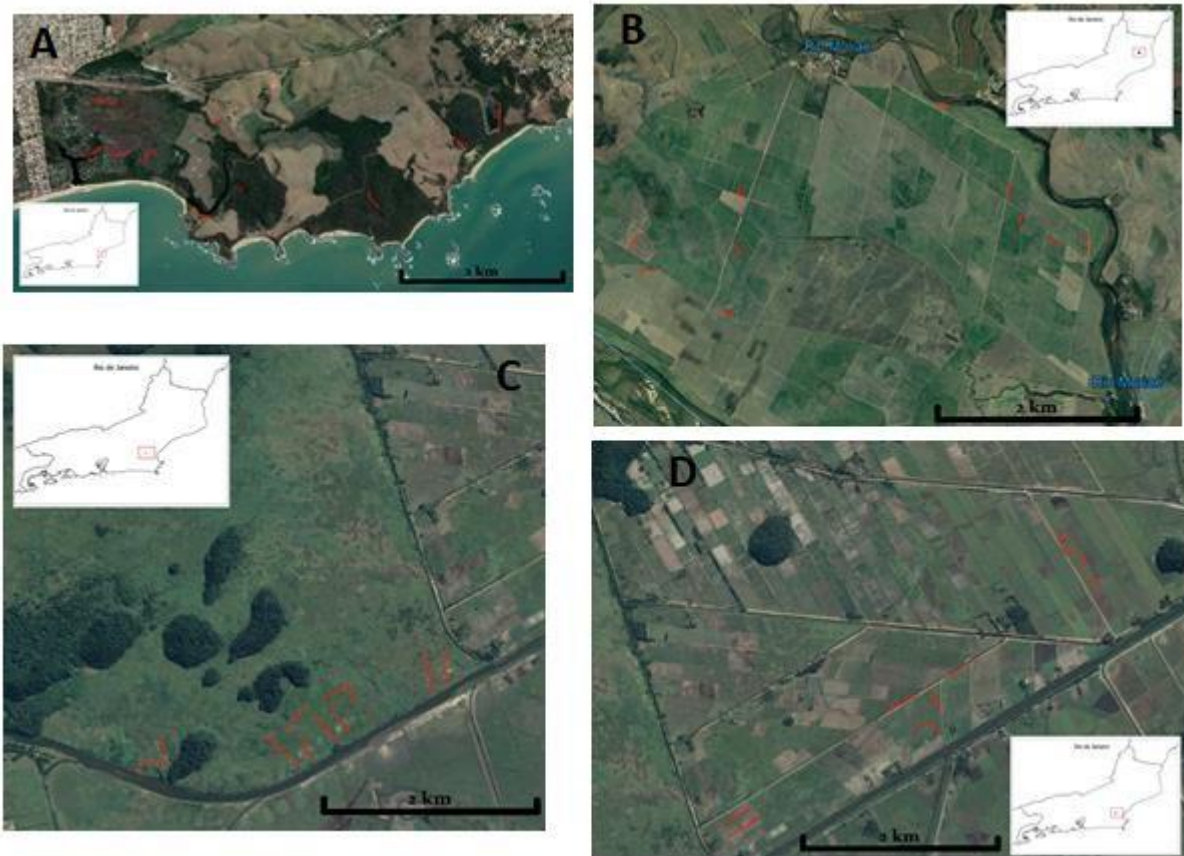


Figura 2 - Delimitação amostral das áreas de coleta indicado por linhas em vermelho, a disposição dos 10 transectos de captura de pequenos mamíferos, em cada área. A: Área de Interesse Ecológico de Itapebussus; B: Usina Sapucaia; C: Reserva Biológica de Poço das Antas; D: Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João. (Adaptado do Google Earth)

4.2.1. Reserva Biológica de Poço das Antas

A Reserva Biológica (REBIO) de Poço das Antas está localizada na parte central costeira do Estado do Rio de Janeiro, no município de Silva Jardim e sua Zona de Amortecimento abrange também o município de Casimiro de Abreu (22°35'8.00" S, 42°14'38.00" W). Esta Unidade de Conservação foi criada em 1974 como parte do grupo de Unidades de Proteção Integral. Possui aproximadamente 5.000 hectares e preserva fragmentos de Mata Atlântica Costeira e seus

ecossistemas associados, incluindo espécies de fauna e flora em extinção (Vieira & Pessoa, 2001) (Figura 4 A).

Antes de sua criação, a região era utilizada para a criação de gado e algumas culturas de subsistência. Atualmente a região possui um ecossistema com áreas de campos antrópicos circundados por remanescentes florestais secundários, em diferentes estágios sucessionais: floresta de baixada (floresta de Terras baixas/floresta aluvial), floresta de encosta (floresta de morrote/floresta submontana), formação pioneira com influência fluvial, capoeira de baixada (capoeira de terras baixas/capoeira aluvial), capoeira de encosta (capoeira de morrote/capoeira submontana) e campo antrópico (Vieira & Pessoa, 2001). A região da Ilha dos Barbados foi a área onde realizou-se a coleta. Nesta área a cobertura vegetal se apresenta por uma vegetação homogênea, sendo composta principalmente por gramíneas como *Imperata brasiliensis*, *Panicum maximum*, e *Melinis minutiflora* (Pires *et al.*, 2002), samambaias, arbustos e árvores pioneiras dispersas. As queimadas na região são comuns e frequentes devido a ação antrópica (Figura 4 B).

A média da temperatura máxima desta área é de 24,6°C (Pires *et al.*, 2002).

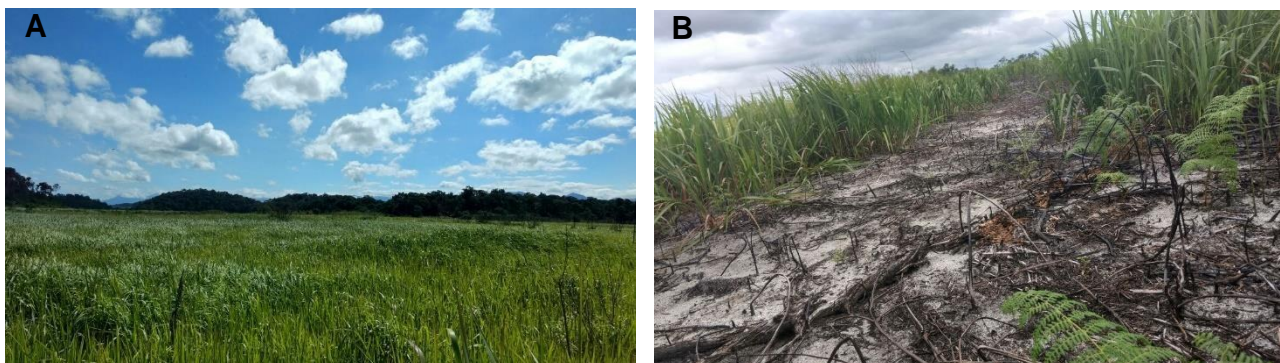


Figura 3 - Vista geral das áreas de coleta, Ilha dos Barbados, Reserva Biológica de Poço das Antas, onde foram estabelecidos os transectos de coleta: A) Área de matriz aberta com presença de gramíneas; B) Área de matriz aberta com presença de gramíneas pós fogo.

4.2.2. Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ)

A Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ) é uma Unidade de Conservação de uso sustentável localizada no município de Casimiro de Abreu (22°33'51.00" S, 42°12'43.00" W), criada a partir do decreto s/nº de 27 de junho 2002 e abrange toda a bacia do Rio São João, com exceção da REBIO Poço

das Antas e a Reserva Biológica da União (Mello *et al.*, 2008). Ela foi criada com o intuito de proteger e conservar os mananciais, regularizar o uso dos recursos hídricos e do parcelamento do solo, além da proteção aos remanescentes florestais (Mello *et al.*, 2008).

A APA-BRSJ possui cerca de 150.373,03 hectares, e abrangem ecossistemas da Mata Atlântica como: Matas de Baixada, Matas de Morrote, Matas de Encosta, Mangues, Restingas e Ambientes Lacustres (Mello *et al.*, 2008). Na área de coleta (22°33'51.00" S, 42°12'43.00" W) (Figura 5) a predominância era de gramíneas, assim como na Ilha dos Barbados, e pastos, além de áreas com solo exposto decorrentes do uso do solo naquela região, voltada principalmente para o plantio de subsistência.

A média da temperatura máxima da região é de 26,46°C (Mello *et al.*, 2008).

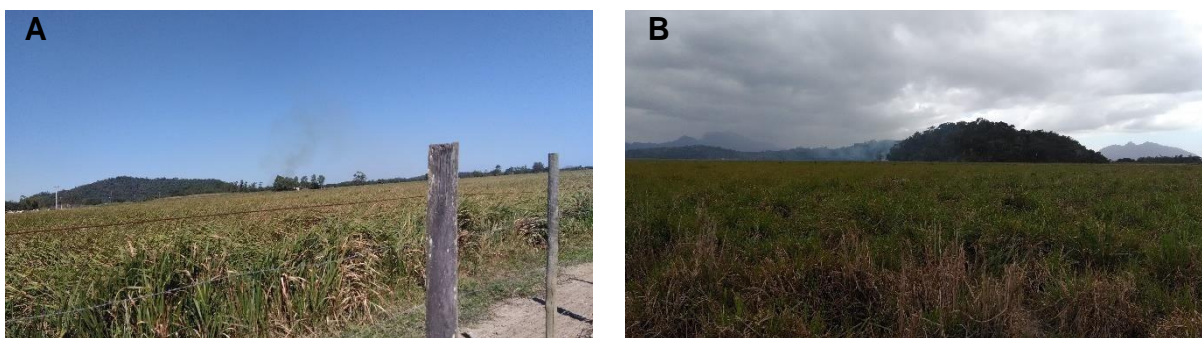


Figura 4 - Vista geral da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRSJ), onde foram estabelecidos os transectos de captura: A) Propriedade Rural com a presença pasto. B) Área de matriz aberta circundando fragmento florestal, com presença de gramíneas.

4.2.3. Área de Interesse Ecológico de Itapebussus (Rio Das Ostras)

A Área de Interesse Ecológico de Itapebussus (ARIE Itapebussus) é uma das cinco Unidades de Conservação existentes no município de Rio das Ostras e está localizada entre os municípios de Rio das Ostras e Macaé (22°28'56" S, 41°54'04" W). Criada através do decreto nº 038/2002, em 13 de junho de 2002, conserva a bacia hidrográfica da Lagoa Salgada, Itapebussus e Margarita (Almada, 2015).

A ARIE Itapebussus é uma área costeira com três fitofisionomias distintas do bioma de Mata Atlântica: formações vegetais de restingas, manguezais e florestas semi-decíduais, com predominância das duas primeiras. Apresenta solo arenoso com origem marinha (Figura 6), compreendendo uma faixa de areia desde a margem

esquerda de Rio das Ostras até a praia da Costa Azul (Mayerhofer & Toledo, 2004), estando próxima à estrada RJ-106 e às áreas urbanizadas.

A temperatura média anual é de 23,5°C, com valores máximos que variam entre 27°C e 29°C e valores mínimos que variam entre 20°C e 22°C (Mayerhofer & Toledo, 2004).



Figura 5 - Vista geral da área de coleta na Área de Interesse Ecológico de Itapebussus, onde foram estabelecidos os transectos de captura de pequenos mamíferos, com presença de vegetação rasteira composta por gramíneas e pequenos arbustos.

4.2.4. Usina Sapucaia - Campos dos Goytacazes

Campos dos Goytacazes é o maior município do estado do Rio de Janeiro, com 4.032 km² de extensão e localizado no norte do estado (21°39'23" S, 41°24'17" W). Seu histórico de ocupação se deu, inicialmente, através do comércio às margens do Rio Paraíba do Sul, e se expandiu ao longo dos anos. Em 1650, Campos dos Goytacazes inicia a cultura do plantio de cana-de-açúcar, o que impulsiona o crescimento da cidade (Costa & Alves, 2005). O município então passou a ser no Brasil, um dos locais de maior importância na produção de cana-de-açúcar, produzindo em seus anos de auge cerca de 23 mil toneladas de cana por ano (Paranhos, 2000).

Ao longo dos anos a produção canavieira foi sendo reduzida, porém a paisagem de Campos dos Goytacazes já havia sofrido grandes alterações,

transformando-se em regiões urbanas com pequena presença de remanescentes florestais compostos por floresta subcaducifólia, floresta subperenifólia de várzea, campos hidrófilos, campos halófilos e vegetação de restinga. (Ramos, 2000).

A Usina de Sapucaia (21°39'23"S 41°24'17"O), onde foi realizado o trabalho, é uma das usinas de cana-de-açúcar fundada no auge do plantio de cana na região (Figura 7). Ela foi fundada em 1884 por Visconde de Santa Rita (Paranhos, 2000) e atualmente continua sua produção pela COAGRO. É uma área de baixada, formada prioritariamente por cana-de-açúcar e uma grande presença de gramíneas entre as plantações. Localiza-se próxima ao Rio Muriaé e possui uma pequena área de mata (floresta subperenifólia de várzea), com aproximadamente 10 metros de extensão.

A temperatura média anual é de 23,7°C, com valores máximos que variam entre 34°C e 40°C e valores mínimos que variam entre 10°C e 17°C.

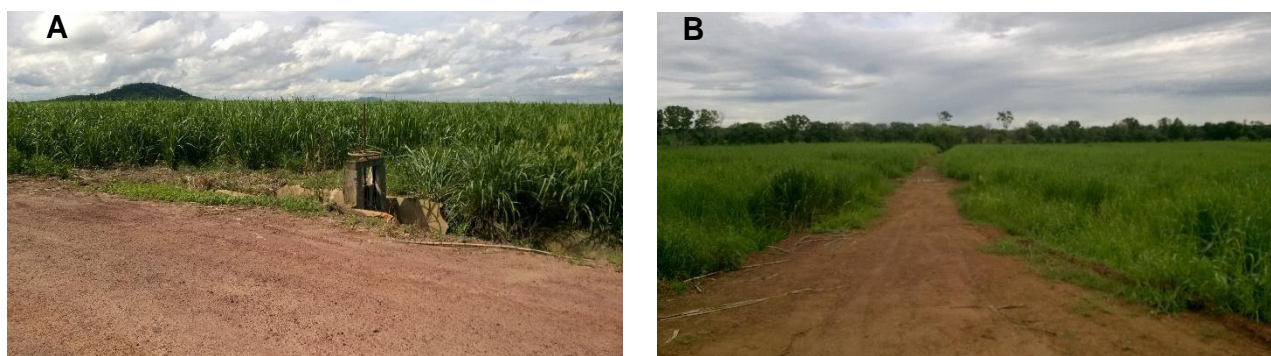


Figura 6 - Vista da área de coleta na Usina COAGRO Sapucaia, onde foram estabelecidos os transectos de captura. A): Plantação de cana-de-açúcar em estágio inicial de crescimento; B) Área com presença de Cana-de-açúcar e gramíneas (arquivo pessoal).

4.3. Métodos de campo

Foram estabelecidos 10 transectos lineares espaçados em média com 300 metros entre si, visando a independência das capturas de pequenos mamíferos não voadores entre os transectos (Püttker *et al.*, 2008). Estes foram dispostos em áreas de matriz alterada e possuíram cada um, 20 estações de captura. Em cinco transectos foram dispostas uma armadilha modelo *Tomahawk*® (dimensões de 40,64cm x 12,70cm x 12,70cm) e uma modelo *Sherman*® (dimensões de 7,62cm x 9,53cm x 30,48cm) por estação de captura, apropriadas para a captura de pequenos mamíferos vivos com até 3 kg e em outros cinco transectos foram dispostas duas

armadilhas do modelo Sherman® por estação de captura. As armadilhas foram checadas diariamente pela manhã e iscadas com uma mistura composta de sardinha, aveia, banana e amendoim triturado. As sessões de captura duraram 5 noites, sendo realizada somente uma sessão por área (Ver item 4.2).

Os animais capturados foram removidos para uma base laboratorial de campo, anestesiados e eutanasiados de acordo com orientação veterinária para coleta de amostras, dados biométricos e reprodutivos. Foram coletadas amostras de medula do fêmur para determinação do cariótipo dos espécimes coletados e amostras de fígado, preservadas em etanol 70%, para sequenciamento de DNA dos indivíduos coletados, além de amostras de sangue/soro e órgãos para a detecção de infecção por hantavírus. O diagnóstico de infecção foi determinado através de ensaio imunoenzimático ELISA.

Todos os procedimentos de coleta de amostras foram realizados com nível de biossegurança 3 e as expedições de coleta realizadas sob a licença CEUA LW-39/14, Licença Permanente para coleta de material zoológico nº 13373-1 ICMBIO/SISBIO e licenças específicas do INEA-RJ para Unidades de Conservação. Após a coleta dos dados e amostras, os animais foram taxidermizados, tendo crânios e esqueletos limpos, e serão depositados na coleção zoológica do Museu Nacional, RJ.

A identificação taxonômica das espécies coletadas foi baseada na morfologia externa do corpo e análise da morfologia craniana, sendo confirmada através da análise cariotípica (no caso dos roedores) por técnicas citogenéticas (Bonvicino, 2011).

4.4. Estudos de micro-habitat

Para a caracterização da paisagem e seu uso pelas espécies de pequenos mamíferos, foram medidas diversas variáveis quantitativas em todas as estações de captura, de acordo com Freitas e colaboradores (2002). Como instrumento de medição foi utilizado um quadrado de 1m², feito de bordas de PVC (0,5 x 0,5 m), dividido em 100 quadrados menores e confeccionados com arame de modo a formar uma tela (Figura 8). As medições foram realizadas pela quantificação do número de obstruções desses quadrados tendo como centro da medição os locais em que foram alocadas as armadilhas, sendo considerados visualmente obstruídos aqueles com mais de 50% de obstrução visual. As variáveis foram medidas de modo a

caracterizar a estrutura horizontal (Figura 8) e vertical (Figura 9) da paisagem em cada área em cinco direções - Central, Norte, Sul, Leste e Oeste – a uma distância de 1,5m do ponto central para os demais, formando uma área de 9m² ao redor das armadilhas, sendo este considerado o habitat de cada espécie. Foram quantificadas a porcentagem de obstrução foliar vertical na altura de 50 cm a 1m (OFV), porcentagem de folhiço (FOL), porcentagem de afloramentos rochosos (ROCHA), porcentagem de exposição do solo (SOLO), porcentagem de partes vivas (CHL), número de troncos caídos e de árvores com mais de 1m de altura, porcentagem de cobertura do dossel (DOSSEL) e sua altura e número de árvores com diâmetro na altura do peito ≥ 5 . O número de troncos caídos e de árvores com mais de 1m foi determinado por contagem direta e a altura do dossel foi estimada a olho nu. Além destas variáveis, foram tomadas variáveis categóricas caracterizadas por presença e ausência, ou classificadas em pouco, regular e muito: presença ou ausência de cursos d'água (Alagamento), porte das árvores predominantes, espécies peculiares da vegetação, nível de abertura do sub-bosque, presença de sementes, plantas predominantes, existência de plantação nos arredores, presença de criadouros de animais e presença de trilhas / estradas.

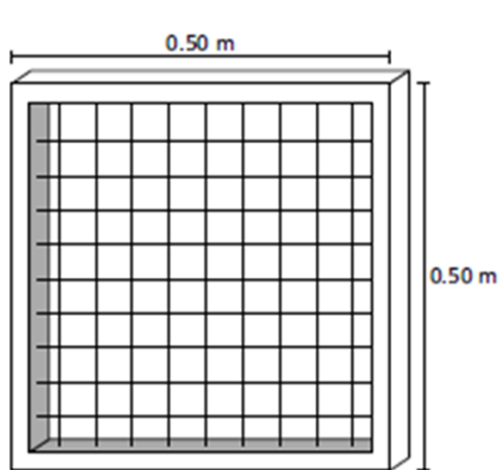


Figura 7 - Instrumento utilizado para medição das variáveis verticais e horizontais do micohabitat.

Fonte: Freitas *et al.* (2002)



Figura 8 - Medição de variáveis quantitativas do micro-habitat (OFV1), Área de Interesse Ecológico de Itapebussus, Rio das Ostras, RJ, Setembro de 2016.

4.4.1. Uniformização das variáveis

As variáveis quantitativas foram transformadas em uma unidade de área padrão (Cerqueira & Freitas, 1999) de forma a uniformizar sua quantificação. As

medições coletadas em campo e tabuladas em uma planilha no Excel foram transformadas da seguinte maneira:

Variáveis CHL, FOL, SOLO e ROCHA

\sum variável * 0,045 (9m² / 100 quadrados * 2 pontos medidos, considerando cada armadilha).

Variável OFV

\sum OFV*0,005 (1 altura * 4 direções¹ * 0,50 cm de grade / 100 quadrados * 4 direções¹).

¹ considerando as direções adjacentes ao ponto central (norte, sul, leste e oeste).

Adicionalmente, foram somados o número de troncos caídos, número de árvores com mais de 1m de altura e a porcentagem de cobertura do dossel dentro de cada estação de captura.

4.4.2. Associação das espécies com o habitat

Variáveis de habitat correlacionadas e com pouca variação foram excluídas de modo a reduzir o número de variáveis a serem utilizadas nas análises. As correlações foram analisadas através do coeficiente de Spearman, devido a não normalidade dos dados. Posteriormente, foram utilizadas as seguintes variáveis nas análises subsequentes: CHL, FOL, SOLO, OFV. A presença e ausência entre as áreas foram analisadas em relação a estas variáveis de habitat de cada transecto utilizando modelos lineares generalizados (GLM), onde os melhores modelos foram escolhidos utilizando o critério de informação Akaike corrigido (AICc), considerando o valor de Delta (Δ) AICc \geq 2. Foram feitas análises *a priori* para seleção de variáveis através de correlação de Spearman, onde foram selecionadas para a GLM apenas as variáveis que apresentaram $p \leq 0,05$. Deste modo, foram utilizadas nas análises de riqueza as variáveis CHL, FOL, OFV e heterogeneidade.

Foi calculado índice de heterogeneidade do habitat para cada transecto a partir das variáveis de habitat selecionadas. A influência da heterogeneidade na presença e ausência das espécies foi investigada como uma variável da GLM. As variáveis utilizadas para o cálculo do índice de heterogeneidade, e que representam uma estrutura horizontal do habitat, foram: CHL, FOL, SOLO, OFV. O índice de heterogeneidade foi considerado como sendo os escores do eixo 1 das análises de componentes principais (PCA) utilizando-se os dados de suas respectivas variáveis (August, 1983).

Para avaliar a co-ocorrência (segregação espacial ou sobreposição) de espécies de acordo com o estudo de Gentile & Fernandez (1999) foi utilizada uma matriz de correlação linear de Spearman.

O nível de significância considerado nos testes de hipótese foi de 5% em todas as análises. A correlação foi feita no software PAST versão 2.17c. A GLM e a PCA foram calculadas utilizando o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2017) do software RStudio versão 1.0.36.

Para realização destas análises em Poço das Antas as 3 espécies de roedores (*N. lasiurus*, *M. musculus* e *A. cursor*) possuíam número amostral suficiente, enquanto que em Campos dos Goytacazes e ARIE Itapebussus apenas para as espécies *M. musculus* e *A. cursor*. Na APA-BRJS a análise somente foi possível para *N. lasiurus*.

4.5. Modelo de distribuição de espécies

A distribuição do *N. lasiurus* no estado do Rio de Janeiro foi modelada usando a abordagem da máxima entropia de nicho, utilizando o MAXENT 3.3.3k (Phillips *et al.*, 2006), no qual define a adequabilidade de habitats e a distribuição potencial das espécies no estado. Esse método considera as necessidades ambientais das espécies, baseados na sua ocorrência observada, no qual é mapeado com as variáveis ambientais da área alvo (no caso do estudo, as variáveis ambientais no estado do Rio de Janeiro) (Phillips *et al.*, 2006). Esta abordagem irá fornecer curvas de respostas vindas destas variáveis ambientais, no qual indicará quais variáveis afetaram a predição na distribuição da espécie (Phillips & Dudík, 2008). A abordagem com o MAXENT é conhecida por fornecer um modelo de entropia de nicho robusto através dos dados de ocorrência (Elith *et al.*, 2006), e por gerar uma descrição sistemática sobre relações ecológicas e espaciais entre espécie e condições ambientais.

As análises com MAXENT foram aplicadas no modo 'auto-features' com as configurações padrões, além disto foram feitas 10 repetições com os dados através de *bootstrap* ((Phillips & Dudík 2008). Foi utilizada a "saída logística" (onde as medidas de adequabilidade de habitat ficam na escala de 0-1(ausência-presença), sendo os modelos com altos valores de adequabilidade (Habitat Suitability Map (HSM)) representantes das condições mais favoráveis para a ocorrência de *N. lasiurus*. O modelo foi desenvolvido usando nove variáveis ambientais (EV), e 32

registros de ocorrência, com 80 % dos registros de ocorrência usados para o “treino” e 20% para “teste”. Os dados de “treinos” são usados para criar o modelo, já os dados de “teste” são utilizados para garantir a acurácia do modelo.

Os EVs foram retirados do mapa de cobertura/uso da terra de 2016 do MAPBIOMAS (<http://mapbiomas.org>), e a cobertura vegetal de restinga costeira particularmente, foi retirada do Mapa da SOS Mata Atlântica (<https://www.sosma.org.br>). Três tipos de descrição de paisagem foram usados: (i) a proporção de cobertura das sete classes de cobertura da terra, (ii) a distância média do rio ou corpo d’água, e (iii) altitude média. Os valores foram calculados pela extração da proporção de cada classe de cobertura, distância média e altitude da área, formando buffers com raios de 1000m.

A precisão de cada modelo foi avaliada usando a área sob a curva (*Area Under the Curve* (AUC)), baseado na área abaixo da curva característica operacional do receptor (*Receiver Operating Characteristic* (ROC)), obtidos pelo MAXENT. Os dados de ausência também foram utilizados para reduzir as taxas de comissão do modelo (taxas de erro por falso positivo). O Treino de presença mínima (*Minimum Training Presence* (MTP)) foi usado como o método mais conservado, no qual define a possibilidade máxima para predizer a área, mantendo uma taxa de omissão em zero, tanto para os dados de treino quanto para o de teste.

