



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E BIOTECNOLÓGIA DA REDE BIONORTE



**A INFLUÊNCIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DO CLIMA NA ECOLOGIA  
DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA, PSYCHODIDAE) NA AMAZÔNIA  
MARANHENSE**

**GUSTAVO BARBOSA VIEIRA CRUZ**

**São Luís - MA  
Abril/2019**

**GUSTAVO BARBOSA VIEIRA CRUZ**

**A INFLUÊNCIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DO CLIMA NA ECOLOGIA  
DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA, PSYCHODIDAE) NA AMAZÔNIA  
MARANHENSE**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo (UFMA).

**São Luís - MA  
Abril/2019**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Cruz, Gustavo Barbosa Vieira.

A INFLUÊNCIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DO CLIMA NA  
ECOLOGIA DE FLEBOTOMÍNEOS DIPTERA, PSYCHODIDAE NA AMAZÔNIA  
MARANHENSE / Gustavo Barbosa Vieira Cruz. - 2019.

104 p.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede -  
Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia  
Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,  
2019.

1. Desmatamento. 2. Flebotomíneos-Buriticupu-MA. 3.  
Sazonalidade. I. Rebêlo, José Manuel Macário. II. Título.

**GUSTAVO BARBOSA VIEIRA CRUZ**

**A INFLUÊNCIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS E DO CLIMA NA ECOLOGIA DE  
FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA, PSYCHODIDAE) NA AMAZÔNIA MARANHENSE**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo

**Banca examinadora**

---

Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo  
Universidade Federal do Maranhão  
(Presidente)

---

Prof. Dra. Valéria Cristina Pinheiro  
Universidade Estadual do Maranhão - Caxias  
(1º Membro Titular)

---

Prof. Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo  
Universidade Federal do Maranhão  
(2º Membro Titular)

---

Prof. Dra. Viviane Correa Silva Coimbra  
Universidade Estadual do Maranhão – São Luís  
(3º Membro Titular)

---

Prof. Dr. Vicente Ferrer Pinheiro Neto  
Universidade UniCeuma  
(4º Membro Titular)

**São Luís – MA  
Abril/2019**

Dedico este trabalho à minha família, sangue do meu sangue, em especial aos meus amados filhos Ian Gabriel e José Guilherme, aos meus adoráveis pais Gilvan e Socorro Cruz, aos meus queridos irmãos George, Grazielle e Gilvan Cruz, e aos meus encantadores sobrinhos e afilhado Pedro, Theo, Yuri, Maria, Miguel e Mariana.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Pai Celestial, onipresente, dando-me a força necessária para eu cumprir essa difícil jornada, foi onde senti o Senhor com minha alma, ao meu lado combatendo o bom combate e ajudando-me a manter a força, a fé e o foco para conclusão deste trabalho. A Ti Senhor, toda Honra, todo Amor e toda Glória agora e para todo sempre.

Ao meu estimado, parceiro e orientador Prof. Dr. José Manuel Macário Rêbello, pela sublime orientação e nobres conhecimentos compartilhados comigo. Agradeço-te pela coragem de assumirmos juntos esse desafio, pela sua generosidade, por ter me dado a chance de participar de sua equipe de pesquisa e por ter acreditado em mim e estendido-me a mão quando mais precisei. Sem você, talvez, não teria escrito esses agradecimentos de agora. Minha imensa gratidão a você, ao ser humano de luz que és. Meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais Gilvan e Socorro Cruz que com sabedoria, amor e paciência estiveram ao meu lado demonstrando confiança, zelo e fé convicta. Contribuindo diretamente na realização desse sonho. Muito obrigado, pai e mãe.

Aos meus filhos Ian Gabriel e José Guilherme Cruz que são as molas e os motores para construção de tudo que eu faço, inclusive deste trabalho. Amo muito vocês dois.

Aos meus irmãos George, Grazielle e Gilvan Cruz pelo convívio fraternal e amável que soubemos cultivar.