Os resultados obtidos foram classificados em cinco zonas de adequabilidade ambiental: (1) Zonas não adequadas (*Unsuitable Zone* (UNSZ)) (Pixels com uma adequabilidade de ocorrência < dado mínimo no treino de presença (*Minimum Training Presence*, MTP)); (2) Zonas com baixa adequabilidade (*Low Suitability Zone* (LSZ)) (Pixels com uma adequabilidade de ocorrência entre o MTP e 0.25); (3) Zonas intermediárias de adequabilidade (*Intermediate Suitability Zone* (ISZ)) (Pixels com uma adequabilidade de ocorrência entre 0.25 e 0.50); (4) Zonas com alta adequabilidade (*High Suitability Zone* (HSZ)) (Pixels com uma adequabilidade de ocorrência entre 0.50 e 0.75); e (5) Zonas com adequabilidade muito alta (*Very High Suitability Zone* (VHSZ)) (Pixels com uma adequabilidade de ocorrência maiores que 0.75).

4.6. Diagnóstico sorológico de infecção por Hantavírus

Para detecção de anticorpos da classe IgG anti-hantavírus foi realizado o imunoenensaio enzimático (ELISA) empregando o antígeno recombinante Araraquara (Figueiredo *et al.*, 2009).

Para realização do teste, placas de 96 poços foram sensibilizadas com proteína recombinante do nucleocapsídeo do hantavírus Araraquara (ARAV-N) na metade superior (linhas A, B, C e D) e extrato de *Escherichia coli* usado como controle negativo na metade inferior (linhas E, F, G e H) diluídos em solução tampão carbonato-bicarbonato na concentração de 0,2µg/ µL, durante incubação por uma noite (*overnight*) a 4°C. Em seguida, após lavar a placa por 5 vezes com PBS pH 7.4 acrescido de Tween (PBS-T) 1X a 0,05%, foi adicionada solução de bloqueio (leite em pó desnatado a 10% em PBS-T). Após incubação da placa a 37°C por duas horas e subsequente etapa de lavagem, as amostras de soro, sabidamente positivas e negativas utilizadas como controle do teste, e as amostras em teste foram adicionadas na diluição de 1/400 em solução de bloqueio.

Após nova incubação a 37°C por uma hora e etapa de lavagem por 6 vezes, anticorpos secundários anti-*Peromyscus leucopus* e anticorpos anti-*Rattus rattus* marcados com peroxidase foram utilizados como conjugado na diluição de 1/3000 em 44 soluções de bloqueio. Em continuação, após incubar e lavar novamente a placa, um substrato cromogênico (o-phenylenediamine = OPD) diluído em solução Citratofostato (pH 4,9 a 5,2) foi adicionado acrescido de peróxido de hidrogênio e a placa então foi incubada por 15 a 20min a 37°C. Após o bloqueio da placa com adição de HCl a 1M, a absorbância foi mensurada a 490nm em espectrofotômetro.

A diluição do soro foi considerada positiva quando a densidade ótica (DO) foi superior a 0,3. A DO final de cada diluição de soro foi calculada como a diferença entre o valor da DO mensurada nos poços sensibilizados com a proteína ARAV-N e aqueles sensibilizados com o antígeno controle negativo. Um título > 1: 400 foi considerado positivo.

5. RESULTADOS

Parte dos resultados aqui apresentados foram organizados na forma de artigo, submetido a revista *Acta Tropica* (Anexo E).

5.1. Ocorrência de *Necromys lasiurus* no estado do Rio de Janeiro

5.1.1. Levantamento bibliográfico e pesquisa em bancos de dados online

A expedição de coleta de pequenos mamíferos mais antiga para o Estado do Rio de Janeiro foi realizada na primeira metade do século XX nos municípios de Teresópolis e Itatiaia (Miranda-Ribeiro 1905, 1935; Davis 1945). Após estas primeiras expedições, foram levantados 50 artigos sobre estudos que envolveram a captura de pequenos mamíferos e dois registros em banco de dados online, resultando em 721 expedições em 44 dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro (Figura 10).

Entre estas expedições, a ocorrência de *N. lasiurus* foi registrada em 16 localidades em 10 municípios (Tabela 1, Figura 10), com um total de 254 espécimes capturados. O primeiro registro de *N. lasiurus* foi em 1978 (GBIF, depositado no Muséum National D'Histoire Naturelle, Paris), na localidade de Barracão dos Mendes, no município de Nova Friburgo (Tabela 1). Dois outros registros de *N. lasiurus*, anteriores a este, para o município de Teresópolis em 1926, disponíveis no Banco de dados online do GBIF, foram excluídos dos resultados obtidos. Estes dois espécimes, depositados no Field Museum, Chicago, tiveram sua identificação checadas e confirmadas como *Akodon cursor* e não como *N. lasiurus* (Aldo Caccavo, comunicação pessoal). O próximo registro de *N. lasiurus* ocorreu somente 13 anos depois, em 1991, no município de Sumidouro, em uma localidade caracterizada por pequenas propriedades rurais, caracterizadas pela presença de fragmentos de Mata

Atlântica nos topos dos morros, circundados por matriz antrópica, composta basicamente por campos sujos, pastagens e pequenas plantações de hortaliças e legumes (D'Andrea *et al.*, 1999; Gentile *et al.*, 1999).

A abundância relativa de *N. lasiurus* foi baixa em todas as localidades onde foi observado, exceto na REBIO Poço das Antas (Tabela 1), onde 90 espécimes foram capturados, através de um esforço de captura de 13.498 armadilhas-noite e uma abundância relativa de 12,03% (Pires *et al.*, 2002, 2010; Castro *et al.*, 2004).

Por outro lado, *N. lasiurus* não foi registrado em 34 municípios no Estado do Rio de Janeiro, apesar do grande esforço de captura empreendido em algumas destas localidades (Tabela 2, Figuras 10 e 11). O esforço de captura nestas áreas variou de 50 armadilhas-noite à 15.060 armadilhas-noite, sendo Teresópolis (15.060 armadilhas-noite), Rio de Janeiro (11.600 armadilhas-noite) e Pirai (11.600 armadilhas-noite) os municípios com os maiores esforços de captura empreendidos. Em Nova Friburgo, município do primeiro registro de *N. lasiurus*, apesar de um esforço de captura relativamente alto (9750 armadilhas-noite) esta espécie não apresentou nenhum registro recente de sua ocorrência (Tabela 2, figura 11).

5.2. Áreas com lacunas de amostragem

Outro aspecto importante foi a identificação de áreas no estado do Rio de Janeiro com lacunas de amostragem de pequenos mamíferos não voadores. Particularmente as regiões Centro-Sul, Norte Fluminense e das Baixadas Litorâneas foram identificadas como sendo regiões com pouco ou nenhum esforço de captura empreendido e com necessidade de amostragem para melhor conhecimento da sua mastofauna (Figura 11).

O maior esforço de captura observado em uma mesma localidade no Estado do Rio de Janeiro, foi registrado para REBIO Poço das Antas (Castro *et al.*, 2004;

Feliciano *et al.*, 2002; Pires *et al.*, 2002, 2010), com 51.122 armadilhas-noite, seguido pelos municípios de Sumidouro com 22.059 armadilhas-noite e Teresópolis com 15.060 armadilhas-noite. Os menores esforços de captura ocorreram nos municípios de Conceição de Macabu, com 50 armadilhas-noite, São João da Barra, com 177 armadilhas-noite, e São Sebastião do Alto, com 268 armadilhas-noite. (Tabela 2, Figura 11).

Tabela 1 – Municípios, no estado do Rio de Janeiro, com registro de ocorrência de *N. lasiurus*, segundo levantamento bibliográfico, banco de dados online e banco de dados do LABPMR. Esforço de captura (EC), número de espécimes de *N. lasiurus* (N), riqueza de espécies (R) da comunidade de pequenos mamíferos da localidade de estudo, abundância relativa de *N. lasiurus* (AR), sucesso de captura de *N. lasiurus* (SC) Ano da coleta (AC) e fonte dos dados.

Município	EC	N	R	AR	SC	AC	Fonte
Campo dos Goytacazes*	-	-	-	-	-	2008	Moreira, 2008.
Cantagalo	920	1	4	14,28%	0,76%	2007	Banco de dados do LBPMR
Cordeiro	396	2	9	9,52%	5,30%	2006	Banco de dados do LBPMR
Carapebus*	-	-	-	-	-	2012 a 2013	Lemos <i>et al.</i> , 2015.
Nova Friburgo	-	12	-	-	-	1978	Banco de dados Online (GBIF)
Casimiro de Abreu e Silva Jardim (Reserva Biológica de Poço das Antas)	3721	90	7	29.41%	8,22%	1998 a 1999	Pires <i>et al.</i> , 2010; Feliciano <i>et al.</i> , 2002; Bovendorp <i>et al.</i> , 2017.
Casimiro de Abreu e Silva Jardim (Reserva Biológica de Poço das Antas)	13498	90	14	12.03%	5,54%	1998 a 1999	Pires <i>et al.</i> , 2002; Bovendorp <i>et al.</i> 2017.
Casimiro de Abreu e Silva Jardim (Reserva Biológica de Poço das Antas)	51122	-	21	-	-	1995 a 2001	Castro <i>et al.</i> , 2004; Bovendorp <i>et al.</i> , 2017.
Rio das Ostras	-	139	17	-	-	2012 a 2013	Lemos <i>et al.</i> , 2015.
Santo Antônio de	-	1	-	-	-	2012	Lemos <i>et al.</i> , 2015.

Pádua						a 2013	
Sumidouro	12.500	2	8	0,18%	4,40%	1991 a 1996	D'andrea <i>et al.</i> , 1999; Gentile <i>et al.</i> , 1999; Bovendorp <i>et al.</i> , 2017.
Sumidouro	5700	1	7	0,29%	0,02%	1996 a 1998	Olifiers <i>et al.</i> , 2005; D'andrea <i>et al.</i> , 2007; Bovendorp <i>et al.</i> , 2017.
Sumidouro	2259	2		0,30%	29,88%	2001 a 2006	Bonecker <i>et al.</i> , 2009.
Banco de Dados (Todo estado do Rio de Janeiro) *	-	-	-	-	-	-	Oliveira ,2013; Rocha <i>et al.</i> , 2004.
Rio das Ostras (Reserva Biológica de Itapebussus)	2000	1	5	2,63%	1,90%	2016	Este Estudo
Campos dos Goytacazes (Usina Sapucaia)	2000	1	4	0,98%	5,10%	2017	Este Estudo
Silva Jardim (Reserva Biológica de Poço das Antas)	2000	148	4	65,49%	11,30%	2017	Este Estudo
Casimiro de Abreu (Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João)	2000	75	6	86,67%	4,50%	2017	Este Estudo

*Estudos em municípios em que foi apenas informado o registro do *N. lasiurus*, não sendo informado o número de espécimes capturados, o esforço de captura, riqueza de espécies da comunidade de pequenos mamíferos da localidade de estudo, abundância relativa de *N. lasiurus* e sucesso de captura.

Figura 9 - Expedições realizadas para a captura de pequenos mamíferos não voadores no Estado do Rio de Janeiro, no período de 1905 a 2017, mostrando áreas de ocorrência e áreas de ausência de *N. lasiurus*.

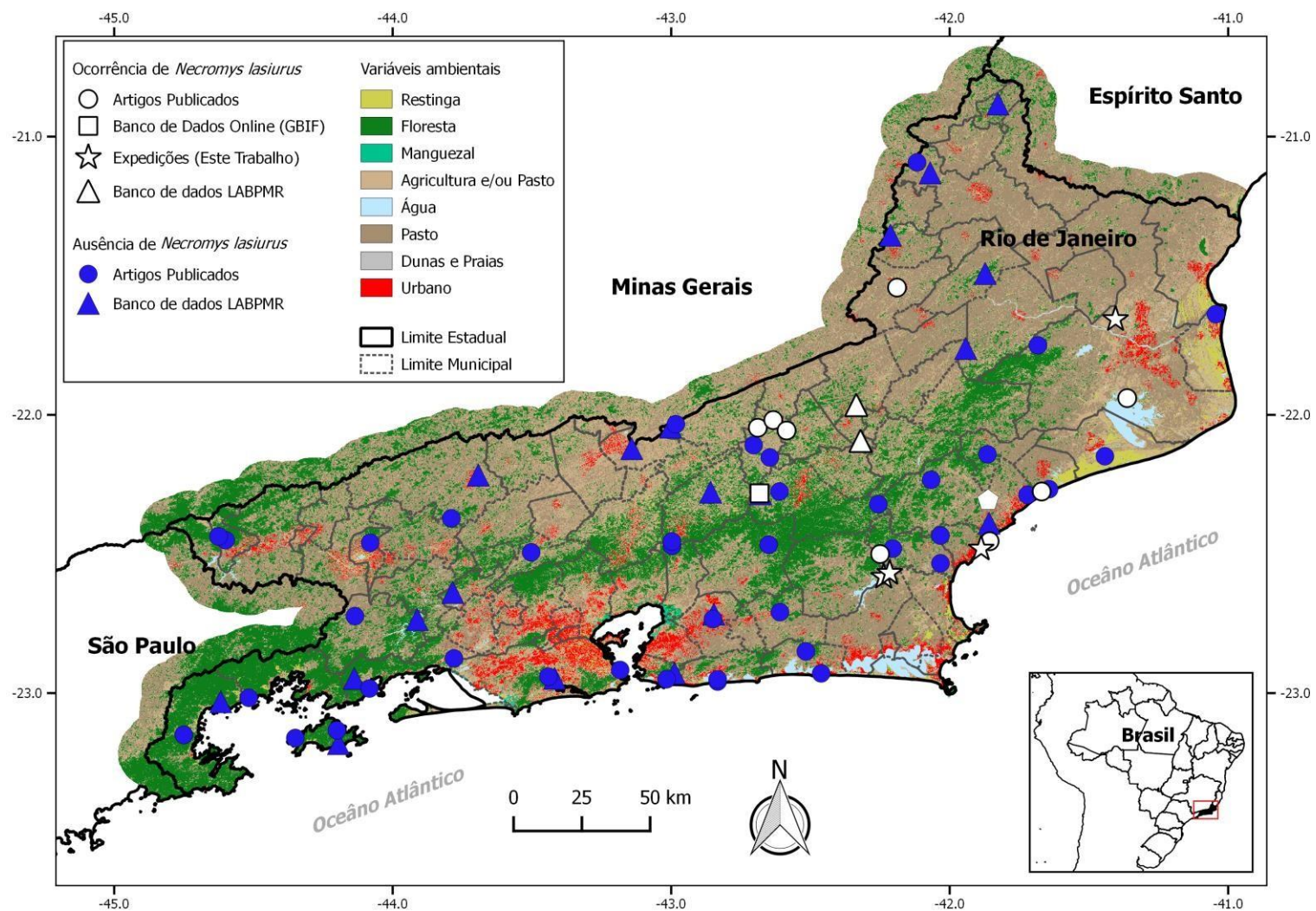


Tabela 2 - Municípios no estado do Rio de Janeiro, em que não foi relatada a presença de *N. lasiurus*, considerando os registros obtidos no levantamento bibliográfico, banco de dados online e no banco de dados do LABPMR, mostrando o esforço de captura (EC), riqueza de espécies (R), sucesso de captura (SC), ano da coleta (AC) e fonte dos dados.

Município	EC	R	SC	AC	Fonte
Angra Dos Reis (Ilha Grande)	1050	7	9,05%	2011 a 2014	Banco de dados do LBPMR
Angra dos Reis (Ilha Grande)	512	11	4,68%	2002	Cunha & Rajão, 2007.
Cambuci	2340	4	1,50%	2013	Banco de dados do LBPMR
Itaboraí	2160	3	2,78%	2011 a 2012	Banco de dados do LBPMR
Rio de Janeiro (Jacarepaguá)	11600	4	1,45%	2001 a 2014	Banco de dados do LBPMR
Macaé	600	1	2,50%	2013	Banco de dados do LBPMR
Mangaratiba	1520	7	3,68%	2008 a 2015	Banco de dados do LBPMR
Miracema	2340	4	1,37%	2013	Banco de dados do LBPMR
Niterói (Serra Da Tiririca)	789	1	2,28%	2014	Banco de dados do LBPMR
Nova Friburgo	9750	14	8,17%	1991 a 2012	Banco de dados do LBPMR
Paracambi	1810	4	4,59%	1998 a 1999	Banco de dados do LBPMR
Paraty	1120	6	4,11%	2007	Banco de dados do LBPMR
Barra do Pirai	11600	5	1,09%	2006 a 2010	Banco de dados do LBPMR
Raposo	1110	0	0,54%	2014	Banco de dados do LBPMR
São Sebastião do Alto	268	4	13,06%	2010	Banco de dados do LBPMR
Sapucaia	1000	5	3,30%	1999	Banco de dados do LBPMR
Teresópolis	15060	21	9,31%	1997 a 2012	Banco de dados do LBPMR
Três-Rios	644	1	0,16%	2007	Banco de dados do LBPMR
Valença	1150	7	5,22%	2010	Banco de dados do LBPMR

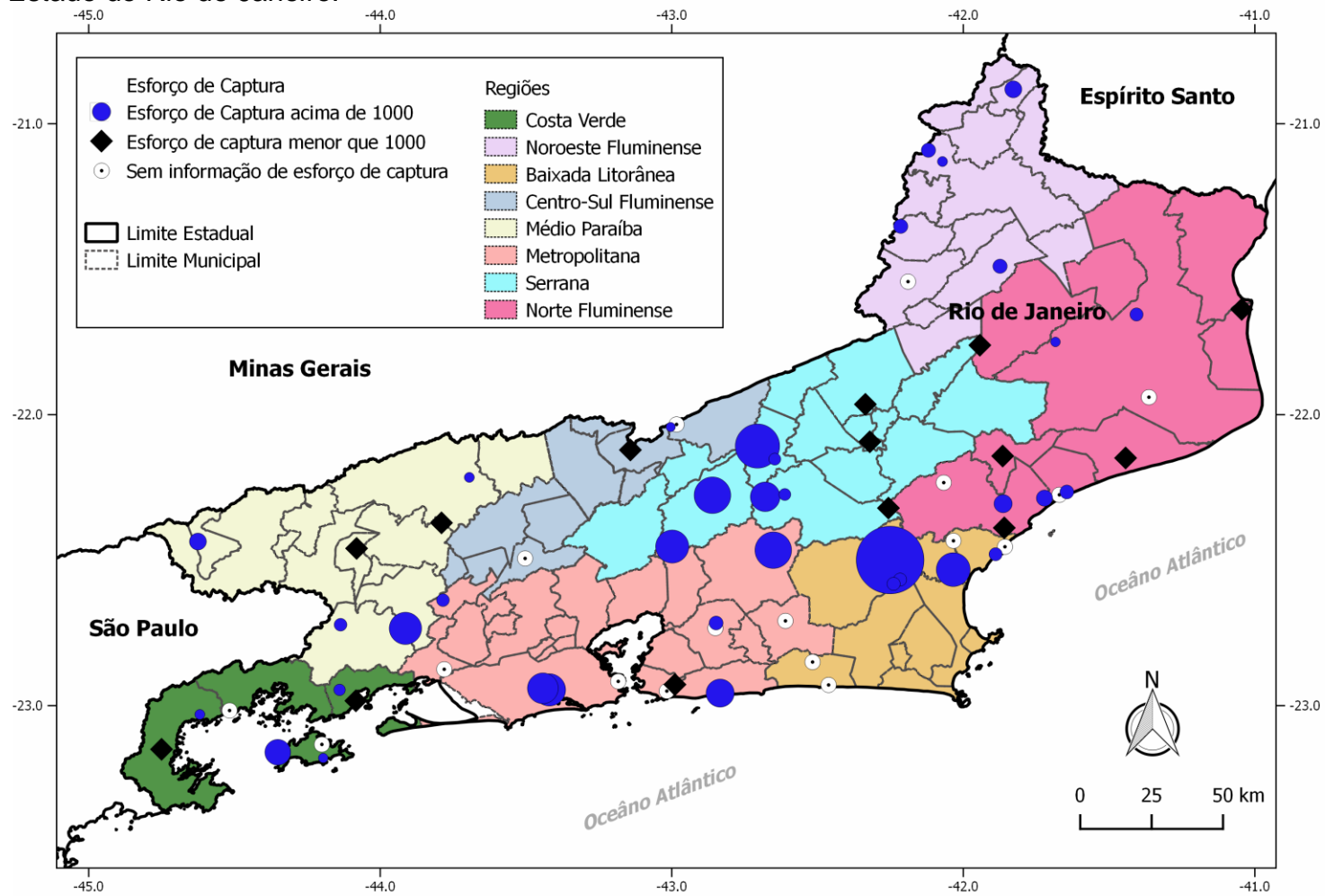
Varre-Sai	3210	6	2,62%	2012 a 2013	Banco de dados do LBPMR
Angra dos Reis*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Barra de Maricá	-	3	-	1997 a 2009	Pacheco <i>et al.</i> , 2013.
Barra de Maricá	8870	7	12,07%	1986 a 1990	Cerqueira <i>et al.</i> , 1993.
Cachoeira de Macacú	-	17	-	1999 a 2007	Vieira <i>et al.</i> , 2009.
Cambuci	2340	9	1,50%	2013 a 2014	Gonçalves <i>et al.</i> , 2016.
Cambuci	936	27	6,52%	2006	Albuquerque <i>et al.</i> , 2012.
Carapebus	2209	35	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Casimiro de abreu	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Casimiro de Abreu	12401	13	4,14%	2004 a 2005	Carlos, 2006.
Casimiro de Abreu	556	50	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Conceição de Macabu	50	4	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Casimiro de Abreu (Fazenda união) *	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Sumidouro (Garrafão)	-	3	-	1997 a 2009	Pacheco <i>et al.</i> , 2013.
Guapimirim	-	17	-	1999 a 2007	Vieira <i>et al.</i> , 2009.
Angra dos Reis (Ilha Grande)*	-	-	-	1983 a 1984	Fernandes <i>et al.</i> , 1999.
Angra dos Reis (Ilha Grande)	7474	4	1,20%	1996 a 1997	Bittencourt & rocha, 2002.
Angra dos Reis (Ilha Grande)	-	21	-	1983 a 1984	Fernandez <i>et al.</i> , 1988.
Angra dos Reis (Ilha Grande) *	-	-	-	1976 a 1977	Guitton <i>et al.</i> , 1986.
Itaboraí	-	17	-	1999 a 2007	Vieira <i>et al.</i> , 2009.
Itaguai*	-	-	-	-	Fernandes <i>et al.</i> , 1999.
Itaperuna	2340	8	1,40%	2013 a 2014	Gonçalves <i>et al.</i> , 2016.

Itatiaia	-	69	-	1995 a 2000	Geise <i>et al.</i> , 2004.
Itatiaia	3200	15	13,12%	2005	Silva <i>et al.</i> , 2007.
Itatiaia*	-	-	-	1905	Miranda-Ribeiro, 1905.
Macaé*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Macaé	2899	33	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Magé*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Mangaratiba	936	23	-	2005	Pessoa <i>et al.</i> , 2009.
Miguel Pereira	-	-	-	-	Fernandes <i>et al.</i> , 1999.
Miracema	2340	4	0,40%	2013 a 2014	Gonçalves <i>et al.</i> , 2016.
Nova Friburgo	1600	8	25,05%	1995 a 1997	Carvalho <i>et al.</i> , 2001.
Sumidouro (Pamparrão)	-	3	-	1997 a 2009	Pacheco <i>et al.</i> , 2013.
Paraty (PARNA Serra da Boicana)	1872	88	-	2011	Delciellos <i>et al.</i> , 2012.
Parque Estadual Desengano (Santa Maria Madalena, São Fidélis, Campos dos Goytacazes)	1026	56	-	2008	Modesto <i>et al.</i> , 2008.
Rio de Janeiro (Pedra Branca)	-	33	-	1999 a 2000	Vaz, 2005.
Reserva Biológica de Poço das Antas (Silva Jardim e Casimiro de Abreu)	17290	3	-	1988 a 1989; 1995 a 1999	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Carvalho <i>et al.</i> , 1999.
Quissamã	560	12	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Rio Bonito*	-	-	-	2007 a 2011	Muniz-Pereira <i>et al.</i> , 2016.
Rio Claro	1815	17	4%	2015	Oliveira <i>et al.</i> , 2017.
Rio de Janeiro	-	49	-	-	Freitas, 2006.
Rio Macacu	15000	17	4,82%	1999 a 2009	Delciellos <i>et al.</i> , 2016.
São João da Barra	177	8	-	2007 a 2010	Pessôa <i>et al.</i> , 2010.
Squarema*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Serra dos Órgãos	12375	28	-	1996 a 2005	Olifiers <i>et al.</i> , 2005.

Serra dos Órgãos	-	3	-	2004 a 2005	Simões <i>et al.</i> , 2011.
Silva Jardim*	-	-	-	-	Fernandes <i>et al.</i> , 1999.
Sumidouro	1600	6	4,56%	1995 a 1997	Carvalho <i>et al.</i> , 2001.
Magé*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Teresopolis*	-	-	-	-	Fernandes <i>et al.</i> , 1999.
Teresópolis	1600	8	7,93%	1995 a 1997	Carvalho <i>et al.</i> , 2001.
Teresópolis	-	8	-	2004 a 2005	Oliveira <i>et al.</i> , 2009.
Teresópolis	5170	3	3,87%	2004 a 2005	Cardoso <i>et al.</i> , 2016.
Teresópolis*	-	-	-	1935	Miranda-Ribeiro, 1935.
Teresópolis	2520	42	15,33%	1945	Davis, 1945.
Barra do Pirai	936	37	-	2008	Modesto <i>et al.</i> , 2008.
São Pedro da Aldeia*	-	-	-	1990 a 1991	Gomes <i>et al.</i> , 2003.
Varre-Sai	2340	9	3,60%	2013 a 2014	Gonçalves <i>et al.</i> , 2016.
Volta Redonda	320	46	-	2009	Pereira <i>et al.</i> , 2013.

*Estudos em municípios em que foi apenas informado o registro de captura de pequenos mamíferos, porém não informado o número de espécimes e a riqueza de espécies da comunidade de pequenos mamíferos, o esforço de captura, e o sucesso de captura.

Figura 10 - Esforço de captura (número de armadilhas-noite) empregado em expedições para captura de pequenos mamíferos não voadores no Estado do Rio de Janeiro.



5.3 Expedições de captura

O total de animais capturados nas quatro áreas amostradas foi de 456 espécimes, com uma riqueza de 7 espécies de pequenos mamíferos: Rodentia-Cricetidae, Sigmodontinae - *Necomys lasiurus* (226), *Akodon cursor* (50) e *Nectomys squamipes* (01); Muridae, Murinae - *Mus musculus* (158) e *Rattus* (05); Didelphimorphia, Didelphidae - *Marmosa paraguayana* (11) e *Gracilinanus microtarsus* (04), (Tabela 3). A abundância das espécies coletadas variou de acordo com a paisagem sendo as mais abundantes *M. musculus* e *A. cursor*. A espécie de hábitos sinantrópicos, *M. musculus*, também teve ocorrência em todas as quatro áreas, e seu maior índice de abundância foi em Campos dos Goytacazes. Nesta área, *A. cursor* não foi registrado. Mesmo não havendo registro de ocorrência de *A. cursor* em Campos dos Goytacazes (área de plantação de cana-de-açúcar), foi possível verificar a ocorrência desta espécie em todos os diferentes tipos de habitats estudados, visto que foi capturada em um transecto estabelecido em uma plantação de cana-de-açúcar na área de ARIE Itapebussus.

Estas áreas selecionadas para a comprovação de presença de *N. lasiurus*, bem como para estimativa de sua abundância relativa e diagnóstico de infecção por hantavírus, apresentaram dois padrões distintos quanto a abundância da espécie alvo. Nas áreas de coleta em Rio das Ostras (abundância relativa = 2.63%) e Campos dos Goytacazes (abundância relativa = 0.98%), apenas um espécime de *N. lasiurus* foi capturado. Entretanto, nas áreas da REBIO Poço das Antas (n=149, abundância relativa = 65,49%) e na APA-BRJS (n= 75, abundância relativa = 83.33%) foram observadas altas densidades de *N. lasiurus*, apresentando-se em ambas como a espécie dominante na comunidade de pequenos mamíferos.

Tabela 3 - Registro de espécies de pequenos mamíferos não voadores capturadas em diferentes paisagens de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro (AI, CG, RBPA, APA-BRJS), e seus habitats de ocorrência, nos períodos de setembro e dezembro de 2016 e abril e agosto de 2017. Legenda: (AI) Área de Interesse Ecológico de Itapebus, Rio das Ostras; (CG) Usina COAGRO, Campo dos Goytacazes; (RBPA) Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim; Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (APA-BRJS); HAB (habitat); (ms) mata semidecidual; (mp) matriz de pastagem; (faa) formações abertas arbustivas de restinga; (pc) plantação de cana, (pd) peri-domicílio.

TÁXONS	AI Set 16	CG Dez 16	RBPA Abril 17	APA- BRJS Ago 17	Total	HAB
Rodentia						
Sigmodontinea						
<i>Akodon cursor</i>	20	-	29	01	50	ms, faa, pc, mp
<i>Necomys lasiurus</i>	01	01	149	75	226	faa, pc, mp
<i>Nectomys squamipes</i>	-	01	-	01	01	pc
Murinae						
<i>Mus musculus</i>	05	96	47	10	158	faa, pc, mp
<i>Rattus rattus</i>	-	04	-	01	05	Pc, pd
Didelphimorphia						
Didelphidae						
<i>Gracilinanus microtarsus</i>	01	-	01	02	04	ms, mp
<i>Marmosa paraguayana</i>	11	-	-	-	11	Ms
TOTAL	38	102	226	90	456	

5.4. Associação das espécies de pequenos mamíferos com o habitat

Foram observadas associações das diferentes espécies de pequenos mamíferos com as variáveis de habitat estudadas.

Para *M. musculus* foram observados sete modelos com maior suporte em Campos dos Goytacazes e maior representatividade de CHL (negativa) e Heterogeneidade (negativa). Em Poço das Antas, este roedor apresentou quatro modelos com suporte, sendo a Heterogeneidade (negativa) e OFV (positiva) variáveis com maior representatividade. Ainda em Poço das Antas, *N. lasiurus* apresentou seis modelos com suporte, sendo a Heterogeneidade (negativas) mais representativa. Já em Casimiro de Abreu na APA-BRJS, *N. lasiurus* apresentou três modelos de suporte, sendo FOL (negativo) a variável mais representativa. *A. cursor* apresentou seis modelos em Poço das Antas, sendo Heterogeneidade (positivas), e três modelos em ARIE Itapebussus, sendo Heterogeneidade (positivas) e CHL (negativas), as mais significativas (Tabela 4).

N. lasiurus, a espécie alvo deste trabalho, teve ocorrência nas quatro áreas estudadas, porém, apresentou um padrão de distribuição relacionado à ambientes mais homogêneos, com vegetação específica como gramíneas.

Tabela 04 - Modelos de associação entre a abundância das espécies e as variáveis de habitat, baseados no Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc). Δ AICc representa a diferença entre o AIC do valor de um modelo em relação ao modelo anterior (de menor valor de AIC); Wt representa o peso de cada modelo e K representa o número de graus de liberdade.

Campos dos Goytacazes / <i>M. musculus</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(-) CHL + (-) FOL + (-) Htrgn + (+) OFV	215.7	0.00	0.206	4
(-) CHL + (+) OFV	216.1	0.39	0.169	2
(-) CHL + (+) OFV	216.4	0.70	0.145	3
(-) CHL + (-) FOL + (+) OFV	217.2	1.44	0.100	3
(-) CHL + (-) FOL + (-) Htrgn + (+) OFV	217.3	1.54	0.095	5
(-) CHL + (-) Htrgn + (+) OFV	217.3	1.55	0.096	3
(-) CHL + (-) Htrgn + (+) OFV	217.7	1.95	0.078	4

Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João / <i>N. lasiurus</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(-) FOL + (-) Htrgn	209.0	0.00	0.267	3
(-) FOL + (-) Htrgn + (+) OFV	210.1	1.07	0.157	4
(-) FOL	210.7	1.67	0.116	2

Área de Interesse Ecológico de Itapebussus / <i>Akodon cursor</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(+) Htrgn	97.5	0.00	0.327	2
(-) CHL + (+) Htrgn	99.4	1.92	0.126	3
(-) FOL + (+) Htrgn	99.4	1.92	0.125	3

Reserva Biológica de Poço das Antas / <i>N. lasiurus</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(-) Htrgn	274.0	0.00	0.194	2
(-) Htrgn	274.0	0.00	0.194	2
(+) CHL + (-) Htrgn	274.6	0.55	0.147	3
(+) CHL + (-) Htrgn	274.6	0.55	0.147	3
(-) Htrgn + (+) OFV	275.9	1.87	0.076	3
(-) Htrgn + (+) OFV	275.9	1.87	0.076	3

Reserva Biológica de Poço das Antas / <i>Akodon cursor</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(+) Htrgn	138.4	0.00	0.224	2
(+) Htrgn	138.4	0.00	0.224	2
(+) Htrgn + (-) OFV	139.6	1.22	0.122	3
(+) Htrgn + (-) OFV	139.6	1.22	0.122	3
(-) CHL + (+) Htrgn	139.8	1.45	0.109	3
(-) CHL + (+) Htrgn	139.8	1.45	0.109	3

Reserva Biológica de Poço das Antas / <i>M. musculus</i>				
Modelo	AICc	ΔAICc	AICcWt	K
(-) Htrgn + (+) OFV	186.5	0.00	0.298	3
(-) Htrgn + (+) OFV	186.5	0.00	0.298	3
(-) CHL + (-) Htrgn + (+) OFV	188.3	1.80	0.121	4
(-) CHL + (-) Htrgn + (+) OFV	188.3	1.80	0.121	4

A análise de co-ocorrência das espécies, a partir dos pontos de captura na REBIO Poço das Antas e APA-BRJS, indicou segregação espacial (correlação negativa) entre estas 3 espécies: *A. cursor* x *N. lasiurus* ($rs=-0,6507$; $p<0,0001$; $n=117$) ($rs=-0,28765$; $p<0,0001$; $n=76$), *A. cursor* x *M. musculus* ($rs=-0,8569$; $p<0,0001$; $n=62$) ($rs=-0,65465$; $p<0,0001$; $n=11$) e *N. lasiurus* x *M. musculus* ($rs=-0,5135$; $p<0,0001$; $n=121$) ($rs=-0,4712$; $p<0,0001$; $n=85$) (Tabela 05).

Tabela 5 - Análise de co-ocorrência entre *N. lasiurus*, *A. cursor* e *M. musculus* na REBIO de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ e APA-BRJS, Casimiro de Abreu, RJ.

REBIO POÇO DAS ANTAS			
	<i>N. lasiurus</i> x <i>A. cursor</i>	<i>N. lasiurus</i> x <i>M. musculus</i>	<i>A. cursor</i> x <i>M. musculus</i>
Coeficiente de Spearman			
(rs)=	-0.6507	-0.5135	-0.8569
(p)=	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Número de pares =	117	121	62
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João			
	<i>N. lasiurus</i> x <i>A. cursor</i>	<i>N. lasiurus</i> x <i>M. musculus</i>	<i>A. cursor</i> x <i>M. musculus</i>
Coeficiente de Spearman			
(rs)=	-0,28765	-0.4712	-0.65465
(p)=	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Número de pares =	76	85	11

5.5. Modelo de distribuição de espécies

O modelo de distribuição de espécie (SDM) apresentou uma boa performance, com altos valores de AUC tanto para o “treino” (AUC = 0.955; SD = 0.007) quanto para os dados de “teste” (AUC = 0.883; SD = 0.089), o que indica que a distribuição modelada nas análises teve uma melhor performance que os dados de distribuição randômica. Altos valores de AUC denotam uma previsão ou ajuste confiável dos pontos de teste no modelo de distribuição espacial (Lobo *et al.*, 2008). A adequabilidade média dos locais para a presença de *N. lasiurus* foi de 0,11, o que indica uma baixa taxa de comissão já que este valor ficou abaixo do valor do MTP (0,18). As variáveis ambientais (EV) que melhor explicaram a ocorrência de *N. lasiurus* foram Agricultura/Pasto (AGPAS), seguidos de Altitude (ALT), e distância média para corpos hídricos (WATER) (Figura 11). A contribuição dessas variáveis diminui quando a água (WATER) é omitida, indicando que essa variável contém a maior parte das informações do que as outras (Figura 12).

As curvas de resposta (Figura 13) para as EVs do modelo, indica que *N. lasiurus* é fortemente associado com paisagens dominadas por atividades agrícolas, em regiões com baixa altitude e próximos a corpos d’água (Figura 13). Apesar da espécie não estar presente em a áreas com floresta contínua, a presença de pequenos remanescentes florestais aparentemente favorece sua ocorrência.

Figura 11 - Resultado do teste de Jackknife sobre a importância de cada variável ambiental no modelo MaxEnt de forma individual: Agricultura e/ou Pasto (AGPAS), Água (WAT), Floresta (FOR), Manguezal (MAN), Pasto (PAS), Dunas (DUN), Restinga (RES), zona urbana (URB), Altitude (ALT). As barras vermelhas representam o resultado de todas as variáveis ambientais; as barras em azul escuro representam o resultado individual da predição de cada variável, e a azul clara representa a perda no ganho do treino quando a variável é removida do modelo final.

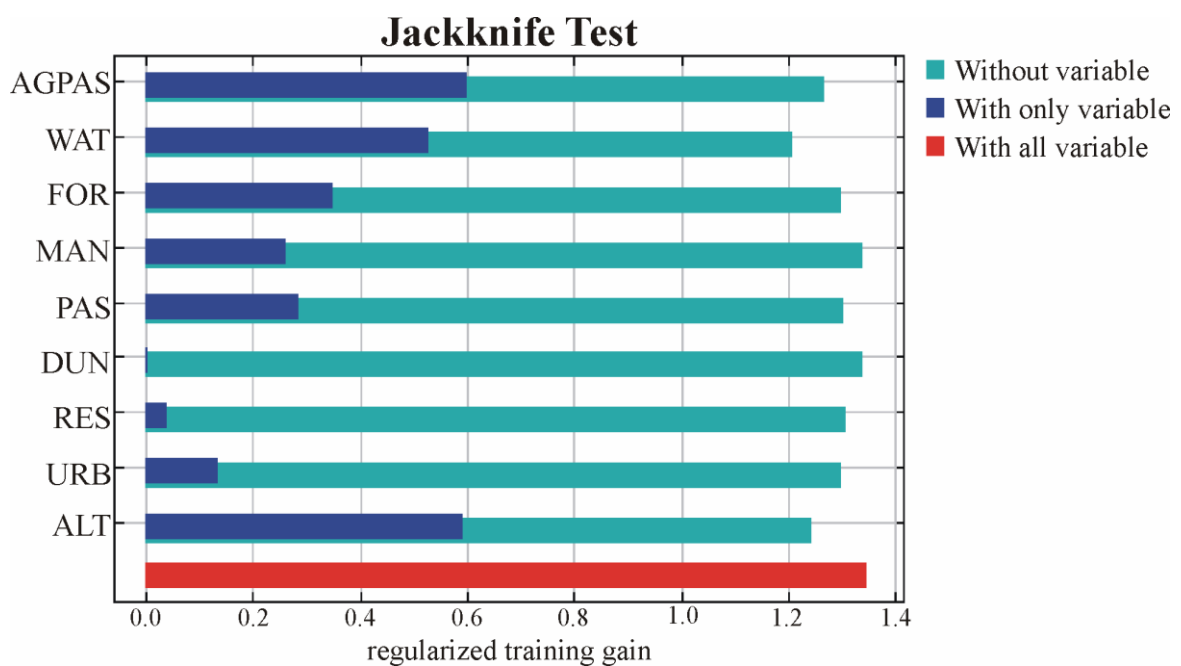
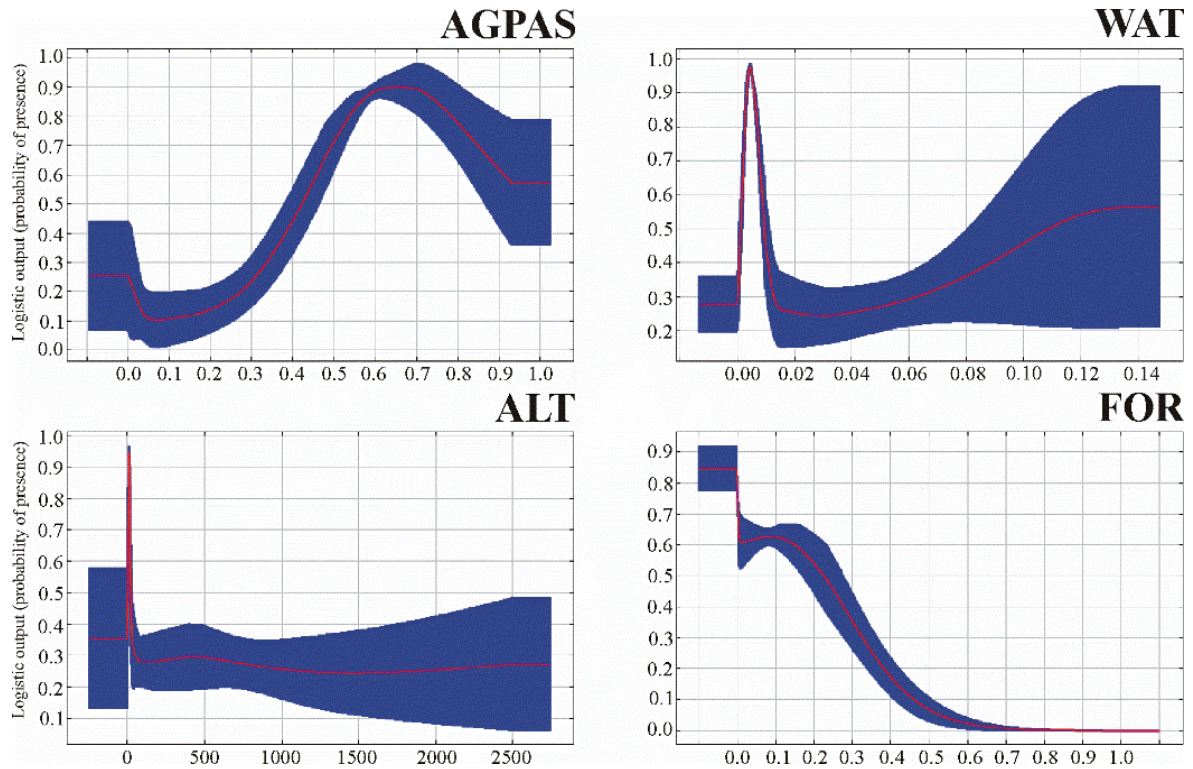
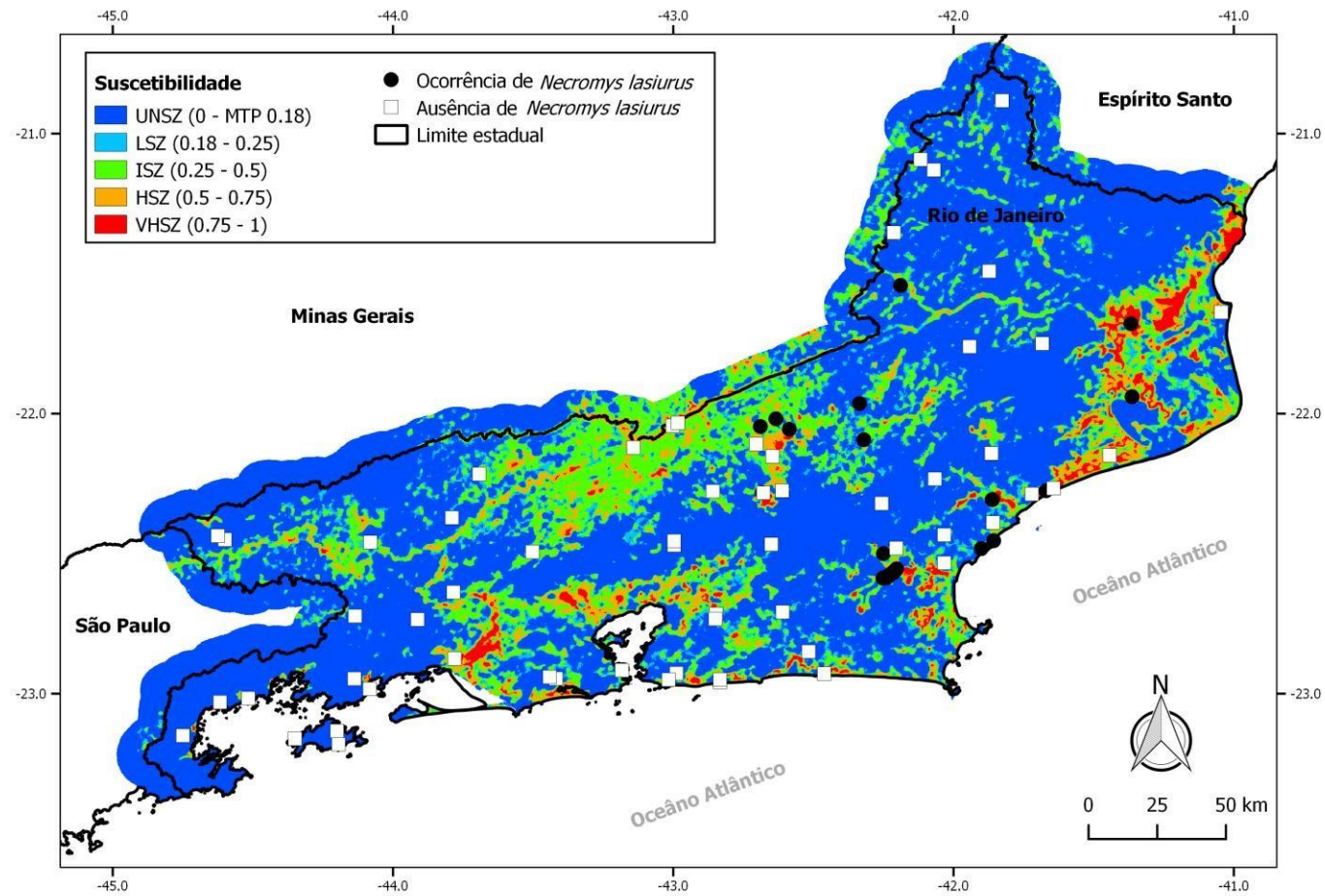


Figura 12 - Curvas de resposta das variáveis ambientais. Agricultura e/ou Pasto (AGPAS), Água (WAT), Altitude (ALT), Floresta (FOR). Essas curvas mostram como cada variável ambiental afeta a predição do MaxEnt quando todas as variáveis são usadas para construir o modelo.



O modelo indica que as áreas mais adequáveis para a ocorrência de *N. lasiurus* no estado do Rio de Janeiro, estão localizados nas zonas agrícolas e de baixa altitude das regiões Serrana, entre a divisa com o Estado de Minas Gerais, Floresta Ombrófila Densa, regiões costeiras, áreas agrícolas próximas a áreas urbanas, baixadas litorâneas e o litoral Norte. A distribuição potencial binária (Adequado/Não adequado) da espécie baseada no critério de corte MTP (MTP=0.17) é demonstrado na figura 14.

Figura 13 - Modelo de distribuição de espécies para *Necromys lasiurus*. Zonas não adequadas (UNSZ); Zonas com baixa adequabilidade (LSZ); Zonas com adequabilidade intermediárias (ISZ), Zonas com alta adequabilidade (HSZ); Zonas com muita adequabilidade (VHSZ).



5.6. Diagnóstico de infecção

Um total de 368 amostras de soro foram coletadas dos pequenos mamíferos capturados nas quatro áreas investigadas, das quais 204 amostras eram de *N. lasiurus*. Porém, nenhuma dessas amostras foram reativas para infecção por hantavírus (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultado das amostras de soro coletadas dos pequenos mamíferos capturados nas quatro áreas investigadas.

Reserva Biológica de Poço das Antas	
Espécie	Espécimes analisados/ Espécimes capturados
<i>Akodon cursor</i>	25/30
<i>Mus musculus</i>	32/47
<i>Necomys lasiurus</i>	135/148

Área de Proteção Ambiental do Rio São João	
Espécie	Espécimes analisados/ Espécimes capturados
<i>Akodon cursor</i>	1/1
<i>Mus musculus</i>	8/10
<i>Necomys lasiurus</i>	67/75
<i>Rattus rattus</i>	1/1

Área de Interesse Ecológico Itapebussus	
Espécie	Espécimes analisados/ Espécimes capturados
<i>Akodon cursor</i>	20/16
<i>Mus musculus</i>	2/5
<i>Necomys lasiurus</i>	1/1

Campos dos Goytacazes	
Espécie	Espécimes analisados/ Espécimes capturados
<i>Mus musculus</i>	75/96
<i>Necomys lasiurus</i>	1/1
<i>Rattus rattus</i>	3/4

6.DISSCUSSÃO

N. lasiurus é um roedor generalista que habita exclusivamente áreas abertas, principalmente no bioma Cerrado e algumas regiões dos biomas Caatinga e Pantanal (Bonvicino *et al.*, 2008, 2015; Reis *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2013; Patton *et al.*, 2015). Particularmente no Cerrado, este roedor se apresenta em altas densidades sendo geralmente dominante na comunidade de roedores em que está inserido (Becker *et al.*, 2007; Moreira *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2011; Santos-Filho *et al.*, 2011). Em contrapartida, os resultados obtidos pelo presente estudo indicam que a distribuição de *N. lasiurus* no Estado do Rio de Janeiro está restrita a região Serrana, Norte Fluminense e das Baixadas Litorâneas, sendo observado em alta abundância somente nas áreas da REBIO Poço das Antas (65,49%) e na APA-BRJS (83,33). Apesar dos grandes esforços de captura empreendidos em algumas regiões do estado, como, Costa Verde, Médio Paraíba, Centro Sul e Metropolitana, a presença de *N. lasiurus* não foi registrada nestas regiões. Na região Noroeste, apesar do também alto esforço de captura empregado, registrou-se a ocorrência de *N. lasiurus* somente no município de Santo Antônio de Pádua. (Noroeste do estado).

Todas as localidades onde *N. lasiurus* foi registrado no estado do Rio de Janeiro caracterizam-se como áreas predominantemente de matrizes agrícolas (fazendas e pastos) rodeadas por remanescentes florestais. A substituição das áreas originais de cobertura florestal por áreas abertas, além de atividades agrícolas, favorece a distribuição do *N. lasiurus* por fornecer habitats propícios a esta espécie. Esse processo também favorece outras espécies de roedores generalistas como, *A. cursor* e *O. nigripes*, levando ao aumento da abundância dessas espécies em áreas de matrizes agrícolas da Serra dos Órgão e arredores, como visto em Olifiers e colaboradores (2005).

A ocorrência de *N. lasiurus* nos habitats de restinga, inicialmente reportada por Lemos e colaboradores (2015), foi confirmada neste estudo com a captura de um espécime na ARIE Itapebussus. Essa ocorrência também foi sustentada pelo SDM, que indica a restinga como um habitat adequado para a ocorrência da espécie alvo. Lemos e colaboradores (2015) observaram 139 crânios de *N. lasiurus* em pelotas de coruja-de-igreja, *Tyto furcata* (Strigiforme: Tytonidae), coletadas na restinga de Jurubatiba (área próxima a ARIE Itapebussus). Esses achados sugerem que *N. lasiurus* está bem estabelecido no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, apesar das baixas capturas observadas pelo presente estudo. A presença de corujas nessas áreas pode ser um fator importante no controle das populações destes roedores reservatórios de hantavírus (Eilam *et al.*, 1999; Magrini & Facure, 2008; Muñoz-Pedreros *et al.*, 2010), como demonstrado em Uberlândia (Magrini & Facure, 2008), onde a coruja-de-igreja foi considerada um predador importante para o controle *N. lasiurus*.

A substituição de áreas originais de floresta por áreas abertas agrícolas ou de pasto podem estar favorecendo a dispersão de *N. lasiurus*. Entretanto, Lemos e colaboradores (2015), sugerem a hipótese de que a ocorrência de *N. lasiurus* nas restingas do estado pode ser relictual de populações destes roedores presentes desde o último período glacial no Pleistoceno, onde as restingas eram contínuas com as áreas de Cerrado, populações estas que persistiram mesmo depois da separação dessas áreas. Caso seja este o caso, a expansão de áreas abertas de Mata Atlântica, estaria contribuindo para conectar e expandir as populações já existentes no estado.

O espécime coletado, no presente estudo, no município de Campos dos Goytacazes, também confirma a presença de *N. lasiurus* em áreas com plantação de cana-de-açúcar no estado, sendo esta área também apontada como adequada

para a ocorrência desta espécie, pelas análises do SDM. Diferente do que tem sido observado em áreas de plantio de cana-de-açúcar no Cerrado e Mata Atlântica no estado de São Paulo (Sousa *et al.*, 2008; Gheler-Costa *et al.*, 2012; Verdade *et al.*, 2012; Prist *et al.*, 2017), *N. lasiurus* aparentemente é menos abundante nessas áreas no estado do Rio de Janeiro.

Nas Unidades de Conservação de Casimiro de Abreu e Silva Jardim (REBIO-Poço das Antas e APA-BRSJ), *N. lasiurus* foi capturado em áreas de pasto e gramínea nas matrizes abertas entre fragmentos florestais. A REBIO-Poço das Antas é a única região onde constantemente vem sendo registrado a dominância de *N. lasiurus* nas comunidades de pequenos mamíferos estudadas, sendo capturado repetidamente em altas taxas (Feliciano *et al.*, 2002; Pires *et al.*, 2002; 2010). A alta densidade de gramíneas e as áreas em estágio inicial de regeneração, adjacentes a fragmentos florestais, aparentemente favorecem o estabelecimento e expansão das populações de *N. lasiurus*.

Quanto aos resultados sobre a preferência de habitat nas comunidades de pequenos mamíferos, em Campos dos Goytacazes, o modelo de preferência de habitat para *M. musculus* sugere associação com menor vegetação rasteira e maior homogeneidade. Na REBio Poço das Antas a abundância deste roedor esteve associada à ambientes mais homogêneos, sendo este o mesmo resultado observado para *N. lasiurus* nesta área. No entanto, *M. musculus* ocorreu em ambientes com maior densidade do sub-bosque enquanto *N. lasiurus* foi influenciado por ambientes com menor densidade desta variável. *A. cursor* apresentou associação com ambientes menos úmidos e menor vegetação rasteira na ARIE Itapebussus, e com ambientes mais heterogêneos e com maior vegetação rasteira na REBio Poço das Antas. A seleção de modelos indicou distintas associações das

espécies entre as áreas, demonstrando influência da paisagem, presente em cada matriz, na abundância e na ocupação do habitat dos roedores estudados.

Corroborando estes resultados, a análise de co-ocorrência indicou segregação espacial entre as três espécies de roedores (*N. lasiurus*, *A. cursor* e *M. musculus*) na REBIO Poço das Antas, apresentando um padrão de separação de habitat, no qual as espécies apresentaram redução na escala de uso do espaço, evitando maiores taxas de encontro. É válido ressaltar que estas análises não indicam a exclusão de uma espécie pela outra e sim a menor abundância de uma dada espécie em pontos de maior abundância de outra, indicando um padrão predominante de separação de habitat entre estas espécies, porém podendo haver sobreposição em certos momentos.

Ao se comparar as comunidades de pequenos mamíferos percebe-se que algumas espécies podem ser abundantes em determinados habitats e menos frequentes, ou até ausentes, em outros. Como por exemplo, *A. cursor* que não foi registrado em Campos dos Goytacazes, mas teve abundância relativamente alta em ARIE Itapebussus e Poço das Antas. *N. lasiurus* teve apenas uma ocorrência em cada uma das duas primeiras áreas coletadas e alta abundância na última área. Estes resultados estão corroborando com outros estudos (Crouzeilles *et al.*, 2010; Junior & Leite, 2007; Paglia *et al.*, 1995) que sugerem que cada espécie irá responder de forma diferente aos distintos elementos de uma mesma paisagem, no qual tais elementos irão exercer influência sobre cada espécie.

Apesar da baixa abundância na maioria das áreas, não somente neste estudo, mas também como em outros em domínios da Mata Atlântica do Rio de Janeiro, *N. lasiurus* foi encontrado em toda a diversidade de habitats de áreas abertas estudadas (Restinga, Canavial e Capinzal próximo à fragmentos florestais).

Entretanto, as áreas de capinzal parecem ser um habitat aonde suas populações estão melhor adaptadas.

Nos estudos de micro-habitat, *N. lasiurus* não teve uma associação direta com os corpos d'água, contrapondo o que foi encontrado pelo SDM. Isto pode estar relacionado às escalas utilizadas em cada método, onde o Micro-habitat realiza um buffer de 1,5 m em torno da armadilha e o SDM de 90m. Além disto, esta relação pode ser fraca, sendo assim, a sua dependência a corpos hídricos é baixa, não necessitando estar próximo de tais locais.

A abundância de *N. lasiurus* em áreas de plantação de cana-de-açúcar pode estar sendo baixa devido à interações com as outras espécies da comunidade de pequenos mamíferos presentes naquela região, limitando o crescimento das populações deste roedor. Outro aspecto importante a ser considerado, é que em São Paulo os canaviais estão inseridos no Cerrado, bioma de distribuição em alta abundância desta espécie.

A ausência de sororeatividade para a infecção por hantavírus em 100% dos espécimes de *N. lasiurus* (n=204) sugere que o genótipo viral Araraquara não está presente nas populações desta espécie no estado do Rio de Janeiro. Além disto, considerando que o risco de transmissão da SPH é relacionado não somente à prevalência viral, mas também a densidade populacional de seus reservatórios (Yates *et al.*, 2002; Limongi *et al.*, 2013; Figueiredo *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2004; Katz *et al.*, 2001), haveria risco potencial de transmissão de hantavírus somente na REBIO Poço das Antas, a única localidade onde *N. lasiurus* foi encontrado abundante. O risco de transmissão é ainda menor nas outras regiões onde a ocorrência de *N. lasiurus* no estado do Rio de Janeiro foi confirmada, devido a sua baixa abundância. Porém, é necessário considerar que a prevalência deste genótipo, até o momento somente reconhecido associado com *N. lasiurus* no

Cerrado, é tipicamente baixa, com uma prevalência de 4% (Figueiredo *et al.*, 2010; Limongi *et al.*, 2013; 2016).

Outro aspecto importante a ser considerado é a possibilidade de transferência de um genótipo viral para um hospedeiro alternativo (*species jumping*), num processo conhecido como “spillover”. Neste caso, poderia ocorrer a infecção de *N. lasiurus* pelo genótipo viral Juquitiba, típico da Mata Atlântica e cujo reservatório é o roedor *O. nigripes*. O genótipo viral Juquitiba vem sendo detectado em populações de *O. nigripes* no estado do Rio de Janeiro (Oliveira *et al.*, 2009; Strecht, 2014; Teixeira *et al.*, 2014), mas somente há pouco tempo foi associado à um caso de hantavirose (único caso registrado de SPH no estado do Rio de Janeiro, Oliveira *et al.*, 2017). Algumas evidências também demonstraram a possibilidade deste genótipo ocorrer nas populações de *A. cursor* no estado do Rio de Janeiro (Oliveira *et al.*, 2017). Em nossas expedições, não foi observado a simpatria de *O. nigripes* e *N. lasiurus*, e na literatura isto foi também raramente reportado para o estado do Rio de Janeiro, o que minimiza a possibilidade de *spillover* desta variante viral, típica da Mata Atlântica, para populações da espécie alvo deste estudo. Em particular, essa simpatria é dificultada devido ao roedor *O. nigripes* ser associado a áreas florestais densas, ou suas bordas, e raramente ser encontrado em matriz aberta, limitando a interação potencial com *N. lasiurus*, que está por sua vez, exclusivamente associado as áreas abertas (Pires *et al.*, 2002; Püttker *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2010).

A ocorrência do roedor *N. lasiurus* e sua atual distribuição no estado do Rio de Janeiro, pode estar subestimada devido à disposição das armadilhas para captura de pequenos mamíferos não voadores geralmente realizadas nos estudos levantados. Na grande maioria dos estudos realizados no estado, o delineamento amostral privilegia a amostragem no interior dos fragmentos florestais, e pouca

atenção é dada as matrizes ou bordas florestais. Este fato reforça a necessidade de capturas adicionais, mais voltadas a cobrir todos os diferentes tipos de habitats.

Por fim, análises filogeográficas e moleculares para investigar as relações das populações de *N. lasiurus* presentes no estado do Rio de Janeiro com populações desta espécie no Cerrado, podem elucidar questões sobre os processos de ocupação desta espécie nas áreas abertas da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. Além disto, novas coletas devem ser realizadas em áreas de matriz aberta no estado, assim como em áreas de lacunas de amostragem ou com baixo esforço de captura, identificadas por este estudo, a fim de se ter uma melhor compreensão, tanto da ocupação da espécie alvo no estado, quanto da composição faunística presente nestas áreas de matriz aberta.

8. CONCLUSÕES

- Áreas de matriz aberta da Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro favorecem a ocorrência do roedor sigmodontino *N. lasiurus*, em baixa abundância;
- Micro-habitats mais homogêneos com presença de gramíneas favorecem a ocorrência de *N. lasiurus* na Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro;
- As áreas de plantio de cana-de-açúcar no estado do Rio de Janeiro não favorecem o aumento da abundância de *N. lasiurus*. Essa baixa abundância pode também estar associada à comunidade de roedores presentes naquela região;
- As áreas potenciais para a ocorrência de *N. lasiurus* na Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro estão relacionadas à associação com as áreas abertas e demonstram uma exigência na escolha do habitat semelhante ao que é visto nas suas áreas de distribuição no Cerrado;
- Até o momento, é pouco provável a possibilidade de um recrudescimento na transmissão de hantavírus no estado relacionado à participação do roedor *N. lasiurus* como reservatório do hantavírus genótipo viral Araraquara ou de outros genótipos virais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade MS, Courtenay O, Brito MEF, Carvalho FG, Carvalho AWS, Soares F, Carvalho SM, Costa PL, Zampieri R, Floeter-Winter LM, Shaw JJ, Brandão-Filho SP. Infectiousness of Sylvatic and Synanthropic Small Rodents Implicates a Multi-host Reservoir of *Leishmania (Viannia) braziliensis*. *PLOS Neglected Tropical Diseases*; 2015.

Albuquerque HG, Martins PF, Pessôa FS, Modesto TC, Luz JL, Raíces DSL, Ardente NC, Lessa ICM, Attias N, Jordão-Nogueira T, Enrici MC, Bergallo H de G. Mammals of a forest fragment in Cambuci municipality, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Check List*, 9(6): 1505–1509; 2013.

Almada DDS. Pequenos Mamíferos Da Área De Relevante Interesse Ecológico De Itapebussus, Rio Das Ostras, RJ. Dissertação de Mestrado. NUPEM-Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2015.

August PV. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64(6), 1495-1507; 1983.

Becker RG, Paise G, Baumgarter LC, Vieira EM. Estrutura de comunidades de pequenos mamíferos e densidade de *Necromys lasiurus* (Rodentia, Sigmodontinae) em áreas abertas de Cerrado no Brasil Central. *Mastozoología Neotropical*, 14(2):157-168, Mendoza; 2007.

Bittencourt EB, Rocha CFD. Spatial use of rodents (Rodentia: Mammalia) host body surface by ectoparasites. *Brazilian Journal of Biology*62(3): 419-425; 2002.

Bonecker ST, Portugal LG, Costa-Neto SF, Gentile R. A long term study of small mammal populations in a Brazilian agricultural landscape. *Mammalian Biology*, 74 467–477; 2009.

Bonvicino CR, Oliveira JA de, D'Andrea PS. Gênero *Necromys*. In Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Publisher: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS, Rio de Janeiro/RJ, Brazil, Volume 4, pp. 44-120, ISBN 0101-6970; 2008.

Bonvicino CR. Diversidade cariotípica em roedores Akodontini do Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia 62: 7–11; 2011.

Bonvicino CR, Oliveira JA, Cordeiro-Estrela P, D'andrea PS, Almeida AMP. A Taxonomic Update of Small Mammal Plague Reservoirs in South America. Vector Borne Zoonotic Disease, v. 15, p. 571-579; 2015.

Bovendorp RS, Villar N, Abreu-Junior EF de, Bello C, Regolin AL, Percequillo AR, Galetti M. Atlantic Small-Mammal: A Dataset of Communities of Rodents and Marsupials of The Atlantic Forests of South America. Ecology, 98(8); 2017.

Brocaneli PF. Matrizes Naturais e Matrizes Urbanas: limites e bordas na paisagem da cidade de São Paulo. 4º Fórum de pesquisa FAU Mackenzie; 2008.

Briese T, Alkhovsky S, Beer M, Calisher CH, Charrel R, Ebihara H, Jain R, Kuhn JH, Lambert A, Maes, PM, Nunes M, Plyusnin A, Schmaljohn C, Tesh RB, Yeh S-D, Elbeaino T, Didiaro M, Martelli GP, Muehlbach H-P, Mielke-Ehret N, Sasaya T, Choi IR, Haenni A-L, Jonson G, Shirako Y, Wei T, Zhou X. Create a new order, Bunyavirales, to accommodate nine families (eight new, one renamed) comprising thirteen genera. The ICTV Bunyaviridae Study Group: 2018.

Cardoso RM, Araújo NSL de, Romero GAS, Souza TTCM, Dietrich AG, Mendes JD, Reis ML, Ferreira JBC, Hecht MM, Gurgel-Gonçalves R. Expanding the knowledge about *Leishmania* species in wild mammals and dogs in the Brazilian savannah. Parasites & Vectors, 8:171; 2015.

Cardoso TS, Simões RO, Luque JL, Maldonado A, Gentile R. The influence of habitat fragmentation on helminth communities in rodent populations from a Brazilian Mountain Atlantic Forest. *Journal of Helminthology*, 90(4):460-8; 2016.

Carlos HSA. Uso De Corredores Florestais E Matriz De Pasto Por Pequenos Mamíferos Em Mata Atlântica. Master of Science Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil; 2006.

Carvalho FMV de, Pinheiro PS, Fernandez FA dos S, Nessimian JL. Diet of small mammals in Atlantic Forest fragments in southeastern Brazil. *Revista brasileira de Zootecias*, V. 1 Nº 1, p. 91-101; 1999.

Carvalho RW de, Serra-Freire NM, Linardi PM, Almeida AB de, Costa JN da. Small Rodents Fleas from the Bubonic Plague Focus Located in the Serra dos Órgãos Mountain Range, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 96(5): 603-609, 2001.

Castro EVB, Fernandez FAS. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 119: p: 73–80; 2004.

Cerqueira R, Gentile R, Fernandez FAZ, D'andrea PS. A five-year population study of an assemblage of small mammals in Southeastern Brazil. *Mammalian*, t. 57, nº 4; 1993.

Cerqueira R & Freitas S R. A new study method of microhabitat structure of small mammals. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2), 219-223; 1999.

Coelho MG, Ramos V do N, Limongi JE, de Lemos ER, Guterres A, da Costa Neto SF, Rozental T, Bonvicino CR, D'Andrea PS, Moraes-Filho J, Labruna MB, Szabó MP. Serologic evidence of the exposure of small mammals to spotted-fever *Rickettsia* and *Rickettsia bellii* in Minas Gerais, Brazil. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 10(3):275-282; 2016.

Costa AN, Alves M da G. Monitoramento da expansão urbana do município de Campos dos Goytacazes – RJ, utilizando Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia, 2004. Anais... p. 3731-3738. INPE: Goiânia; 2005.

Crouzeilles R., Lorini M L, & Grelle CEV. Deslocamento na matriz para espécies da mata Atlântica e a dificuldade da construção de perfis ecológicos. *Oecologia Australis*, 14(4), 872-900; 2010.

Cunha AA, Rajão H. Mamíferos terrestres e aves da Terra Indígena Sapukai (Aldeia Guarani do Bracui), Angra dos Reis, RJ, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, (N. Sér.) 21:19-34; 2007.

Davis DE. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds, and mammals in two brazilian forests. *Ecological Monographs*, 15: 244–295; 1945.

D'Andrea PS, Gentile R, Cerqueira R, Grelle CEV, Horta C, Rey L. Ecology of small mammals in a Brazilian rural area. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(3): 611 – 620; 1999.

D'andrea PS, Gentile R, Maroja LS, Fernandes FA, Coura R, Cerqueira R. Small mammal population of an agroecosystem in the Atlantic forest domain, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67(3): 631-637; 2007.

Delciellos AC, Novaes RLM, Loguercio MF de C, Geise L, Santori RS, Souza R de F, Papi BS, Raíces D, Vieira NR, Felix S, Detogne N, Silva CCS da Bergallo H de G, Rocha-Barbosa O. List Mammals of Serra da Bocaina National Park, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List*, 8 (4): 675-692; 2012.

Delciellos AC, Vieira MV, Grelle CEV, Cobra P, Cerqueira R. Habitat quality versus spatial variables as determinants of small mammal assemblages in Atlantic Forest fragments. *Journal of Mammalogy*, 97(1):253–265, 2016.

Eilam D, Dayan T, Ben-Eliyahu S, Schulman I, Shefer G, Hendrie CA. Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Animal Behaviour.*, 58, 1085–1093; 1999.

Estavillo C, Pardini R, Rocha PLB da. Forest Loss and the Biodiversity Threshold: An Evaluation Considering Species Habitat Requirements and the Use of Matrix Habitats. *PLOS ONE*, Volume 8, Issue 12; 2013.

Feliciano BR, Fernandez FD de F, Figueiredo MSL. Population dynamics of small rodents in a grassland between fragments of Atlantic Forest on southeastern Brazil. *Mamm. biol.*, 67: p. 304-314; 2002.

Fernandez FAS, Cerqueira R, Tribe CJ. On the mammals collected on coastal islands of Rio de Janeiro state, Brazil. *Mammalian*, t. 52, nº 2; 1988.

Fernandes O, Mangia RH, Lisboa CV, Pinho AP, Morel CM, Zingales B, Campbell DA, Jansen AM. The complexity of the sylvatic cycle of *Trypanosoma cruzi* in Rio de Janeiro state (Brazil) revealed by the non-transcribed spacer of the mini-exon gene. *Parasitology*, (Pt 2):161-6; 1999.

Figueiredo LT, Campos GM & Rodrigues FB. Hantavirus pulmonary and cardiovascular syndrome: epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis and treatment. *Revta Soc. Bras. Med. Trop.* 34(1):13-23; 2001.

Figueiredo LTM, Moreli ML, Souza LM, Borges AA, Figueiredo GG, Machado AM, Bisordi I, Nagasse-Sugahara TK, Suzuki A & other authors. Hantavirus pulmonary syndrome, Central Plateau, Southeastern, and Southern Brazil. *Emerg Infect Dis.*, 15, 561–567; 2009.

Figueiredo GG, Borges AA, Campos GM, Machado AM, Saggiaro FP, Sabino Jr GS, Badra SJ, Ortiz AAA, Figueiredo LTM. Diagnosis of Hantavirus infection in humans and rodents in Ribeirão Preto, State of São Paulo, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop.*, 43: 348–354; 2010.

Freitas SR, Cerqueira R, & Vieira MV. A device and standard variables to describe microhabitat structure of small mammals based on plant cover. *Brazilian Journal of Biology*, 62(4B), 795-800; 2002.

Freitas SR, Neves CL, Chernicharo P. Tijuca National Park: Two pioneering restorationist initiatives in Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 66(4): 975-982; 2006.

Gascon C, Lovejoy TE, Bierregaard Jr RO, Malcom JR, Stouffer PC, Vasconcelos HL, Laurance WF, Zimmerman B, Tocher M, Borges S. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91, 223-229; 1999.

Geise L, Pereira LG, Bossi DEP, Bergallo HG. Pattern of Elevational Distribution and Richness of Non Volant Mammals in Itatiaia National Park and its Surroundings, in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, vol. 64 n°3b; 2004.

Gentile R, Fernandez FAS. Influence of habitat structure on a streamside small mammal community in a Brazilian rural area. *Mammalia*, t. 63, n° I, p: 29-40; 1999.

Gheler-Costa C, Martin PS, Lopes PC, Rosalino LM, Verdade LM. Terrestrial non-volant small mammals in agro-silvicultural landscapes of Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 282, p. 185-195; 2012.

Gomes DC, Cruz RP de, Vicente JJ, Pinto RM. Nematode parasites of marsupials and small rodents from the Brazilian Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, vol.20 no.4, 2003.

Gonçalves J. Pequenos mamíferos em paisagens fragmentadas do estado do Rio de Janeiro e implicações na transmissão de hantavírus. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, 2014.

Gonçalves J, Teixeira BR, Olifiers N, Lucio C dos S, Riski LL, Costa-Neto SF da, Lemos ERS, Bonvicino CR, D'andrea PS. A Survey of Small Mammals in the Atlantic Forest of the Northwestern Region of Rio de Janeiro State. *Oecol. Aust.*, 20(4): 492-500; 2016.

Guitton N, Filho NAA, Sherlock IA. Ectoparasitos de roedores e marsupiais no ambiente silvestre de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*, vol.81, n.2, pp.233-234; 1986.

Hjelle B, Jenison S, Torrez-Martinez N, Yamada T, Nolte K, Zumwalt R, Malcnnes K, Myers G. A Novel Hantavirus Associated with an Outbreak of Fatal Respiratory Disease in the Southwestern United States: Evolutionary Relationships to Known Hantaviruses. *Journal of Virology* 68: 592–596; 1994.

Jonsson CB, Figueiredo LTM, Vapalahti O. A Global Perspective on Hantavirus Ecology, Epidemiology, and Disease. *Clinical Microbiology Reviews*, p. 412–441 Vol. 23, No. 2, 2010.

Junior VC & Leite YLR. Uso de habitats por pequenos mamíferos no Parque Estadual da Fonte Grande, Vitória, Espírito Santo, Brasil; 2007.

Lagos AD & Muller B de L. Hotspot Brasileiros Mata Atlântica. *Saúde & Ambiente em Revista, Duque de Caxias*, V.2, n.2, p.35-45; 2007.

Katz G, Williams RJ, Burt MS, Souza LT, Pereira LE, Mills JN, Suzuki A, Ferreira LB, Souza RP, Alves VA, Bravo JS, Yates TI, Meyer R, Shieh W, Ksiazek TG, Zaki SR, Khan AS, Peters CJ. Hantavirus pulmonary syndrome in the State of São Paulo, Brazil, 1993-1998. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 1 (3):181-90; 2001.

Lambin EF, Tran A, Vanwambeke SO, Linard C. Soti V. Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *International Journal of Health Geographics*, 9:54; 2010.

Lee HW, Lee PW, Johnson KM. Isolation of the etiologic agent of Korean Hemorrhagic fever. *The Journal of infectious diseases* 137: 298–308; 1978.

Lednicky JA. Hantaviruses: A Short Review. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 127: 30–35; 2003.

Leduc JW, Smith GA, Pinheiro FP, Vasconcelos PFC, Travassos RES, Maiztegui JI. Isolation of a Hantaan-related virus from Brazilian rats and serologic evidence of its widespread distribution in South America. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 34: p.810-815; 1985.

Lemos H de M, Silva CAO, Patiu F de M, Gonçalves PR. Barn Owl pellets (Aves: *Tyto furcata*) reveal a higher mammalian richness in the Restinga de Jurubatiba National Park, Southeastern Brazil. *Biota Neotrop.*, vol.15 no.2 Campinas; 2015.

Lima DO de, Azambuja BO, Camilotti VL, Cáceres NC. Small mammal community structure and microhabitat use in the austral boundary of the Atlantic Forest, Brazil. *Zoologia*, vol.27 no.1; 2010.

Limongi JE. Estudo Clínico-Epidemiológico da Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus na Região de Uberlândia-MG,2006. Uberlândia, MG: UFU; 2007.

Limongi JE, Moreira FG, Peres JB, Suzuki A, Ferreira LB, Souza RP, Pinto RMC, Pereira L. Serological survey of Hantavirus in rodents in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.*, 55: 155–158; 2013.

Limongi JE, Oliveira RC, Guterres A, Neto SFC, Fernandes J, Vicente LHB, Coelho MG, Ramos VN, Ferreira MS, Bonvicino CR, D'andrea OS, Lemos ERS. Hantavirus pulmonary syndrome and rodent reservoirs in the savanna-like biome of Brazil's southeastern region. *Epidemiol. Infect.*, 144, 1107–1116; 2016.

Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Real R. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17:145–151; 2008.

Magrini L & Facure KG. Barn owl (*Tyto alba*) predation on small mammals and its role in the control of Hantavirus natural reservoirs in a periurban area in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 68(4): 733-740; 2008.

Mayerhofer & Toledo. Plano de Manejo da ARIE de Itapebussus. Prefeitura de Rio das Ostras. Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Agricultura. p.91; 2004.

Mello RB, Souza BI de, Coelho BH, Mello CLT, Mendonça G, Coelho G, Filho JLS, Rocha L, Moraes LFD de, Gomes MM, Neto RP. Plano De Manejo Da Área De Proteção Ambiental Da Bacia Do Rio São João/Micoleão-Dourado. Ministério Do Meio Ambiente - MMA; 2008.

Metzger JP. O Que É Ecologia De Paisagens? *Biota Neotropica* v1 (n1); 2001.

MILLS & CHILD JE. Ecologic studies of rodents reservoirs: their relevance for human health. *Emerg. Infect. Dis*, 4(4):529-537; 1998.

Ministério da Saúde. Manual de Vigilância, Prevenção e controle das Hantavíroses. Brasília: Ministério da Saúde, 92 p.; 2014.

Ministério da Saúde. Casos confirmados de Hantavirose: Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas, 1993 a 2015. Brasília/DF, Brasil; 2018.

Miranda-Ribeiro A. Vertebrados do Itatiaya (Peixes, Serpentes, Saurios, Aves e Mammíferos). *Arch.do Mus.Nac.*, 13: 165–190; 1905.

Miranda-Ribeiro A. Fauna de Therezopolis. *Bol. do Mus. Nac.*, 11: 1–40; 1935.

Modesto TC, Pessôa FS, Enrier MC, Attias N, Jordão-Nogueira T, Costa L de M, Albuquerque HG, Bergallo H de G. Mamíferos do Parque Estadual do Desengano, Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotrop.*, vol. 8, no. 4; 2008.

Moreira JC. Levantamentos Rápidos de Biodiversidade no tema “Mastofauna (mamíferos)” nas sub-bacias dos Rios Imbé, Muriaé e Guaxindiba e elaboração de estratégias para conservação no âmbito da região do Norte e Noroeste Fluminense. Available online: https://secure.softtrack.com.br/seaapi/servlet/DownloadSpaSEAAPI?p_idpasta=1099 (accessed on 10/01/2015); 2008.

Muniz-Pereira LC, Gonçalves PA, Guimarães EV, Fonseca F de O, Santos JAA dos, Maldonado-Júnior A, Neto AHA de. New morphological data of *Litomosoides chagasfilhoi* (Nematoda: Filarioidea) parasitizing *Nectomys squamipes* in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, vol.25 no.4; 2016.

Muñoz-Pedreros A, Gil C, Yáñez J, Rau JR. Raptor habitat management and its implication on the biological control of the Hantavirus. *European Journal of Wildlife Research*, 56 (5): 703-715; 2010.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GA, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772): 853-858; 2000.

Nichol ST, Spiropoulou CF, Morzunov SP, Rollin PE, Ksiazek TG, Feldmann H, Sanchez A, Childs JE, Zaki SR, Peters CJ. Genetic identification of a Hantavirus associated with an outbreak of acute respiratory illness. *Science (New York, N.Y.)* 262: 914–917; 1993.

Oksanen Jari & Blanchet F., Guillaume & Friendly, Michael & Kindt, Roeland & Legendre, Pierre & Mcglinn, Daniel & Minchin, Peter & B O'Hara, R & Simpson, Gavin & Solymos P. *vegan: Community Ecology Package*. Ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists. Version 2.4-0. URL <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2016.

Olifiers N, Gentile R, Fiszon JT. Relation between small-mammal species composition and anthropic variables in the Brazilian Atlantic forest. *Braz. J. Biol.*, 65 (3): 495-501; 2005.

Oliveira RC, Teixeira BR, Mello FCA, Pereira AP, Duarte AS, Bonaldo MC, Bonvicino CR, D'andrea, PS, Lemos ERS. Genetic characterization of a Juquitiba-like viral lineage in *Oligoryzomys nigripes* in Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Tropica*, 112 (2009) 212–218; 2009.

Oliveira SV de, Escobar LE, Peterson AT, Gonçalves-Gurgel R. Potential Geographic Distribution of Hantavirus Reservoirs in Brazil. *PLOS ONE*, Volume 8, Issue 12; 2013.

Oliveira RC, Guterres A, Teixeira BR, Fernandes J, Júnior JMP, Júnior R de JO, Pereira LS, Júnior JB, Meneguete PS, Dias CMG, Bonvicino CR, D'andrea OS, Lemos ERS de. A Fatal Hantavirus Pulmonary Syndrome Misdiagnosed as Dengue: An Investigation into the First Reported Case in Rio de Janeiro State, Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 97(1), pp. 125–129; 2017.

Oliveira-Santos F. Estudo da Ocorrência de *Necromys lasiurus* (Lund, 1841) em Áreas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, com Vistas a Avaliação de Seu Papel como Potencial Reservatórios de Hantavírus. [Monografia] Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, RJ; 2015.

Pacheco M, Kajin M, Gentile R, Priscilla LZ, Vieira MV, Cerqueira R. A comparison of abundance estimators for small mammal populations. *Zoologia*, 30 (2): 182-190; 2013.

Paglia AP, de Marco Jr P, Costa FM, Pereira RF & Lessa G. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 12(1), 67-79; 1995.

Paranhos P. O Açúcar No Norte Fluminense. Arquivo do estado de São Paulo, ed. 08; 2000

Passamani M, Ribeiro D. Small mammals in a fragment and adjacent matrix in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 69(2): 305-309; 2009.

Patton JL, Pardiñas UFJ, D'Elía G. Volume 2: Rodents. In *Mammals of South America*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, United States of America, Volume 2, pp. 937-940, ISBN 9780226282404; 2015.

Pereira LA, Chagas WA, Costa JE da. Ecologia de pequenos mamíferos silvestres da Mata Atlântica. I. Ciclos Reprodutivos de *Akodon cursor*, *Nectomys squamipes* e *Oryzomys nigripes* (Rodentia, Cricetinae). *Revta bras. Zool.*, 10 (3): 389-398; 1993.

Pereira SN, Dias D, Lima IP de, Maas ACS, Martins MA, Bolzan DP, França D de S, Oliveira MB de, Peracchi AL, Ferreira M de F. Mamíferos de um fragmento florestal em Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro. *Biosci. J.*, v. 29, n. 4, p. 1017-1027; 2013.

Pessôa FS, Modesto TC, Albuquerque HG, Attias N, Bergallo H de G. Non-volant mammals, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Rio das Pedras, municipality of Mangaratiba, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Check List*, 5(3): 577–586; 2009.

Pessôa LM, Tavares WC, Gonçalves PR. Mamíferos das Restingas do Macrocompartmento Litorâneo da Bacia De Campos, Rio de Janeiro. *Mamíferos de restingas e manguezais do Brasil*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, v., p. 1-30; 2010.

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol Model.*, 190:231–59; 2006.

Phillips SJ, Dudík M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31:161–75; 2008.

Pires ASP, Lira PK, Fernandez FAS, Schittini M, Oliveira LC. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 108, 229-237; 2002.

Pires AS, Fernandez FAS, Feliciano BR, Freitas D. Use of space by *Necromys lasiurus* (Rodentia, Sigmodontinae) in a grassland among Atlantic Forest fragments. *Mamm. Biol.*, 75: 270–276; 2010.

Pongsiri MJ, Roman J, Ezenwa VO, Goldberg TL, Koren HS, Newbold SC, Ostfeld RS, Pattanayak SK, Salked DJ. Biodiversity Loss Affects Global Disease Ecology. *BioScience*, Vol. 59, No. 11; 2009.

Prist PR, Uriarte M, Fernandes K, Metzger JP. Climate change and sugarcane expansion increase Hantavirus infection risk. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 11, p. e0005705; 2017.

Püttker T, Pardini R, Meyer-Lucht Y, Sommer S. Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. *BMC Ecology*, 8:9; 2008.

Ramos IS. Delimitação, caracterização e cubagem da região de exploração de argila no Município de Campos dos Goytacazes. Dissertação de Mestrado–Campos dos Goytacazes–RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense–UENF. 78p); 2000.

Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. Ordem Rodentia. In *Mamíferos do Brasil*, 2nd ed. Publisher: UEL, Londrina, Paraná, Brazil, pp 347-439, ISBN 85-906395-0-9; 2011.

Ricketts TH. The Matrix Matters: Effective Isolation in Fragmented Landscapes. *The American Naturalist*, vol. 158, no. 1; 2001.

Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ & Hirota MM. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Cons.* 142(6):1141-1153; 2009.

Rocha CFD, Bergallo HG, Pombal JRJP, Geise L, Sluys MV, Fernandes R, Caramaschi U. Fauna de anfíbios, répteis e mamíferos do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Publ. Avul. Mus. Nac.*, Rio de Janeiro, n.104, p.3-23; 2004.

Rosa EST da. Associação vírus-hospedeiro e epidemiologia molecular de hantavírus em distintos ecossistemas amazônicos: Maranhão e Pará–Mato Grosso. Rio de Janeiro: FIOCRUZ; 2008.

Rosalino LM, Martin PS, Gheler-Costa C, Lopes PC, Verdade LM. Neotropical small mammals' diversity in the early cycle of commercial Eucalyptus plantations. *Agroforest Syst*, 88:427–436; 2014.

Rossi NF. Pequenos mamíferos não-voadores do Planalto Atlântico de São Paulo: identificação, história natural e ameaças. Diss. Universidade de São Paulo; 2011.

Santos JP dos, Steinke ET, García-Zapata MTA. Uso e ocupação do solo e a disseminação da hantavirose na região de São Sebastião, Distrito Federal: 2004 – 2008. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 44(1):53-57; 2011.

Santos-Filho M, Frieiro-Costa F, Ignácio ÁRA, Silva MNF. Use of habitats by non-volant small mammals in Cerrado in Central Brazil. *Braz. J. Biol.*, vol. 72, no. 4, p. 893-902; 2012.

Silva MV, Vasconcelos MJ, Hidalgo NT, Veiga AP, Canzian M, Marotto PC, De Lima VC. Hantavirus pulmonary syndrome. Report of the first three cases in São Paulo, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.39, p.231-234; 1997.

Silva MAML, Ronconi A, Cordeiro N, Bossi DEP, Bergallo HG, Costa MCC, Balieiro JCC, Varzim FLSB. Blood parasites, total plasma protein and packed cell volume of small wild mammals trapped in three mountain ranges of the Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, vol.67 n° 3; 2007.

Simões RO, Souza JG, Maldonado A Jr., Luque JL. Variation in the helminth community structure of three sympatric sigmodontine rodents from the coastal Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. *J. Helminthol.*, 5(2):171-8; 2011.

SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2016-2017. Brasil: 2018.

Sousa RL, Moreli ML, Borges AA, Campos GM, Livonesi MC, Figueiredo LT, Pinto AA. Natural host relationships and genetic diversity of rodent-associated hantaviruses in southeastern Brazil. *Intervirology*. *Intervirology*, 51(4):299-310; 2008.

Souza WM de, Romeiro MF, Sabino-Santos Jr G, Maia FGM, Fumagalli MJ, Modha S, Nunes MRT, Murcia PR, Figueiredo LTM. Novel orthohantaviruses in wild rodents from São Paulo State, Brazil. *Virology*, 519, 12–16; 2018.

Strecht L. Avaliação da infecção por hantavirus em amostras humanas e de roedores silvestres e sinantrópicos no estado do Rio de Janeiro. [Master of Science Thesis]. Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; 2014.

Suzuki A, Bisordi I, Levis S, Garcia J, Pereira LE, Souza RP, Sugahara TKN, Pini N, Enria D, Souza LTM. Identifying rodent hantavirus reservoirs, Brazil. *Emerg. Infect. Dis.*, 10: 2127-2134; 2004.

Tabarelli M, Pinto LP, Silva JMC, Hirota MM, Bedê LC. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *MEGADIVERSIDADE*, Volume 1, N° 1; 2005.

Teixeira BRT, Loureiro N, Strecht L, Gentile R, Oliveira RC, Guterres A, Fernandes J, Mattos LHBV, Raboni SM, Rubio G, Bonvicino CR, Santos CND dos,

Lemos ERS, D'andrea PS. Population Ecology of Hantavirus Rodent Hosts in Southern Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 91(2), pp. 249–257; 2014.

Umetsu F & Pardini R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats-evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecology*, 22:517-530; 2007.

Umetsu F, Paul Metzger J & Pardini R. Importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscapes: a test with Atlantic forest small mammals. *Ecography*, 31(3), 359-370; 2008.

Vandermeer J, Carvajal C. Metapopulation dynamics and the quality of the matrix. *Am Nat* 158:211–220; 2001.

Vapalahti O, Mustonen J, Lundkvist A, Henttonen H, Plyusnin A, Vaheri A. Hantavirus infections in Europe. *Lancet Infect Dis.* 3(10): 653-661; 2003.

Vargas A, Nobrega MEB, Fonseca LX, Oliveira SV, Pereira SVC, Caldas EP, Saad E. Epidemiological investigation of the first case of hantaviruses in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Health and Biological Sciences*, v. 4, p. 111-116; 2016.

Vaz SM. Mamíferos coletados em Pedra Branca, município de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Ver. Bras. Zool.*, vol. 22, nº 4, 1164-1169; 2005.

Vaz VC, D'Andrea PS, Jansen AM. Effects of habitat fragmentation on wild mammal infection by *Trypanosoma cruzi*. *Parasitology*, 134, 1785–1793; 2007.

Verdade LM, Gheler-Costa C, Penteadó M, Dotta G. The Impacts of Sugarcane Expansion on Wildlife in the State of São Paulo, Brazil. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, v. 2, p. 138-144-144; 2012.

Vieira CM & Pessoa SVA. Estrutura e composição florística do estrato herbáceo-subarbusivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. *Rodriguésia* 52(80): 17-29; 2001.

Vieira MV, Olifiers N, Delciellos AC, Antunes VZ, Bernardo LR, Grelle CEV, Cerqueira R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. *Bio Cons.*, 142, 1191–1200; 2009.

Vieira EM, Briani DC. Short-term effects of fire on small rodents in the Brazilian Cerrado and their relation with feeding habits. *International Journal of Wildland Fire* c, 22, 1063–1071; 2013.

Xiao S, Chu Y, Knauert FK, Lofts R, Dalrymple JM, Leduc JW. Comparison of hantavirus isolates using a genus-reactive primer pair polymerase chain reaction. *Journal of General Virology* 73: 567–573; 1992.

Yates TL, Mills JN, Parmenter CA, Ksiazek TG, Parmenter RR, Castle JRV, Calisher CH, Nichol ST, Abbott KD, Young JR, Morrison ML, Beaty BJ, Dunnum JL, Baker RJ, Salazar-Bravo J, Peters CJ. The Ecology and Evolutionary History of an Emergent Disease: Hantavirus Pulmonary Syndrome: Evidence from two El Niño episodes in the American Southwest suggests that El Niño–driven precipitation, the initial catalyst of a trophic cascade that results in a delayed density-dependent rodent response, is sufficient to predict heightened risk for human contraction of hantavirus pulmonary syndrome. *BioScience*, Volume 52, Issue 11, 1, Pages 989–998; 2002.

10. ANEXOS

ANEXO A- Lista dos pesquisadores consultados através do currículo Lattes.

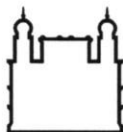
PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO	LINK LATTES
Adriano Lucio Peracchi	UFRRJ	http://lattes.cnpq.br/3623943579010680
Alexandra Pires Fernandez	UFRRJ	http://lattes.cnpq.br/9306076279698808
Ana Maria Jansen-Franken	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/8818754232804062
Bernardo Rodrigues Teixeira	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/4112960334156175
Carlos Eduardo Guerra Schrigo	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/3969822266365618
Carlos Eduardo de Viveiros Grelle	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/5203629575707079
Carlos Eduardo Lustosa Esbérard	UFRRJ	http://lattes.cnpq.br/7813242083249913
Cecília Bueno Moacyr de Lima e Silva	UVA	http://lattes.cnpq.br/7724186773114785
Cibele Rodrigues Bonvicino	INCA	http://lattes.cnpq.br/1977014753474964
Diogo Loretto Medeiros	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/5962407771637750
Elba Regina Sampaio de Lemos	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/0321621521990320
Fernando Antonio dos Santos Fernandez	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/7770854774419602
Gilberto Salles Gazêta	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/6024652585448573
Helena de Godoy Bergallo	UERJ	http://lattes.cnpq.br/8806985537528383
Henrique Bastos Rajão Reis	PUC-RJ	http://lattes.cnpq.br/4845335765441403
Leandro de Oliveira Salles	Museu Nacional – UFRJ	http://lattes.cnpq.br/3095063142665666
Leila Maria Pessôa	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/9111014144707204
Lena Geise	UERJ	http://lattes.cnpq.br/1404440660139143
Leonardo dos Santos Avilla	UNIRIO	http://lattes.cnpq.br/5383557718345145
Luiz Flamarion Barbosa de	Museu Nacional –	http://lattes.cnpq.br/9543177489079513

Oliveira	UFRJ	
João Alves de Oliveira	Museu Nacional – UFRJ	http://lattes.cnpq.br/3561492834576313
José Luís Passos Cordeiro	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/3430534497997843
Marcelo Weksler	Museu Nacional – UFRJ	http://lattes.cnpq.br/9770773078956351
Marcus Vinicius Vieira	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/2532268388216019
Natalie Olifiers	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/7577970336711931
Oscar Rocha-Barbosa	UERJ	http://lattes.cnpq.br/6551622738384590
Pablo Rodrigues Goncalves	NUPEM - UFRJ	http://lattes.cnpq.br/5388683684010000
Paula Koeler Lira	PUC - RJ	http://lattes.cnpq.br/7619229846071918
Paulo Sergio D'Andrea	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/8922871327510362
Ricardo Finotti Leite	Universidade Estácio de Sá	http://lattes.cnpq.br/5938196076131300
Ricardo Moratelli Mendonça da Rocha	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/1067399121895452
Ricardo Tadeu Santori	UERJ	http://lattes.cnpq.br/6513120111063693
Rosana Gentile	FIOCRUZ	http://lattes.cnpq.br/2782964116305880
Rui Cerqueira Silva	UFRJ	http://lattes.cnpq.br/5615354195849472

ANEXO B- Variáveis ambientais utilizados no modelo de adequabilidade de espécie.

Classes de cobertura da paisagem	Acrônimo	Descrição	Fonte
Restinga	RES	Vegetação costeira sobre influência do oceano, composto de arbustos e árvores de pequeno e médio porte.	Atlas of the Atlantic Forest Remains 2010-2011. http://www.sosma.org.br/en/project/atlas-of-the-atlantic-forest-remains/
Floresta	FOR	Classe de cobertura contend toda formação natural de floresta.	
Manguezal	MAN	Vegetação salina natural ou arbustiva que cresce nas regiões costeiras ou alagadas, influenciadas pela maré.	
Dunas e Praias	DUN	Área de dunas ou praias sem ou com pouca cobertura vegetal.	MapBiomias Project– Collection 2.3 of the Annual Series of Coverage and Land Use Maps of Brazil, accessed on 03/01/2018 through the link: http://mapbiomas.org/
Agricultura e/ou Pasto	AGPAS	Paisagem contendo porções de pastos, áreas em regeneração e agricultura.	
Pasto	PAS	Vegetação herbácea associada a pecuária (ex. gramínea) e áreas com solo exposto.	
Infraestrutura Urbana	URB	Cidade ou áreas com alta densidade populacional.	
Água	WAT	Corpos d'água como rios e lagos.	
Altitude	ALT	Média de altitude em metros.	Shuttle Radar Topography Mission (http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/)

ANEXO C- Licença da Comissão de Ética no Uso de Animais (LW-39/14).



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

Vice-presidência de Pesquisa e
Laboratórios de Referência



Comissão de Ética
no Uso de Animais

LICENÇA

LW-39/14

Certificamos que o protocolo (P-70/13.2), intitulado “**ESTUDOS TAXONÔMICOS E ECO-EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE PEQUENOS MAMÍFEROS SILVESTRES NÃO VOADORES DO BRASIL**”, sob a responsabilidade de **PAULO SERGIO D’ANDREA** atende ao disposto na Lei 11794/08, que dispõe sobre o uso científico no uso de animais, inclusive, aos princípios da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (SBCAL). A referida licença não exige a observância das Leis e demais exigências legais na vasta legislação nacional.

Esta licença tem validade até 19/05/2018 e inclui o uso total de:

Marsupialia

- 1000 machos;
- 1000 fêmeas.

Rodentia

- 1000 machos;
- 1000 fêmeas

Rio de Janeiro, 19 de maio de 2014.

Octavio Augusto França Presgrave
Coordenador da CEUA/FIOCRUZ

Octavio A. F. Presgrave
Coordenador
CEUA/FIOCRUZ
SIAPE 04628550

ANEXO D- Licença Permanente para Coleta de Material Zoológico (13373-1).



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Licença permanente para coleta de material zoológico

Número: 13373-1		Data da Emissão: 19/11/2007 17:02
Dados do titular		
Registro no Ibama: 608054	Nome: PAULO SÉRGIO D ANDREA	CPF: 062.639.198-92
Nome da Instituição : FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ		CNPJ: 33.781.055/0001-35

Observações, ressalvas e condicionantes

1	A participação do(a) pesquisador(a) estrangeiro(a) nas atividades previstas nesta autorização depende de autorização expedida pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (CNPq/MCT);
2	A licença permanente não é válida para: a) coleta ou transporte de espécies que constem nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção; b) manutenção de espécimes de fauna silvestre em cativeiro; c) recebimento ou envio de material biológico ao exterior; e d) realização de pesquisa em unidade de conservação federal ou em caverna. A restrição prevista no item d não se aplica às categorias Reserva Particular do Patrimônio Natural, Área de Relevante Interesse Ecológico e Área de Proteção Ambiental constituídas por terras privadas;
3	O pesquisador titular da licença permanente, quando acompanhado, deverá registrar a expedição de campo no Sisbio e informar o nome e CPF dos membros da sua equipe, bem como dados da expedição, que constarão no comprovante de registro de expedição para eventual apresentação à fiscalização;
4	Esta licença permanente não exige o seu titular da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade.
5	Esta licença permanente não poderá ser utilizada para fins comerciais, industriais, esportivos ou para realização de atividades inerentes ao processo de licenciamento ambiental de empreendimentos.
6	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular da necessidade de atender ao disposto na Instrução Normativa Ibama nº 27/2002, que regulamenta o Sistema Nacional de Anilhamento de Aves Silvestres.
7	O pesquisador titular da licença permanente será responsável pelos atos dos membros da equipe (quando for o caso)
8	O órgão gestor de unidade de conservação estadual, distrital ou municipal poderá, a despeito da licença permanente e das autorizações concedidas pelo Ibama, estabelecer outras condições para a realização de pesquisa nessas unidades de conservação.
9	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
10	O titular da licença permanente deverá apresentar, anualmente, relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias após o aniversário de emissão da licença permanente.
11	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo Ibama e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
12	A licença permanente será válida enquanto durar o vínculo empregatício do pesquisador com a instituição científica a qual ele estava vinculado por ocasião da solicitação.
13	Este documento não dispensa a obtenção de autorização de acesso ao componente do patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado nos termos da legislação vigente.
14	As atividades contempladas nesta autorização NÃO abrangem espécies brasileiras constante de listas oficiais (de abrangência nacional, estadual ou municipal) de espécies ameaçadas de extinção, sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração.

Táxons autorizados

#	Nível taxonômico	Táxon(s)
1	ORDEM	Rodentia, Didelphimorphia
2		

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Museu Nacional (UFRJ)	coleção

Este documento (Licença permanente para coleta de material zoológico) foi expedido com base na Instrução Normativa Ibama nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Ibama/Sisbio na internet (www.ibama.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 91827146



Página 1/2



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Licença permanente para coleta de material zoológico

Número: 13373-1		Data da Emissão: 19/11/2007 17:02
Dados do titular		
Registro no Ibama: 608054	Nome: PAULO SÉRGIO D ANDREA	CPF: 062.639.198-92
Nome da Instituição : FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ		CNPJ: 33.781.055/0001-35

Anexo para registrar Coletas Imprevistas de Material Biológico

De acordo com a Instrução Normativa Ibama nº154/2007. , a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta ser comunicada ao Ibama por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica, preferencialmente depositado em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Nível	Táxon*	Qtde.	Amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime no nível taxonômico mais específico possível.

Este documento (Licença permanente para coleta de material zoológico) foi expedido com base na Instrução Normativa Ibama nº154/2007. . Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Ibama/Sisbio na internet (www.ibama.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 91827146



Página 2/2

ANEXO E- Artigo Submetido na revista Acta Tropica.

Expansion of the range of *Necromys lasiurus* (Lund, 1841) into open areas of the Atlantic Forest biome in Rio de Janeiro state, Brazil, and the role of the species as a host of the hantavirus

Fernando de Oliveira Santos^{1,2}; Bernardo Rodrigues Teixeira¹; José Luis Passos Cordeiro³; Rute Hilário Albuquerque de Sousa¹; Camila dos Santos Lucio^{1,2}; Pablo Rodrigues Gonçalves⁴; Hudson Lemos⁴; Renata Carvalho de Oliveira⁵; Jorlan Fernandes⁵; Gabriel Rosa Cavalcanti⁵; Elba Regina Sampaio de Lemos⁵; Paulo Sérgio D'Andrea^{1,*}

1 Lab. de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres Reservatórios. Pavilhão Lauro Travassos. Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ; fernando.oliveira.snts@gmail.com, bernardoteixeira@gmail.com, r.h.albuquerque@gmail.com, camila_lucio@globocom.com,

2 Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde - Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ; fernando.oliveira.snts@gmail.com, camila_lucio@globocom.com

3 Fundação Oswaldo Cruz - Campus Ceará; zeluis@fiocruz.br

4 Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental de Macaé. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Campus Macaé; hotprg@gmail.com, hudson.ml@gmail.com

5 Lab. De Hantavíroses e Rickettsioses. Pavilhão Hélio e Peggy Pereira. Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ; reoliveira@ioc.fiocruz.br, jorlan@ioc.fiocruz.br, gabrielrosa.97@gmail.com, elemos@ioc.fiocruz.br

* Correspondence: dandrea@ioc.fiocruz.br; Tel.: +55-21-2562-1325

Abstract: *Necromys lasiurus* occurs naturally in the open habitats of the Cerrado, Pantanal and Caatinga biomes, where it often occurs at high densities, although the distribution of the species has recently been observed expanding into the Brazilian state of Rio de Janeiro. This generalist rodent is thought to be the main reservoir of the Araraquara hantavirus, which causes Hantavirus Pulmonary Syndrome, in the Brazilian Cerrado. This study aimed to map the occurrence of *N. lasiurus* within the area of the Atlantic Forest in Rio de Janeiro state and discuss the potential role of the species as a reservoir of the Araraquara hantavirus in these areas. The study was based on a comprehensive literature search and four expeditions for the collection of specimens in the state of Rio de Janeiro. The data were used to predict the distribution of *N. lasiurus*, confirm the distribution of the species in the state, and detect the rates of hantavirus infection in these rodents. *Necromys lasiurus* has been recorded at 16 localities in 10 municipalities of Rio de Janeiro state. The relative abundance of *N. lasiurus* was low at all localities, however, except for the REBIO Poço das Antas and APA-BRSJ protected areas. *Necromys lasiurus* was associated primarily with landscapes dominated by farmland (plantations or pasture) at relatively low altitudes in the vicinity of bodies of water. A total of 204 serum samples were collected, but none were reactive for hantavirus. The distribution of *N. lasiurus* is expanding into many areas of the anthropogenic matrix, but it is not usually either abundant or dominant in these areas. The relatively reduced abundance of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro and the lack of infection in all the areas investigated indicate that it is unlikely to be a reservoir of hantavirus in this region in the near future.

Keywords: *Necromys lasiurus*, hantavirus, geographic distribution, invasive species; habitat fragmentation

1. Introduction

The fragmentation of the Brazilian Atlantic Forest and its conversion into open habitats, primarily pasture and shrubby vegetation, in the Brazilian state of Rio de Janeiro (Olifiers et al. 2005; Rocha et al. 2007; Vieira et al. 2009; Ribeiro et al. 2009) has facilitated the expansion of the ranges of many animal species typical of the Brazilian Cerrado savanna into this state. These species include the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Carnivora: Canidae) (Queirolo et al 2011; Paula et al 2013; Bereta et al. 2017; Xavier et al. 2017) and the South American rattlesnake, *Crotalus durissus* (Squamata: Viperidae) (Bastos et al. 2005; Duarte & Menezes 2013). This geographic expansion of non-native species associated with anthropogenic impacts may have deleterious consequences, such as the introduction of exotic parasites, with important implications for the transmission of certain zoonoses (Bruno & Bard 2012; Herrera et al. 2008; Sales et al. 2010; Zanol et al. 2010).

One of these invasive species is the sigmodontine rodent, *Necromys lasiurus* (the hairy-tailed bolo mouse), which has recently been observed expanding into new areas in the state of Rio de Janeiro (D'Andrea et al 2007; Pires et al 2010). This generalist rodent is considered to be the main reservoir of the Araraquara virus (ARAV) of the genus *Orthohantavirus* (family Bunyaviridae), which causes Hantavirus Pulmonary Syndrome (HPS) (Figueiredo et al 2010; Sousa et al 2008; Suzuki et al 2004). The original distribution of *N. lasiurus* includes open habitats in the Cerrado, Pantanal and Caatinga biomes, where the species is often found at high densities (Bonvicino et al. 2008; 2015; Reis et al. 2011; Oliveira et al. 2013; Patton et al. 2015; Guterres et al., 2018).

Prior to March 2015, when the first and so far, only case of HPS was reported in the municipality of Rio Claro (Vargas et al. 2016; Oliveira et al. 2017), the transmission of HPS was unknown in the Brazilian state of Rio de Janeiro. This event was associated with the transmission of the Juquitiba hantavirus genotype (Oliveira et al. 2017), whose known reservoir is the rodent *Oligoryzomys nigripes*, a species typical of the Atlantic Forest biome (Suzuki et al 2004; Oliveira et al. 2009). In this context, the occurrence of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro would further increase the

potential for the spread of this zoonosis in the state, given that these rodents would potentially be able to introduce the ARAV, which is typical of the Cerrado biome.

The present study is based on a survey of the records of the occurrence and relative abundance of *N. lasiurus* in the Brazilian state of Rio de Janeiro, and an assessment of the potential role of this species as a reservoir of the ARAV in areas of the Atlantic Forest. Sampling lacunas in Rio de Janeiro are also identified, based on the mapping of the mammalian surveys conducted to date in the state.

2. Materials and Methods

2.1. Occurrence of *Necromys lasiurus* in Rio de Janeiro

A comprehensive literature search was conducted to map the recorded areas of occurrence of *N. lasiurus*, and the areas in which the presence of the species has not been recorded in the state of Rio de Janeiro. This search focused on studies that involved the capture of small mammals, and was based on the Pubmed, Web of Science, and Google Scholar databases. The following key words (in Portuguese and English) were employed in the searches, separately or combined: "*Necromys lasiurus*", "*Bolomys lasiurus*", "*Zygodontomys pixuna*", "Small Mammals", "Atlantic Forest", "Hantavirus", "Rio de Janeiro", "Fieldwork", and "Rodent". To guarantee the identification of all possible records, the previous synonyms of the study species, that is, *Bolomys lasiurus* and *Zygodontomys pixuna*, were also considered in the literature search and review of the databases. In addition to trapping records, data on the relative abundance of *N. lasiurus* were also considered, whenever available. The online databases Species Link (<http://splink.cria.org.br>) and Global Biodiversity Information Facility/GBIF (<http://www.gbif.org>) were also reviewed to identify possible records of the occurrence of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro. These databases contain primary data from scientific collections in institutions located in Brazil and in other countries, worldwide. One additional search was conducted, in the online CNPq Lattes curriculum database (<http://lattes.cnpq.br>). In this case, we consulted the curricula vitae of 29 researchers in mammalian biology and ecology from nine Brazilian institutions that conduct research in the state of Rio de Janeiro.

The records of *N. lasiurus* available at the National Museum of Rio de Janeiro were obtained from Lemos et al. (2015). Duplicate records were identified and, whenever relevant, published papers were always considered to be the primary source of information. When the same data were presented in more than one paper, the record was considered only once. An additional source of records was the database of the Laboratory for the Biology and Parasitology of Wild Mammals (LABPMR) at IOC/FIOCRUZ, which holds records from 246 expeditions based on the capture of mammals in 26 municipalities in the state of Rio de Janeiro. Records in the form of voucher specimens deposited in the NUPEM/UFRJ mammal collection were also reviewed, focusing in particular on a recent survey of the small mammals of Fazenda Santa Rita (22°18'26.02" S, 41°51'39.73" W) in the municipality of Macaé conducted by the NUPEM/UFRJ mammalogy team (license IBAMA ABIO 893/2017). This area comprises two forest remnants, a thermoelectric power plant, and an ample matrix of *Brachiaria* pasture distributed along the seasonally flooded plains on the southern margin of the Macaé River.

The relative abundance of the species was determined by dividing the number of *N. lasiurus* specimens by the total number of specimens collected in the study. This parameter was calculated from the data provided in the published papers, when available.

2.2. Data collection

Based on the available data, four new expeditions were conducted in the state of Rio de Janeiro to confirm the presence of *N. lasiurus* and detect the rates of hantavirus infection in these rodents. One locality was the protected area ARIE Itapebussus (22°28'56" S, 41°54'04" W) in the municipality of Rio das Ostras. An ARIE is a Relevant Area of Ecological Interest, a category III protected area. The ARIE Itapebussus encompasses an area of coastal restinga habitat that includes open areas of grassland and shrubby vegetation. *Necromys lasiurus* has been recorded at this site (Lemos et al. 2015). The second locality was a sugar mill, Usina Sapucaia (21°39'23" S, 41°24'17" W) in the municipality of Campos dos Goytacazes. The area of this property is dominated by sugarcane plantations, a type of habitat in which *N. lasiurus* is abundant in the Cerrado biome (Sousa et al. 2008; Gheler-Costa et al. 2012;

Verdade et al. 2012; Prist et al. 2017). The two other localities were protected areas composed by open habitat dominated by exotic grasses, including the species *Imperata brasiliensis*, *Panicum maximum*, and *Melinis minutiflora* (Pires et al. 2002). One of these localities is the Poço das Antas Biological Reserve (REBIO-PdA: 22°35'8.00" S, 42°14'38.00" W) in the municipalities of Silva Jardim and Casimiro de Abreu, in which Pires et al. (2002) recorded high densities of *N. lasiurus*. The other is the Bacia do Rio São João Environmental Protection Area (APA-BRSJ: 22°33'51.00" S, 42°12'43.00" W), in the municipality of Casimiro de Abreu.

Small non-volant mammals were trapped at these four sites between September 2016 and October 2017. Trapping was conducted over five consecutive days along 10 transects, each with 20 trapping stations. On five transects, each trapping station had one Tomahawk® and one Sherman® trap, whereas on the other five transects, each trapping station had two Sherman® traps. Total trapping effort at each locality was as much as 2000 trap-nights. Each animal captured was taken to a field laboratory, anesthetized, and then euthanized for the collection of biological samples, and biometric and reproductive data (Lemos & D'Andrea, 2014). The specimens were prepared as vouchers to be catalogued and deposited in the scientific collections at LABPMR/IOC and NUPEM/UFRJ. All procedures for the handling of the animals and the collection of samples were conducted at biosafety level 3. The fieldwork and the collection of zoological material was authorized by the Brazilian Environment Ministry (license number 13373 and 17418 MMA/ICMBIO/SISBIO) and FIOCRUZ through license CEUA LW-39/14.. Research in the conservation units and in the ARIE Itapebussus was authorized by INEA-RJ, through license 58374-2 MMA/ICMBIO/SISBIO, and by the Secretary of Environment and Agriculture of Rio das Ostras municipality. The specimens were identified to species based on external and cranial morphology, with the identification being confirmed by karyotypic analysis, whenever necessary.

The data on the sampling effort conducted in the expeditions reported in the state were used to generate a trapping density map. The geopolitical database was obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). The coordinates

were obtained for the exact site of specimen collection or, when this information was not available, the central coordinates of the municipality in which the specimens were collected were used. Geoprocessing was run in the Quantum Gis® program (QGIS Developing Team, 2017).

2.3. Species Distribution Model

The distribution of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro state was modelled using a maximum entropy niche approach, run in MAXENT 3.3.3k (Phillips et al. 2006), which defines the suitability of habitats and the potential distribution of the species in the state. This method considers the environmental requirements of the species based on its occurrence, which are mapped in the context of the environmental variables of the target area (Phillips et al. 2006), providing environmental variable response curves which indicate how each variable affects the predicted distribution of the species (Phillips & Dudík 2008). The MAXENT approach is known to provide robust entropy niche models from presence-only data (Elith et al. 2006), and to provide a systematic description of the ecological and spatial relationships between species and environmental conditions.

The MAXENT analysis was applied in the 'auto-features' mode with the default settings, and 10-fold replicates were generated by a bootstrap approach (Phillips & Dudík 2008). The logistic output was used (habitat suitability measured on a scale of 0–1), with higher values in the Habitat Suitability Map (HSM) representing more favorable conditions for the occurrence of *N. lasiurus*. The model was developed using nine Environmental Variables (EVs) (Supplementary data) and 34 occurrence records with 80% of the occurrence data being used for training and 20% for testing.

The EVs were derived from the 2016 Land Cover/Use MAPBIOMAS map (<http://mapbiomas.org>), and SOS Atlantic Forest maps (<https://www.sosma.org.br>), in particular for the coastal restinga vegetation. Three types of landscape descriptors were used: (i) the proportions of seven land cover classes, (ii) the mean distance to a river or other body of water, and (iii) mean altitude. The values were calculated by extracting the proportion of each class of cover, mean distance and altitude from the area formed by the buffers with a radius of 1000 m.

The accuracy of each model was assessed using the Area Under the Curve (AUC) approach, based on the area under the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve, obtained in MAXENT. The predicted suitability of the models was also extracted for each site at which *N. lasiurus* was not detected, and the average suitability was used to evaluate the model commission rate (false positive error rate). The Minimum Training Presence (MTP) was used as the threshold for the binary potential distribution maps (suitable/unsuitable). This is the most conservative threshold, which identifies the maximum possible predicted area, while maintaining a zero omission rate for both the training and the test data.

For comparative purposes, the image resulting from the model (with continuous values from 0 to 1) was reclassified into five environmental suitability zones: (1) Unsuitable Zone (UNSZ; pixels of suitability < Minimum Training Presence, MTP), (2) Low Suitability Zone (LSZ, pixels of suitability between the MTP and 0.25), (3) Intermediate Suitability Zone (ISZ, pixels of suitability between 0.25 and 0.50), (4) High Suitability Zone (HSZ, pixels of suitability 0.50 and 0.75), and (5) a Very High Suitability Zone (VHSZ, pixels of suitability > 0.75).

2.4. Serological analyses

The serum samples obtained from the rodents captured in the four study localities were tested serologically for the presence of IgG antibodies against the recombinant nucleocapsid protein of the ARAV (rN-ARAV), which was used as the specific antigen in the ELISA, following Figueiredo et al. (2008). For this procedure, polystyrene microtiter plates (Nunc) were coated overnight with 2 µg/mL of rN-ARAV and a negative control antigen in a humid chamber at 4°C.

After washing and blocking the plates with phosphate-buffered saline (0.1% Tween 20 (PBS-T) and 5% dry milk), the serum samples were added at a dilution of 1:400. Peroxidase-labeled affinity-purified goat anti-*Peromyscus leucopus* and anti-rat IgG antibodies were added (v/v), at a dilution of 1:2500, and specific antibody binding was detected by the addition of 2,2'-azino-di-(3-

ethylbenzthiazoline sulfonate) - ABTS substrate (Kierkegaard and Perry) with the absorbance being measured at 405 nm. All specimens were incubated at 37°C for 1 hour (substrate for 30 min) with the plates being washed five times with a washing buffer (PBS-T) between each step. A serum sample was considered positive if its optical density (OD) was > 0.3. The final OD of each sample was calculated as the difference between the OD values measured in wells coated with N-ARQV protein and those coated with the negative control antigen.

3. Results

The first expeditions that surveyed small non-volant mammals in the state of Rio de Janeiro date back to the first half of the 20th century (Miranda-Ribeiro 1905, 1935, Davis 1945). These surveys generally focused on forest remnants in the mountainous areas of the municipalities of Teresópolis and Itatiaia, with the most recent of these expeditions dating to 1976 (Guilton et al., 1986). The earliest record of *N. lasiurus* dates to 1978 (data from the GBIF), from the locality of Barracão dos Mendes, in the municipality of Nova Friburgo (Table 1). The subsequent record of the species was obtained only in 1991, in a matrix of pastures and small plantations, located in the municipality of Sumidouro (D'Andrea et al. 1999; Gentile et al. 1999). A total of 50 papers were identified in the literature search, which reported on 721 expeditions conducted in 42 of 92 municipalities of the state of Rio de Janeiro. Two records of *N. lasiurus* from the Field Museum, extracted from the online GBIF database, are attributed to the municipality of Teresópolis and dated to 1926, although these records were excluded from the present analysis given that the identification of the specimens was confirmed as *Akodon cursor*, rather than *N. lasiurus*.

Table 1. Areas of occurrence of *Necromys lasiurus* in the Brazilian state of Rio de Janeiro, based on records obtained from the literature review, online databases, and the LABPMR database, showing the year, locality, Trapping Effort (TE), Number of specimens of *N. lasiurus* collected (N), local Rodent species richness (R), Relative Abundance (RA), Capture Success (CS), and Source of the data.

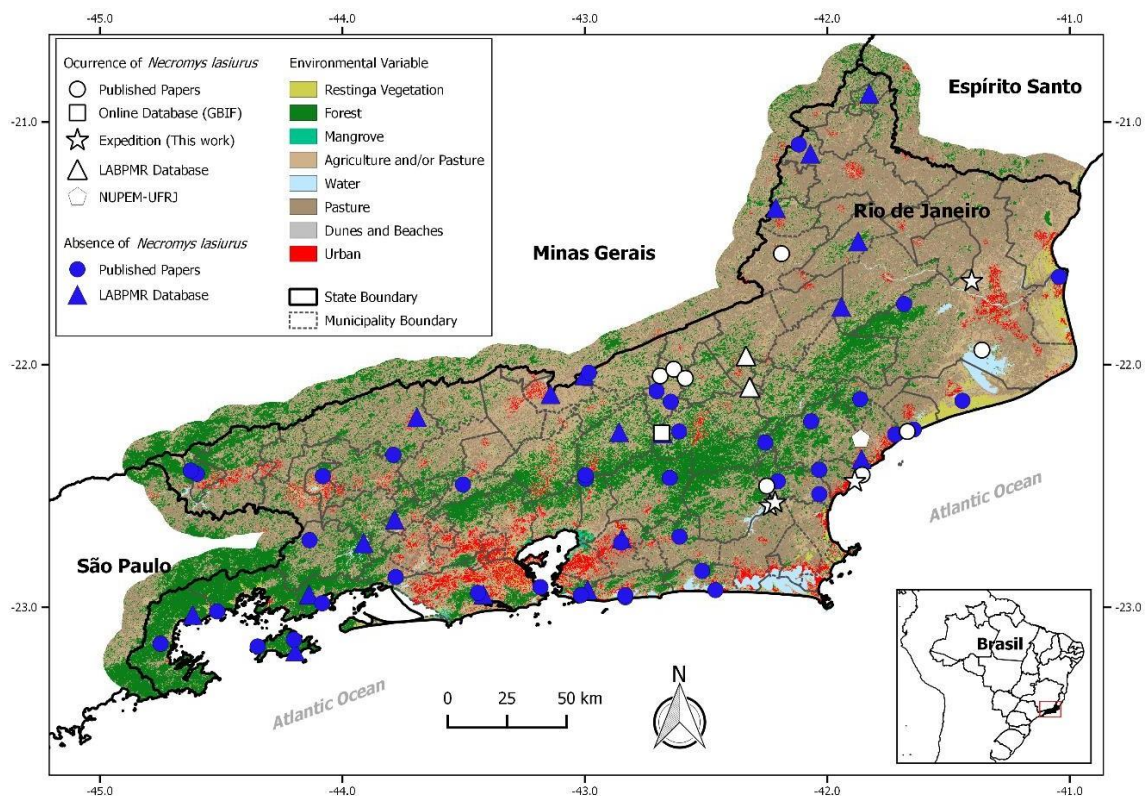
LOCALITY	E	A	S	SOURCE		
Campo dos Goytacazes				Moreira 2008		
Cantagalo	20	4,28%	,76%	LABPMR Database		
Cordeiro	96	,52%	,30%	LABPMR Database		
Carapebus				Lemos et al.2015		
Nova Friburgo	2			Online Database (GBIF)		
Poço das Antas (Casimiro de Abreu e Silva Jardim)	721	0	9.41%	,22%	Pires et al. 2010, Feliciano et al. 2002, Bovendorp et al. 2017	
Poço das Antas (Casimiro de Abreu e Silva Jardim)	3498	0	4	2.03%	,54%	Pires et al. 2002, Bovendorp et al. 2017
Poço das Antas (Casimiro de Abreu e Silva Jardim)	1122	1			Castro et al. 2004, Bovendorp et al. 2017	
Rio das Ostras	39	7			Lemos et al. 2015	
Santo Antônio de Pádua					Lemos et al. 2015	
Sumidouro	2.500		,18%	,40%	D'andrea et al. 1999, Gentile et al. 1999, Bovendorp et al. 2017	
Sumidouro	700		,29%	,02%	Olifiers et al. 2005, D'andrea et al. 2007, Bovendorp et al. 2017	
Sumidouro	259		,30%	9,88%	Bonecker et al. 2009	
Banco de Dados Rio das Ostras (ARIE Itapebussus)	000		,63%	,90%	Oliveira 2013, Rocha et al. 2004 This Study	
Campos dos Goytacazes (Usina Sapucaia)	000		,98%	,10%	This Study	
Silva Jardim (Poço das Antas)	000	48	5,49%	1,30%	This Study	
APA-BRSJ					This Study	

	000	5	6,67%	,50%	
Macaé (Fazenda Santa Rita)					NUPEM-UFRJ
	750*	0	,25%	,08%	

*3000 trap-nights + 750- Pitfall-nights

Overall, the occurrence of *N. lasiurus* was recorded from 16 localities in 10 municipalities of Rio de Janeiro state (Figure 1), with a total of 254 specimens being captured. The relative abundance of *N. lasiurus* was low overall at all localities. In the municipality of Macaé (Fazenda Santa Rita), for example, only three *N. lasiurus* specimens were collected from a total trapping effort of 3000 trap-nights and 750 pitfall bucket-nights, with a relative abundance of 6.25% (data from the NUPEM/UFRJ mammal collection). A relatively high abundance of the species was recorded only in the REBIO-PdA (Table 1), where 90 specimens were captured during a total trapping effort of 13,498 trap-nights, with a relative abundance of 12.03% (Pires et al. 2002; 2010; Castro et al. 2004).

Figure 1. Expeditions conducted for the capture of small mammals in the Brazilian state of Rio de Janeiro, showing the occurrence or absence of *Necromys lasiurus*.



During the surveys conducted in the present study, only one *N. lasiurus* specimen was collected at each of two sites – Rio das Ostras (relative abundance = 2.63%) and Campos dos Goytacazes (relative abundance = 0.98%). However, the species was very common at the two other sites surveyed, with 148 specimens being collected at REBIO-PdA (relative abundance = 65.49%) and 75 at APA-BRSJ (relative abundance = 83.33%). The species was dominant in the areas of open, scrubby habitat found within the matrix of forest fragments (Table 1), which is consistent with the findings of Pires et al. (2002).

Expeditions to 44 municipalities in Rio de Janeiro failed to detect *N. lasiurus*, despite the considerable trapping effort applied at some localities (Table 2).

Table 2. Areas of the Brazilian state of Rio de Janeiro from which *Necromys lasiurus* is absent, based on records obtained from the literature review, online databases, and the LABPMR database, showing the year, locality, Trapping Effort (TE), local Rodent species richness (R), Relative Abundance (RA), Capture Success (CS), and Source of the data.

LOCALITY	E		S	SOURCE
				LABPMR
Angra Dos Reis (Ilha Grande)	050		,05%	Database
				Cunha & Rajão
Angra dos Reis (Ilha Grande)	12	1	,68%	2007
				LABPMR
Cambuci	340		,50%	Database
				LABPMR
Itaboraí	160		,78%	Database
				LABPMR
Rio de Janeiro (Jacarepaguá)	1600		,45%	Database
				LABPMR
Macaé	00		,50%	Database
				LABPMR
Mangaratiba	520		,68%	Database
				LABPMR
Miracema	340		,37%	Database
				LABPMR
Niterói (Serra Da Tiririca)	89		,28%	

				Database
				LABPMR
Nova Friburgo	750	4	,17%	Database
				LABPMR
Paracambi	810		,59%	Database
				LABPMR
Paraty	120		,11%	Database
				LABPMR
Barra do Pirai	1600		,09%	Database
				LABPMR
Raposo	110		,54%	Database
				LABPMR
São Sebastião Do Alto	68		3,06%	Database
				LABPMR
Sapucaia	000		,30%	Database
				LABPMR
Teresópolis	5060	1	,31%	Database
				LABPMR
Três-Rios	44		,16%	Database
				LABPMR
Valença	150		,22%	Database
				LABPMR
Varre-Sai	210		,62%	Database
				Gomes et al.
Angra dos reis				2003
				Pacheco et al.
Barra de Maricá				2013
				Cerqueira et al.
Barra de Maricá	870		2,07%	1993
				Vieira et al.
Cachoeira de Macacú		7		2009
				Gonçalves et
Cambuci	340		,50%	al. 2016
				Albuquerque
Cambuci	36	7	,52%	et al. 2012
				Pessôa et al.
Carapebus	209	5		2010
				Gomes et al.
Casemiro de abreu				

				2003
Casimiro de Abreu	2401	3	,14%	Carlos 2015
Casimiro de Abreu	56	0		Pessôa et al. 2010
Conceição de Macabu	0			Pessôa et al. 2010
Casimiro de Abreu (Fazenda união)				Gomes et al. 2003
Sumidouro (Garrafão)				Pacheco et al. 2013
Guapimirim		7		Vieira et al. 2009
Angra dos Reis (Ilha Grande)				Fernandes et al. 1999
Angra dos Reis (Ilha Grande)	474		,20%	Bittencourt & rocha 2002
Angra dos Reis (Ilha Grande)		1		Fernandez et al. 1998
Angra dos Reis (Ilha Grande)				Guitton et al. 1986
Itaboraí		7		Vieira et al. 2009
Itaguaí				Fernandes et al. 1999
Itaperuna	340		,40%	Gonçalves et al. 2016
Itatiaia		9		Geise et al. 2004
Itatiaia	200	5	3,12%	Silva et al. 2007
Itatiaia				Miranda- Ribeiro 1905
Macaé				Gomes et al. 2003
Macaé	899	3		Pessôa et al. 2010
Magé				Gomes et al. 2003
Mangaratiba				Pessoa et al.

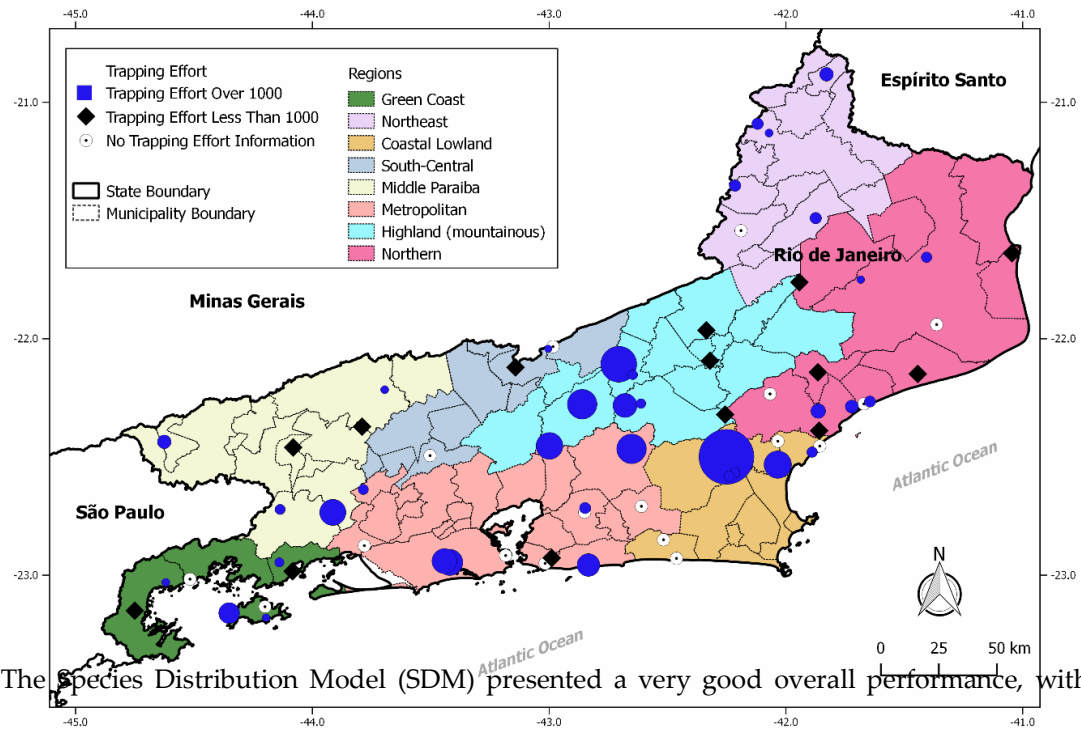
	36	3		2009
Miguel Pereira				Fernandes et al. 1999
Miracema	340		,40%	Gonçalves et al. 2016
Nova Friburgo	600		5,05%	Carvalho et al. 2001
Sumidouro (Pamparrão)				Pacheco et al. 2013
Paraty(PARNA Serra da Boicana)	872	8		Delciellos et al. 2013
Parque Estadual Desengano(Santa Maria Madalena, São Fidélis, Campos dos Goytacazes)	026	6		Modesto et al. 2009
Rio de Janeiro (Pedra Branca)		3		Vaz, 2005
Poço das Antas (Silva Jardim e Casimiro de Abreu)	7290			Pereira et al. 1993, Carvalho et al. 1999
Quissamã	60	2		Pessôa et al. 2010
Rio Bonito				Muniz-Pereira et al. 2016
Rio Claro	815	7	%	Oliveira et al. 2017
Rio de Janeiro		9		Freitas 2006
Rio Macacu	5000	7	,82%	Delcielos et al. 2016
São João da Barra	77			Pessôa et al. 2010
Saquarema				Gomes et al. 2003
Serra dos Órgãos	2375	8		Olifiers et al. 2005
Serra dos Órgãos				Simões et al. 2011
Silva Jardim				Fernandes et al. 1999
Sumidouro	600		,56%	Carvalho et al. 2001

Magé				Gomes et al. 2003
Teresopolis				Fernandes et al. 1999
Teresópolis	600		,93%	Carvalho et al. 2001
Teresópolis				Oliveira et al. 2009
Teresópolis	170		,87%	Cardoso et al. 2016
Teresópolis				Miranda- Ribeiro 1935
Teresópolis	520	2	5,33%	Davis 1945
Barra do Pirai	36	7		Modesto et al. 2008
São Pedro da Aldeia				Gomes et al. 2003
Varre-Sai	340		,60%	Gonçalves et al. 2016
Volta Redonda	20	6		Pereira et al. 2013

Total trapping effort at localities where *N. lasiurus* was not detected ranged from 50 to 15,060 trap-nights, with the highest values being recorded in the municipalities of Teresópolis (15,060 trap-nights), Rio de Janeiro (11,600 trap-nights), Pirai (11,600 trap-nights), and Nova Friburgo (9750 trap-nights).

The greatest trapping effort was undertaken at Poço das Antas by Castro et al. (2004), who conducted 51,122 trap-nights. The results of this survey were also published partially by Feliciano et al. (2002) and Pires et al. (2002, 2010). By contrast, the least extensive study was undertaken in the municipality of Conceição de Macabu by Pessôa et al. (2010), who conducted 50 trap-nights (Table 1, Figure 2). Another important result of the present study was the detection of the largest sampling gaps for small non-volant mammals, located in the South-Central, Northern, and Coastal Lowland regions of the state (Figure 2).

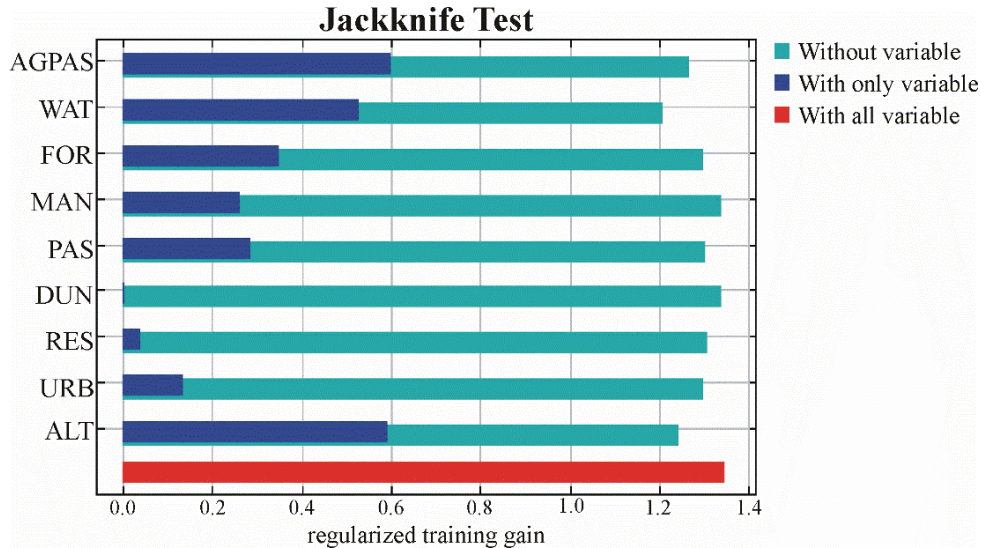
Figure 2. Expeditions conducted for the capture of small mammals in the Brazilian state of Rio de Janeiro, showing the occurrence or absence of *Necromys lasiurus*.



The Species Distribution Model (SDM) presented a very good overall performance, with high AUC values for both the training (AUC = 0.955; SD = 0.007) and the test data (AUC = 0.883; SD = 0.089), which indicates that the distribution modeled in the analysis was a better fit than a random distribution of the data. High AUC values denote a reliable prediction or fit of the test points in the spatial distribution model (Lobo et al. 2008). The average suitability of sites for *N. lasiurus* was 0.11, indicating a low commission rate for the model, given that it is below the MTP value (0.18). This confirms that the model has a satisfactory predictive capacity. The Environmental Variable (EV) that best explained the occurrence of *N. lasiurus* was Agriculture/Pasture (AGPAS), followed by Altitude (ALT), and Mean Distance to Water (WAT) (Figure 3). The contribution of these variables decreased most when WAT was omitted, indicating that this variable contains most of the information missing from the others (Figure 3).

Figure 3. Jackknife test results of individual environmental variable importance in the development of the MaxEnt models. Agriculture and/or Pasture (AGPAS), Water (WAT), Forest (FOR), Mangrove (MAN), Pasture (PAS), Dunes (DUN), Restinga (RES), Urban Infrastructure (URB),

Altitude (ALT). Red bars represent results for all environmental variables; dark blue bars represent results for each predictor variable alone, and light blue bars represent the drop in training gain when the variable is removed from the full model.



The response curves (Figure 4) for the EVs of this model indicate that *N. lasiurus* is associated strongly with landscapes dominated by farming, in regions at relatively low altitude, in the vicinity of bodies of water (Figure 4).

While the species tends to avoid continuously forested areas, the presence of small patches of natural forest cover does appear to favor its occurrence.

The model indicates that the areas most suitable for *N. lasiurus* in Rio de Janeiro are those located in agricultural zones at lower altitudes in the seasonal forests and dense rainforest of the Highland region, near the border with Minas Gerais state, and those located in the coastal restingas and farmlands of the Metropolitan, Coastal Lowlands and Northern littoral. The potential binary (suitable/unsuitable) distribution of the species based on the MTP cutoff criterion (MTP = 0.18) is shown in figure 5.

A total of 368 serum samples were collected from the captured animals, 204 of which were from *N. lasiurus*. However, none of these samples was reactive to rN-ARAV.

Figure 4. Response-curves of the environmental variables. Agriculture and/or Pasture (AGPAS), Water (WAT), Altitude (ALT), Forest (FOR). These curves show how each environmental variable affects the MaxEnt prediction when all environmental variables are used to build the model.

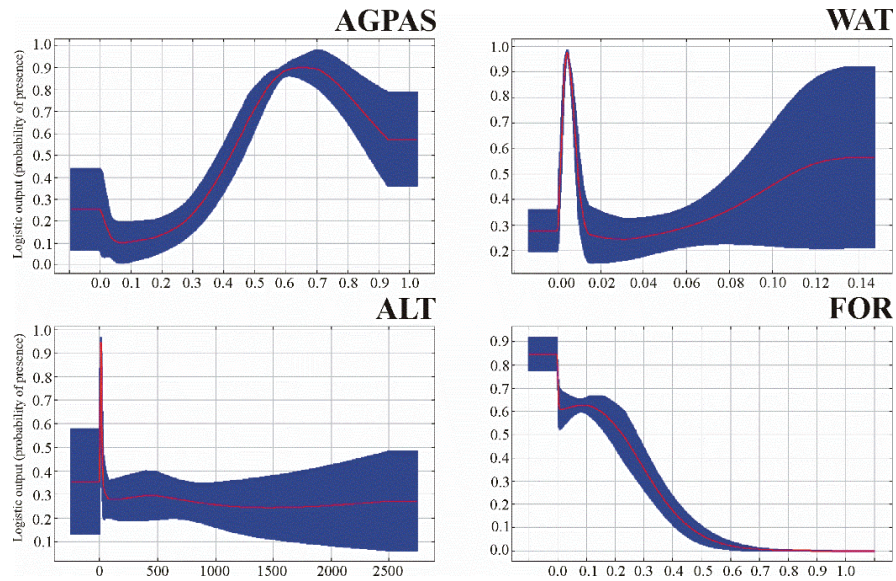
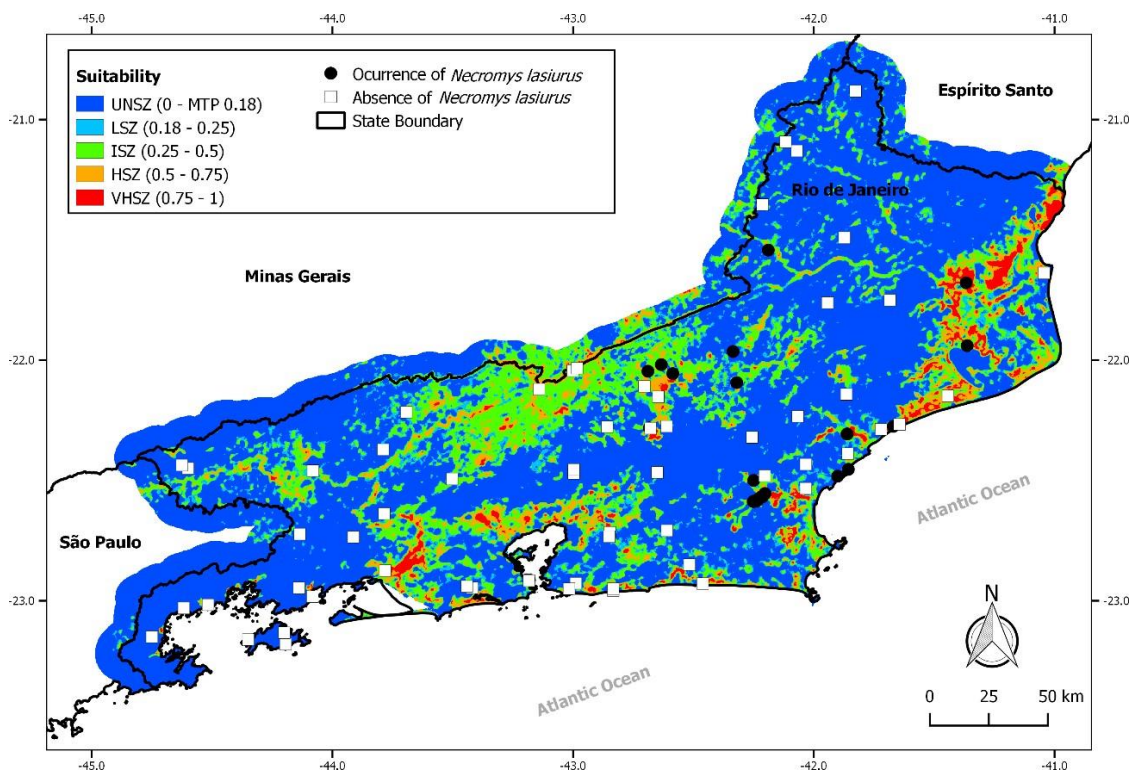


Figure 5. Species Distribution Model for *Necromys lasiurus*. Unsuitable Zone (UNSZ); Low Suitability Zone (LSZ); Intermediate Suitability Zone (ISZ); High Suitability Zone (HSZ); Very High Suitability Zone (VHSZ).



4. Discussion

Necromys lasiurus is a generalist species that inhabits primarily open areas, mainly in the Cerrado and some parts of the Caatinga biome, where it is often present at high densities, dominating the rodent community (Becker et al. 2007). The results of the present study indicate that the distribution of *N. lasiurus* in the state of Rio de Janeiro is restricted to the Highland (mountainous), Northern, and Coastal Lowlands regions, with high densities being observed only in the region of the REBIO Poço das Antas. Despite the considerable trapping effort conducted in other regions of the state, i.e., the Green Coast, Middle Paraíba Basin, South-Central, Metropolitan and the Northwest, the presence of the species was not confirmed in these areas.

All the localities at which *N. lasiurus* has been recorded in Rio de Janeiro are dominated by an agricultural matrix (pasture and farmland) or by grassy fallows surrounding remnants of Atlantic forest, which is consistent with the most suitable areas indicated by the SDM for *N. lasiurus*. The substitution of the original forest cover by open, agricultural environments clearly favors the spread of *N. lasiurus*, although this process also favors other generalist rodents, such as *A. cursor* and *O. nigripes*, leading to an increase in the abundance of these species in areas such as the agricultural matrix of the Serra dos Órgãos and the surrounding area (see Olifiers et al. 2005).

The occurrence of *N. lasiurus* in coastal restinga habitats was reported by Lemos et al. (2015) in the restinga of Jurubatiba. These authors encountered 139 *N. lasiurus* skulls in owl pellets. These findings were confirmed in the present study by the specimen captured in the ARIE Itapebussus, in the vicinity of the Jurubatiba restinga. This was further supported by the SDM, which indicated that the restingas are suitable habitats for *N. lasiurus*. These findings suggest that this rodent is already established in the Northern littoral of Rio de Janeiro, despite the low trapping rates observed in this study. The presence of owls in an area may be an important factor in the control of populations of rodent reservoirs of hantavirus (Eilam et al. 1999; Magrini & Facure 2008; Muñoz-Pedreros et al. 2010;

Guterres & Lemos, 2018), as demonstrated in Uberlândia (Magrini & Facure 2008), where the *Tyto furcata* (Strigiforme: Tytonidae) is an important predator of *N. lasiurus*.

While the replacement of the original Atlantic Forest by open farmland may certainly be conducive to the dispersal of *N. lasiurus*, Lemos et al. (2015) hypothesized that the occurrence of *N. lasiurus* in the restinga of Rio de Janeiro may in fact represent the presence of relict populations that have persisted in the region since the last glacial period of the Pleistocene, when these restingas were contiguous with the Cerrado biome further inland. This would mean that, rather than facilitating the dispersal of *N. lasiurus* to the region, agricultural expansion in Rio de Janeiro would have contributed to the expansion and ultimate connection of its populations in the state.

The specimen collected in the present study in the municipality of Campos dos Goytacazes also confirmed the occurrence of *N. lasiurus* in the sugarcane zone of Rio de Janeiro, an area identified as being highly suitable for the species by the SDM. While this is consistent with the known occurrence of the species in the sugarcane zone of the Cerrado and Atlantic Forest of São Paulo state (Sousa et al. 2008; Gheler-Costa et al. 2012; Verdade et al. 2012; Prist et al. 2017), *N. lasiurus* appears to be much less abundant in Rio de Janeiro, where the area planted with sugarcane has been declining since the 1990s, due to unfavorable climatic conditions, and other, technical problems faced by the sugarcane industry in the state (Azevedo 2002).

In the conservation units in Casimiro de Abreu and Silva Jardim (REBIO-PdA and APA-BRSJ), *N. lasiurus* was trapped in grassy areas in the open matrix between forest fragments. The REBIO-PdA is the only area of the Atlantic Forest of Rio de Janeiro in which *N. lasiurus* appears to be dominant, being captured repeatedly at high rates (Feliciano et al 2002; Pires et al 2002; 2010). The presence of dense, ungrazed grass and areas at an initial stage of regeneration adjacent to forest fragments appears to favor the establishment and expansion of *N. lasiurus* populations.

The negative serological result for hantavirus infection obtained from all 204 of the specimens tested indicates that this pathogenic agent is not present in the *N. lasiurus* populations of Rio de Janeiro. However, it is important to bear in mind that the prevalence of the ARAV, a unique genotype known to be associated with *N. lasiurus* in the Cerrado, is normally low, ranging from 0% to 4.6% (Figueiredo et al, 2010; Limongi et al 2013; 2016; Guterres et al., 2017). As the risk of HPS transmission is related directly to both the prevalence of hantavirus and the population density of its reservoir (Yates et al 2002; Limongi et al 2013; Figueiredo et al 2010; Sousa et al 2008; Suzuki et al 2004; Katz et al 2001), cases of HPS appear to be more likely to emerge in the region of Poço das Antas, the only locality where the species was abundant. Even then, the likelihood of infection appears to be low at the current time, considering that 100% of the specimens were seronegative for the virus. The risk of infection is probably even lower in the other areas of Rio de Janeiro state, in which the species was present, yet rare.

The Juquitiba hantavirus genotype has been detected in populations of *O. nigripes* (Oliveira et al 2009; 2017; Strecht 2014; Teixeira et al 2014), and was recently identified in the only case of HPS recorded in Rio de Janeiro (Oliveira et al 2017). There is also some evidence that this genotype may spread to some other species (Raboni et al. 2009; Guterres et al., 2014; Oliveira et al. 2014; Oliveira et al. 2017). While *N. lasiurus* is known to occur in sympatry with the primary host of JUQV (*O. nigripes*) in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro, none of the expeditions of the present study detected these species in syntopy, while the museum and literature records also indicated that syntopy is generally rare in Rio de Janeiro. This may minimize the possibility of cross-infection (spillover transmission) by other hantavirus genotypes, typical of the Atlantic Forest, in populations of *N. lasiurus*. Hantavirus spillover has been reported between other sigmodontine species (Figueiredo et al. 2009, Raboni et al. 2009; Oliveira et al. 2012, Teixeira et al 2014). In particular, *O. nigripes* is associated closely with areas of forest, and is rarely found in the anthropogenic matrix, which limits the potential for interaction with *N. lasiurus*, which prefers open habitats (Pires et al. 2002; Püttker et al. 2008; Lima et al. 2010). The occurrence and current distribution of *N. lasiurus* in Rio de Janeiro may nevertheless be

underestimated due to the relatively low sampling rates in some areas, in particular the northern highland and some areas of the coastal lowlands, and the general bias of the sampling effort toward forest remnants, rather than the agricultural matrix or other, more open areas. This reinforces the need for more systematic sampling efforts that cover all the different types of habitat found in Rio de Janeiro state, and in particular the principal sampling lacunas (Figure 2).

5. Conclusions

Overall, then, while *N. lasiurus* is found in the coastal Atlantic Forest of Rio de Janeiro, it is not abundant in general, and is only dominant in one of the region's small mammal communities, in the region of Poço das Antas. The occurrence of this species in areas distant from its natural range in the Cerrado savanna appears to be related to the ongoing advance of fragmentation of the Atlantic forest and its conversion into more open habitats. The negative results of the serological analyses and the relatively reduced abundance of *N. lasiurus* in most areas indicate that it is not a reservoir of hantavirus, and is unlikely to be involved in its transmission in Rio de Janeiro at this moment.

Author Contributions: Conceptualization, FOS, PSD and BRT; FOS, BRT and PSD searched the literature to map the occurrence of *Necromys lasiurus*. FOS, BRT, PSD, RHAS, CSL, PRG and HML conducted the fieldworks; FOS, JLPC, BRT and PSD modelled the species distribution; FOS, RCO, JF, GRC and ERS� did the serological analyses; All of the authors have wrote and approved the manuscript.

Funding: This research was funded by Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ; Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ; Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/FAPERJ, grant number: [E-26/103.285/2011]; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, grant number: [485074/2012-5].

Acknowledgments: We thank IOC/FIOCRUZ and the UFRJ Nucleus for Ecology and Environmental Development (NUPEM/UFRJ) at Macaé for supporting this study. We are also grateful to the FIOCRUZ technicians Jorge Pinto and João Batista, and Thayssa Alves Coelho for technical support in the serology analysis, and Dr. Edwards Frazão for their assistance in the field. We also thank the Northern Rio de Janeiro Sugarcane

Producers Association (ASFLUCAN), the Rio de Janeiro State Agroindustrial Cooperative (COAGRO), Eduardo Crespo (ASFLUCAN) and Luís Carlos (ASFLUCAN) for permission to conduct research at Usina Sapucaia, and for supplying logistic support. ICMBio authorized fieldwork at REBIO Poço das Antas and provided infrastructure at this site, where we were supported by Gustavo Peixoto and Rafael Puglia. We would also like to thank Prof. Stephen Ferrari for reviewing the English text, and Rita Portela, Paula Lira, and Alexandra Pires for helping with data on the REBIO Poço das Antas study area, Aldo Caccavo, for providing information on the specimens from the Field Museum, and our many laboratory colleagues who helped with fieldwork.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A

Table A1: Description of Environmental Variables (EV) of the study area.

Land Cover Class	Land Cover Class acronyms	Description	Source
Restinga vegetation	ES	Coastal vegetation under ocean influence composed of shrubs and small to medium-sized trees.	Atlas of the Atlantic Forest Remains 2010-2011. http://www.sosma.org.br/en/project/atlas-of-the-atlantic-forest-remains/
Forest	OR	Cover class containing all natural forest formations.	
Mangrove	AN	Natural saline woodland or shrubland vegetation that grows in coastal saline or brackish water under the influence of tides.	MapBiomass
Dunes and Beaches	UN	Areas of dunes or beaches without, or with sparse, vegetation cover.	Project– Collection 2.3 of the Annual Series of Coverage and Land Use Maps of Brazil, accessed on 03/01/2018 through the link:
Agriculture and/or Pasture	GPA S	Landscape containing portions of pasture, areas in regeneration and agriculture.	http://mapbiomas.org/
Pasture	AS	Herbaceous vegetation associated with livestock (e.g. exotic grasses) and bare soil areas.	
Urban Infrastructure	RB	City or densely populated area	
Water	AT	Water bodies such as rivers and lakes	
Altitude	LT	Mean altitude in meters	Shuttle Radar Topography Mission

References

- Albuquerque, H.G.; Martins, P.F.; Pessôa, F.S.; Modesto, T.C.; Luz, J.L.; Raíces, D.S.L.; Ardente, N.C.; Lessa, I.C.M.; Attias, N.; Jordão-Nogueira, T.; Enrici, M.C.; Bergallo, H. de G. Mammals of a forest fragment in Cambuci municipality, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* 2013; 9(6): 1505–1509.
- Azevedo, H.J. Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense. Observatório Socioeconômico da Região Norte Fluminense. *Boletim Técnico* Nº 06, 2002.
- Bastos, E.G. de M.; Araújo, A.F.B. de; Silva, H.R. Records of the rattlesnakes *Crotalus durissus terrificus* (Laurenti) (Serpentes, Viperidae) in the State of Rio de Janeiro, Brazil: a possible case of invasion facilitated by deforestation. *Revista Brasileira de Zoologia* 2005, 22 (3): 812-815, DOI: 10.1590/S0101-81752005000300047.
- Becker, R.G.; Paise, G.; Baumgarter, L.C.; Vieira, E.M. Estrutura de comunidades de pequenos mamíferos e densidade de *Necromys lasiurus* (Rodentia, Sigmofontinae) em áreas abertas de Cerrado no Brasil Central. *Mastozoología Neotropical* 2007, 14(2):157-168, Mendoza.
- Bereta, A.; Freitas, S.R.; Bueno, C. Novas ocorrências de *Chrysocyon brachyurus* (Carnivora) no estado do Rio de Janeiro indicando a expansão de sua distribuição geográfica. *Bol. Soc. Bras. Mastozool.* 2017, v. 78, p. 5-8, DOI: 10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T4819A82316878.en.
- Bittencourt, E.B.; Rocha, C.F.D. Spatial use of rodents (Rodentia: Mammalia) host body surface by ectoparasites. *Braz. J. Biol.* 2002, 62(3): 419-425, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842002000300004>.
- Bonecker, S.T.; Portugal, L.G.; Costa-Neto, S.F.; Gentile, R. A long term study of small mammal populations in a Brazilian agricultural landscape. *Mamm. biol.* 2009, 74 467–477, <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.05.010>.

Bonvicino, C.R.; Oliveira, J.A. de; D'Andrea, P.S. Gênero *Necromys*. In Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Publisher: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS, Rio de Janeiro/RJ, Brazil, 2008, Volume 4, pp. 44-120, ISBN 0101-6970.

Bonvicino, C.R.; Oliveira, J.A.; Cordeiro-Estrela, P.; D'andrea, P.S.; Almeida, A.M.P. A Taxonomic Update of Small Mammal Plague Reservoirs in South America. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2015, v. 15, p. 571-579, doi: 10.1089/vbz.2015.1788.

Bovendorp, R.S; Villar, N.; Abreu-Junior, E.F. de; Bello, C.; Regolin, A.L.; Percequillo, A.R.; Galetti, M. Atlantic Small-Mammal: A Dataset of Communities of Rodents and Marsupials of The Atlantic Forests of South America. *Ecology* 2017 98(8), DOI: 10.1002/ecy.1893.

Bruno, S.F.; Bard, V.T. Exóticos Invasores: Bioinvasores selvagens introduzidos no estado do Rio de Janeiro e suas implicações. Publisher: UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil, 2012, volume 1, pp.127.

Cardoso, T.S.; Simões, R.O.; Luque, J.L.; Maldonado, A.; Gentile, R. The influence of habitat fragmentation on helminth communities in rodent populations from a Brazilian Mountain Atlantic Forest. *J. Helminthol.* 2016, 90(4):460-8, doi: 10.1017/S0022149X15000589.

Carlos, H.S.A. Uso De Corredores Florestais E Matriz De Pasto Por Pequenos Mamíferos Em Mata Atlântica. Master of Science Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil 2015.

Carvalho, F.M.V. de; Pinheiro, P.S.; Fernandez, F.A. dos S.; Nessimian, J.L. Diet of small mammals in Atlantic Forest fragments in southeastern Brazil. *Rev. bras. de Zoociências* 1999, V. 1 N° 1, p. 91-101.

Carvalho, R.W. de; Serra-Freire, N.M.; Linardi, P.M.; Almeida, A.B. de; Costa, J.N. da. Small Rodents Fleas from the Bubonic Plague Focus Located in the Serra dos Órgãos Mountain Range, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2001, Rio de Janeiro, Vol. 96(5): 603-609, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762001000500003>.

Castro, E.V.B.; Fernandez, F.A.S. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. *Bio Cons.* 2004, 119: p: 73-80, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.023> .

Cerqueira, R.; Gentile, R.; Fernandez, F.A.S.; D'andrea, P.S. A five-year population study of an assemblage of small mammals in Southeastern Brazil. *Mammalian* 1993; t. 57, n° 4, DOI: 10.1515/mamm.1993.57.4.507.

Cunha, A.A.; Rajão, H. Mamíferos terrestres e aves da Terra Indígena Sapukai (Aldeia Guarani do Bracuí), Angra dos Reis, RJ, Brasil. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* 2007; (N. Sér.) 21:19-34.

D'Andrea, P.S.; Gentile, R.; Cerqueira, R.; Grelle, C.E.V.; Horta, C.; Rey, L. Ecology of small mammals in a Brazilian rural area. *Rev. Bras. Zool.* 1999; 16(3): 611 – 620, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751999000300002>.

D'Andrea, P.S.; Gentile, R.; Maroja, L.S.; Fernandes, F.A.; Coura, R.; Cerqueira, R.. Small mammal population of an agroecosystem in the Atlantic forest domain, Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 2007, 67(3): 631-637, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000100025>.

Delciellos, A.C.; Novaes, R.L.M.; Loguercio, M.F. de C.; Geise, L.; Santori, R.S.; Souza, R. de F.; Papi, B.S.; Raíces, D.; Vieira, N.R.; Felix, S.; Detogne, N.; Silva, C.C.S. da; Bergallo, H. de G.; Rocha-Barbosa, O. List Mammals of Serra da Bocaina National Park , state of Rio de Janeiro , southeastern Brazil. *Check List* 2012, 8 (4): 675-692.

Delciellos, A.C.; Vieira, M.V.; Grelle, C.E.V.; Cobra, P.; Cerqueira, R. Habitat quality versus spatial variables as determinants of small mammal assemblages in Atlantic Forest fragments. *Journal of Mammalogy* 2016, 97(1):253–265, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv175>.

Duarte, M.R.; Menezes, F.A. Is the population of *Crotalus durissus* (Serpentes, Viperidae) expanding in Brazil? *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 2013, 19:30, doi: 10.1186/1678-9199-19-30.

Davis, D.E. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds, and mammals in two brazilian forests. *Ecol. Monogr.* 1945, 15: 244–295, DOI: 10.2307/1943247.

Eilam, D.; Dayan, T.; Ben-Eliyahu, S.; Schulman, I.; Shefer, G.; Hendrie, C.A. Differential behavioural and hormonal responses of voles and spiny mice to owl calls. *Anim Behav.* 1999, 58, 1085–1093.

Elith, J.; Graham, C.H.; Anderson, R.P.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A. et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 2006, 29:129–51, <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.

Feliciano, B.R.; Fernandez, F.D. de F.; Figueiredo, M.S.L. Population dynamics os small rodents in a grassland between fragments of Atlantic Forest on southeastern Brazil. *Mamm. biol.* 2002, 67: p. 304-314, <https://doi.org/10.1078/1616-5047-00045>.

Fernandez, F.A.S.; Cerqueira, R.; Tribe, C.J. On the mammals collected on coastal islands of Rio de Janeiro state, Brazil. *Mammalian* 1988. t. 52, nº 2, DOI: 10.1515/mamm.1988.52.2.219.

Fernandes, O.; Mangia, R.H.; Lisboa, C.V.; Pinho, A.P.; Morel, C.M.; Zingales, B.; Campbell, D.A.; Jansen, A.M. The complexity of the sylvatic cycle of *Trypanosoma cruzi* in Rio de Janeiro state (Brazil) revealed by the non-transcribed spacer of the mini-exon gene. *Parasitology* 1999, (Pt 2):161-6, DOI: PMID: 10028530.

Figueiredo, L.T.M.; Moreli, M.L.; Borges, A.A.; Figueiredo, G.G.; Souza, R.L.M.; Aquino, V.H. Expression of a hantavirus N protein and its efficacy as antigen in immune assays. *Braz J Med Biol Res* 2008, Volume 41(7) 596-599 (Short Communication), <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2008000700008>.

Figueiredo, L.T.M.; Moreli, M.L.; Souza, L.M.; Borges, A.A.; Figueiredo, G.G.; Machado, A.M., Bisordi, I.; Nagasse-Sugahara, T.K.; Suzuki, A. & other authors. Hantavirus pulmonary syndrome, Central Plateau, Southeastern, and Southern Brazil. *Emerg Infect Dis.* 2009, 15, 561–567, doi: 10.3201/eid1504.080289.

Figueiredo, G.G.; Borges, A.A.; Campos, G.M.; Machado, A.M.; Saggiaro, F.P.; Sabino, Jr. G.S.; Badra, S.J.; Ortiz, A.A.A.; Figueiredo, L.T.M. Diagnosis of Hantavirus infection in humans and rodents in Ribeirão Preto, State of São Paulo, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2010; 43: 348–354, <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822010000400002>.

Freitas, S.R.; Neves, C.L.; Chernicharo, P. Tijuca National Park: Two pioneering restorationist initiatives in Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 2006, 66(4): 975-982, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000600004>.

Geise, L.; Pereira, L.G.; Bossi, D.E.P.; Bergallo, H.G. Pattern of Elevational Distribution and Richness of Non Volant Mammals in Itatiaia National Park and its Surroundings, in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 2004; vol. 64 nº3b.

Gentile, R.; Fernandez, F.A.S. Influence of habitat structure on a streamside small mammal community in a Brazilian rural area. *Mammalia* 1999. t. 63, nº 1, p: 29-40, DOI: 10.1515/mamm.1999.63.1.29.

Gheler-Costa, C.; Martin, P.S.; Lopes, P.C.; Rosalino, L.M.; Verdade, L.M. Terrestrial non-volant small mammals in agro-silvicultural landscapes of Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management* 2012, v. 282, p. 185-195, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.002>.

Gomes, D.C.; Cruz, R.P. de; Vicente, J.J.; Pinto, R.M. Nematode parasites of marsupials and small rodents from the Brazilian Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 2003, vol.20 no.4, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000400024>.

Gonçalves, J.; Teixeira, B.R.; Olifiers, N.; Lucio, C. dos S.; Riski, L.L.; Costa-Neto, S.F. da; Lemos, E.R.S.; Bonvicino, C.R.; D'andrea, P.S. A Survey of Small Mammals in the Atlantic Forest of the Northwestern Region of Rio de Janeiro State. *Oecol. Aust.* 2016; 20(4): 492-500, DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.08> .

Guitton, N.; Filho, N.A.A.; Sherlock, I.A. Ectoparasitos de roedores e marsupiais no ambiente silvestre de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 1986, vol.81, n.2, pp.233-234, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761986000200014>.

Guterres, A.; Oliveira, R.C.; Fernandes, J.; Strecht, L.; Casado, F.; Gomes, O.F.C.; D'Andrea, P.S.; Bonvicino, C.R.; Schrago, C.G.; Lemos, E.R.S. Characterization of Jiquitiba virus in *Oligoryzomys furnesi* from Brazilian Cerrado. *Viruses* 2014, 6(4):1473-82, doi: 10.3390/v6041473.

Guterres, A.; Oliveira, R.C.; Fernandes, J.; Maia, R.M.; Teixeira, B.R.; Oliveira, F.C.G.; Bonvicino, C.R.; D'Andrea, P.S.; Schrago, C.G.; Lemos, E.R.S. Co-circulation of Araraquara and Jiquitiba Hantavirus in Brazilian Cerrado. *Microb. Ecol.* 2017, 75: 783-789, doi: 10.1007/s00248-017-1061-4.

Guterres, A.; Lemos, E.R.S. de. Hantaviruses and a neglected environmental determinant. *One Health* 2018, 5 27–33, <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2017.12.002>.

Herrera, H.M.; Abreu, U.G.P.; Keuroghlian, A.; Freitas, T.P.; Jansen, A.M. The role played by sympatric collared peccary (*Tayassu tajacu*), white-lipped peccary (*Tayassu pecari*), and feral pig (*Sus scrofa*) as maintenance hosts for *Trypanosoma evansi* and *Trypanosoma cruzi* in a sylvatic area of Brazil. *Parasitol Res*, 2008; 103:619-624, doi: 10.1007/s00436-008-1021-5.

Katz, G.; Williams, R.J.; Burt, M.S.; Souza, L.T.; Pereira, L.E.; Mills, J.N.; Suzuki, A.; Ferreira, L.B.; Souza, R.P.; Alves, V.A.; Bravo, J.S.; Yates, T.I.; Meyer, R.; Shieh, W.; Ksiazek, T.G.; Zaki, S.R.; Khan, A.S.; Peters, C.J. Hantavirus pulmonary syndrome in the State of São Paulo, Brazil, 1993-1998. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2001, 1 (3):181-90, <https://doi.org/10.1089/153036601753552549>.

Lemos, E.R.S. de; D'Andrea, P.S. Trabalho de campo com animais: procedimentos, riscos e biossegurança. Rio de Janeiro, Publisher: FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil 2014. p.91-93, ISBN: 978-85-7541-446-0.

Lemos, H. de M.; Silva, C.A.O.; Patiu, F. de M.; Gonçalves, P.R. Barn Owl pellets (Aves: *Tyto furcata*) reveal a higher mammalian richness in the Restinga de Jurubatiba National Park, Southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 2015, vol.15 no.2 Campinas, <http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032015012114>.

Lima, D.O. de; Azambuja, B.O.; Camilotti, V.L.; Cáceres, N.C. Small mammal community structure and microhabitat use in the austral boundary of the Atlantic Forest, Brazil. *Zoologia* 2010 vol.27 no.1, <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702010000100015>.

Limongi, J.E.; Moreira, F.G.; Peres, J.B.; Suzuki, A.; Ferreira, L.B.; Souza, R.P.; Pinto, R.M.C.; Pereira, L. Serological survey of Hantavirus in rodents in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 2013, 55: 155–158, doi: 10.1590/S0036-46652013000300003.

Limongi, J.E.; Oliveira, R.C.; Guterres, A.; Neto, S.F.C.; Fernandes, J.; Vicente, L.H.B.; Coelho, M.G.; Ramos, V.N.; Ferreira, M.S.; Bonvicino, C.R.; D'andrea, P.S.; Lemos, E.R.S. Hantavirus pulmonary syndrome and rodent reservoirs in the savanna-like biome of Brazil's southeastern region. *Epidemiol. Infect.* 2016, 144, 1107–1116, doi: 10.1017/S095026881500237X.

Lobo, J.M.; Jiménez-Valverde, A.; Real, R. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 2008, 17:145–151, <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>.

Magrini, L. & Facure, K.G.. Barn owl (*Tyto alba*) predation on small mammals and its role in the control of Hantavirus natural reservoirs in a periurban area in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 2008, 68(4): 733-740, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000400007>.

Miranda-Ribeiro, A. Vertebrados do Itatiaya (Peixes, Serpentes, Saurios, Aves e Mammíferos). *Arch.do Mus.Nac.* 1905, 13: 165–190.

Miranda-Ribeiro A. Fauna de Therezopolis. *Bol. do Mus. Nac.* 1935, 11: 1–40.

Modesto, T.C.; Pessôa, F.S.; Enrier, M.C.; Attias, N.; Jordão-Nogueira, T.; Costa, L. de M.; Albuquerque, H.G.; Bergallo, H. de G. Mamíferos do Parque Estadual do Desengano, Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotrop.* 2008. vol. 8, no. 4, DOI: 10.1590/S1676-06032008000400015.

Moreira, J.C. Levantamentos Rápidos de Biodiversidade no tema “Mastofauna (mamíferos)” nas sub-bacias dos Rios Imbé, Muriaé e Guaxindiba e elaboração de estratégias para conservação no âmbito da região do Norte e Noroeste Fluminense. Available online: https://secure.softtrack.com.br/seaapi/servlet/DownloadSpaSEAAPI?p_idpasta=1099 (accessed on 10/01/2015).

Muniz-Pereira, L.C.; Gonçalves, P.A.; Guimarães, E.V.; Fonseca, F. de O.; Santos, J.A.A. dos; Maldonado-Júnior, A.; Neto, A.H.A. de. New morphological data of *Litomosoides chagasfilhoi* (Nematoda: Filarioidea) parasitizing *Nectomys squamipes* in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 2016, vol.25 no.4, <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-29612016063>.

Muñoz-Pedrerros, A.; Gil, C.; Yáñez, J.; Rau, J.R. Raptor habitat management and its implication on the biological control of the Hantavirus. *European Journal of Wildlife Research* 2010, 56 (5): 703-715, <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0364-2>.

Olifiers, N.; Gentile, R.; Fizon, J.T. Relation between small-mammal species composition and anthropic variables in the Brazilian Atlantic forest. *Braz. J. Biol.* 2005, 65 (3): 495-501, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000300015>.

Oliveira, R.C.; Teixeira, B.R.; Mello, F.C.A.; Pereira, A.P.; Duarte, A.S.; Bonaldo, M.C.; Bonvicino, C.R.; D'andrea, P.S.; Lemos, E.R.S. Genetic characterization of a Juquitiba-like viral lineage in *Oligoryzomys nigripes* in Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Tropica* 2009; 112 (2009) 212–218.

Oliveira, R.C.; Guterres, A.; Schrago, C.G.; Fernandes, J.; Teixeira, B.R.; Zeccer, S.; Bonvicino, C.R.; D'Andrea, P.S.; Lemos, E.R.S. Detection of the first incidence of *Akodon paranaensis* naturally infected with the Jabora Virus strain (Hantavirus) in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2012, 107(3): 424–428, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762012000300020>.

Oliveira, S.V. de; Escobar, L.E.; Peterson, A.T.; Gonçalves-Gurgel, R. Potential Geographic Distribution of Hantavirus Reservoirs in Brazil. PLOS ONE 2013; Volume 8, Issue 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085137>.

Oliveira, R.C.; Gentile, R.; Guterres, A.; Fernandes, J.; Teixeira, B.R.; Vaz, V.; Valdez, F.P.; Vicente, L.H.; Costa-Neto, S.F.; Bonvicino, C.; D'Andrea, P.S.; Lemos, E.R. Ecological study of hantavirus infection in wild rodents in an endemic area in Brazil. *Acta Trop.* 2014, 131:1-10, doi: 10.1016/j.actatropica.2013.11.016.

Oliveira, R.C.; Guterres, A.; Teixeira, B.R.; Fernandes, J.; Júnior, J.M.P.; Júnior, R. de J.O.; Pereira, L.S.; Júnior, J.B.; Meneguete, P.S.; Dias, C.M.G.; Bonvicino, C.R.; D'andrea, P.S.; Lemos, E.R.S. de. A Fatal Hantavirus Pulmonary Syndrome Misdiagnosed as Dengue: An Investigation into the First Reported Case in Rio de Janeiro State, Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2017, 97(1), pp. 125–129, doi: 10.4269/ajtmh.16-0845.

Pacheco, M.; Kajin, M.; Gentile, R.; Priscilla, L.Z.; Vieira, M.V.; Cerqueira, R. A comparison of abundance estimators for small mammal populations. *Zoologia* 2013; 30 (2): 182-190, <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702013000200008>.

Patton, J.L.; Pardiñas, U.F.J.; D'Elía, G. Volume 2: Rodents. In *Mammals of South America*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, United States of America 2015, Volume 2, pp. 937-940, ISBN 9780226282404.

Paula, R.C.; Rodrigues, F.H.G.; Queirolo, D.; Jorge, R.P.S.; Lemos, F.G.; Rodrigues, L.A. Avaliação do estado de conservação do Lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 2013; v. 3, p. 146-159.

Pereira, L.A.; Chagas, W.A.; Costa, J.E. da. Ecologia de pequenos mamíferos silvestres da Mata Atlântica. I. Ciclos Reprodutivos de *Akodon cursor*, *Nectomys squamipes* e *Oryzomys nigripes* (Rodentia, Cricetinae). *Revta bras. Zool.* 1993. 10 (3): 389-398, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751993000300003>.

Pereira, S.N.; Dias, D.; Lima, I.P. de; Maas, A.C.S.; Martins, M.A.; Bolzan, D.P.; França, D. de S.; Oliveira, M.B. de; Peracchi, A.L.; Ferreira, M. de F. Mamíferos de um fragmento florestal em Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro. *Biosci. J.* 2013, v. 29, n. 4, p. 1017-1027.

Pessôa, F.S.; Modesto, T.C.; Albuquerque, H.G.; Attias, N.; Bergallo, H. de G. Non-volant mammals, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Rio das Pedras, municipality of Mangaratiba, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* 2009. 5(3): 577–586.

Pessôa, L.M.; Tavares, W.C.; Gonçalves, P.R. Mamíferos das Restingas do Macrocompartmento Litorâneo da Bacia De Campos, Rio de Janeiro. *Mamíferos de restingas e manguezais do Brasil*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia 2010, v., p. 1-30, DOI: 10.13140/2.1.4022.8803.

Phillips, S.J.; Anderson, R.P.; Schapire, R.E. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol Model*. 2006, 190:231–59, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.

Phillips, S.J.; Dudík, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 2008, 31:161–75, <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.

Pires, A.S.P.; Lira, P.K.; Fernandez, F.A.S.; Schittini, M.; Oliveira, L.C. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. *Biological Conservation* 2002, 108, 229-237, [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00109-X).

Pires, A.S.; Fernandez, F.A.S.; Feliciano, B.R.; Freitas, D. Use of space by *Necromys lasiurus* (Rodentia, Sigmodontinae) in a grassland among Atlantic Forest fragments. *Mamm. Biol.* 2010, 75: 270–276, <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.04.002>.

Prist, P.R.; Uriarte, M.; Fernandes, K.; Metzger, J.P. Climate change and sugarcane expansion increase Hantavirus infection risk. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2017, v. 11, p. e0005705, <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005705>.

Püttker, T.; Pardini, R.; Meyer-Lucht, Y.; Sommer, S. Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. *BMC Ecology* 2008 8:9, <https://doi.org/10.1186/1472-6785-8-9>.

Queirolo, D.; Moreira, J.R.; Soler, L.; Emmons, L.H.; Rodrigues, F.H.G.; Pautasso, A.A.; Cartes, J.L.; Salvatori, V. Historical and current range of the near threatened maned wolf *Chrysocyon brachyurus* in South America. *Oryx* 2011, 45(2): 296-303, <http://dx.doi.org/10.1017/S0030605310000372>.

Raboni, S.M.; Hoffmann, F.G.; Oliveira, R.C.; Teixeira, B.R.; Bonvicino, C.R.; Stella, V.; Carstensen, S.; Bordignon, J.; D'Andrea, P.S.; Lemos, E.R.S.; Santos, C.N.D. dos. Phylogenetic characterization of hantaviruses from wild rodents and hantavirus pulmonary syndrome cases in the state of Paraná (southern Brazil). *J Gen Virol.* 2009, 90, 2166–2171, doi: 10.1099/vir.0.011585-0.

Reis, N.R.; Peracchi, A.L.; Pedro, W.A.; Lima, I.P. Ordem Rodentia. In *Mamíferos do Brasil*, 2nd ed. Publisher: UEL, Londrina, Paraná, Brazil, 2011, pp 347-439, ISBN 85-906395-0-9.

Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Cons.* 2009, 142(6):1141-1153, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>.

Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Pombal, J.R.J.P.; Geise, L.; Sluys, M.V.; Fernandes, R.; Caramaschi, U. Fauna de anfíbios, répteis e mamíferos do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Publ. Avul. Mus. Nac.* 2004; Rio de Janeiro, n.104, p.3-23.

Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Van Sluys, M.; Alves, M.A.S.; Jamel, C.E. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. *Braz. J. Biol.* 2007, 67(2): 263-273, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000200011>.

Sales, I. dos S.; Ruiz-Miranda, C.R.; Santos, C. de P. Helminths found in marmosets (*Callithrix penicillata* and *Callithrix jacchus*) introduced to the region of occurrence of golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*) in Brazil. *Vet Parasitol*, 2010, 171, 123–129, doi: 10.1016/j.vetpar.2010.02.044.

Silva, M.A.M.L.; Ronconi, A.; Cordeiro, N.; Bossi, D.E.P.; Bergallo, H.G.; Costa, M.C.C.; Balieiro, J.C.C.; Varzim, F.L.S.B. Blood parasites, total plasma protein and packed cell volume of small wild mammals trapped in three mountain ranges of the Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 2007; vol.67 nº 3, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000300019>.

Simões, R.O.; Souza, J.G.; Maldonado, A.Jr.; Luque, J.L. Variation in the helminth community structure of three sympatric sigmodontine rodents from the coastal Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. *J. Helminthol.* 2011, 5(2):171-8, doi: 10.1017/S0022149X10000398.

Sousa, R.L.; Moreli, M.L.; Borges, A.A.; Campos, G.M.; Livonesi, M.C.; Figueiredo, L.T.; Pinto, A.A. Natural host relationships and genetic diversity of rodent-associated hantaviruses in southeastern Brazil. *Intervirology*. *Intervirology* 2008, 51(4):299-310, doi: 10.1159/000171818.

Strecht, L. Avaliação da infecção por hantavirus em amostras humanas e de roedores silvestres e sinantrópicos no estado do Rio de Janeiro. [Master of Science Thesis]. Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2014.

Suzuki, A.; Bisordi, I.; Levis, S.; Garcia, J.; Pereira, L.E.; Souza, R.P.; Sugahara, T.K.N.; Pini, N.; Enria, D.; Souza, L.T.M. Identifying rodent hantavirus reservoirs, Brazil. *Emerg. Infect. Dis.* 2004, 10: 2127-2134, doi: 10.3201/eid1012.040295.

Teixeira, B.R.T.; Loureiro, N.; Strecht, L.; Gentile, R.; Oliveira, R.C.; Guterres, A.; Fernandes, J.; Mattos, L.H.B.V.; Raboni, S.M.; Rubio, G.; Bonvicino, C.R.; Santos, C.N.D. dos; Lemos, E.R.S.; D'andrea, P.S. Population Ecology of Hantavirus Rodent Hosts in Southern Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2014, 91(2), pp. 249–257, doi: 10.4269/ajtmh.13-0465.

Vargas, A.; Nóbrega, M.E.B. da; Fonseca, L.X.; Oliveira, S.V. da; Pereira S.V.C.; Caldas, E.P. de; Saad, E. Epidemiological investigation of the first case of hantaviruses in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *J. Health Biol Sci.* 2016, 4(2): 111-116, DOI: <http://dx.doi.org/10.12662/2317-3076jhbs.v4i2.711.p111-116.2016>.

Vaz, S.M. Mamíferos coletados em Pedra Branca, município de Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Ver. Bras. Zool.* 2005, vol. 22, nº 4, 1164-1169, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400051>.

Verdade, L.M.; Gheler-Costa, C.; Penteado, M.; Dotta, G. The Impacts of Sugarcane Expansion on Wildlife in the State of São Paulo, Brazil. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 2012; v. 2, p. 138-144-144, DOI: 10.4236/jsbs.2012.24020.

Vieira, M.V.; Olifiers, N.; Delciellos, A.C.; Antunes, V.Z.; Bernardo, L.R.; Grelle, C.E.V.; Cerqueira, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. *Bio Cons.*, 2009, 142, 1191–1200, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.006>.

Xavier, M.S.; Lemos, H.M.; Caccavo, A.; Bezerra, A.; Secco, H.; Gonçalves, P.R. Noteworthy coastal records of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815), in Southeastern Brazil. *Bol. da Soc. Bras. Mastozool* 2017, 78: 9–13.

Yates, T.L.; Mills, J.N.; Parmenter, C.A.; Ksiazek, T.G.; Parmenter, R.R.; Castle, J.R.V.; Calisher, C.H.; Nichol, S.T.; Abbott, K.D.; Young, J.R.; Morrison, M.L.; Beaty, B.J.; Dunnum, J.L.; Baker, R.J.; Salazar-Bravo, J.; Peters, C.J. The Ecology and Evolutionary History of an Emergent Disease: Hantavirus Pulmonary Syndrome: Evidence from two El Niño episodes in the American Southwest suggests that El Niño–driven precipitation, the initial catalyst of a trophic cascade that results in a delayed density-dependent rodent response, is sufficient to predict heightened risk for human contraction of hantavirus pulmonary syndrome. *BioScience* 2002, Volume 52, Issue 11, 1, Pages 989–998, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0989:TEAEHO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0989:TEAEHO]2.0.CO;2).

Zanol, J.; Fernandez, M.A.; Oliveira, A.P.M. de; Russo, C.A. de M.; Thiengo, S.C. O caramujo exótico invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. *Biota Neotrop.* 2010, vol. 10, no. 3, <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000300038>.