A minha estimada, adorável e parceira Pollyanna Barbosa, minha maior incentivadora à conclusão desse trabalho. Professora dedicada, envolvida e apaixonada pela docência. Atualizada nas informações, querida e admirada por todos, pela sua competência, caráter e alma generosa. Obrigado pelo seu precioso tempo dedicado a mim, pelo carinho e cuidado dispensados, desde a época de graduação. Muito grato a você, querida Polly. Em relação a este trabalho, mesmo que informalmente, a considero como minha co-orientadora, ajudando-me de forma atenta, segura e altruísta na confecção do mesmo. Meus eternos agradecimentos a você.

A minha amada namorada Clarissa Mendes, que por diversos momentos distintos estivemos juntos, acreditando em mim, encorajando-me a seguir e obter excito nesta difícil empreitada. Essa tese, meu amor, além de servir como estímulo a pesquisa e

incremento nos estudos dos meus adoráveis filhos Ian e José, seguramente fomentará também nosso futuro e primeiro filho (a) a tornarem-se possíveis pesquisadores e a escreverem seus primeiros livros, mesmo sendo eles na forma de tese.

Agradeço relevantemente aos admiráveis professores, técnicos e alunos que compõem a eficiente equipe do Laboratório de Entomologia de Vetores da UFMA, os quais, juntamente com o Prof. Macário, vem produzindo ciência de forma honesta, precisa e reconhecida nacional e internacionalmente. Agradeço o envolvimento de cada um na contribuição para construção dos artigos que compõem essa tese. Orgulho-me muito de ter sido parte dessa equipe.

Aos professores integrantes da banca de qualificação, Dr. Vivente Ferrer, Dra. Valéria Pinheiro, Dra. Viviane Coimbra e Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo, pelas preciosas sugestões dadas que ajudaram a melhorar a qualidade deste trabalho. Meu muito obrigado.

Agradeço aos amigos/irmãos Martony, Marcos, Luiz Gustavo, Bruno, Diógenes e ao meu tio Thadeu que se preocuparam e cuidaram de minha saúde, e só assim pude manter-me hígido e obstinado à conclusão de mais esse desafio em minha vida. Em especial ao amigo/irmão Stenio que se encontra atualmente em momento delicado de saúde, mas que logo estará de pé para alegrar nossos corações com sua forma contagiante e amorosa de sê-lo.

E agradecer a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

“Entre o riso e a lágrima há apenas o nariz”

Millôr Fernandes



## RESUMO

A leishmaniose tegumentar é endêmica na Amazônia Brasileira apresentando forte variação sazonal e ambiental. O município de Buriticupu representa uma importante área da Amazônia do Estado do Maranhão, com elevada incidência de casos de leishmaniose tegumentar. O primeiro surto epidêmico da doença notificado na década de setenta, era relacionado com as áreas florestais que começavam a ser exploradas. Novos perfis epidemiológicos foram notificados na década de oitenta, noventa e virada do milênio relacionados com desmatamentos, enquanto a diversidade e sazonalidade dos seus vetores biológicos ainda precisam ser estudadas. Nesse sentido, esse trabalho avaliou a estrutura da comunidade de flebotomíneos em ambientes silvestres e antropogênicos em áreas com diferentes épocas de colonização e graus de desmatamentos no município de Buriticupu. Foram capturados flebotomíneos em fragmentos florestais e em ambientes peridomésticos de assentamentos rurais estabelecidos em épocas distintas e categorizados como “antigos” e “recentes”. As coletas ocorreram durante os anos 1996/1997. O estudo resultou na captura de 27.819 indivíduos de 43 espécies de flebotomíneos, sendo 42 do gênero *Lutzomyia* e 1 do gênero *Brumptomyia*. A abundância foi similar entre as duas áreas, de ocupação recente (13.931 indivíduos) e ocupação antiga (13.888 indivíduos), mas a riqueza foi maior na área recente (38 espécies) do que na antiga (28 espécies). Na área de ocupação recente a riqueza e abundância das espécies foram maiores na mata (35 espécies; 10.350 indivíduos) do que no peridomicílio (18 espécies; 3.581 indivíduos). Na área de ocupação antiga foi o contrário, a riqueza e abundância foram maiores nos peridomicílios (26 espécies e 13.190 indivíduos) do que na mata (18 espécies e 698 indivíduos). Quanto à ocorrência sazonal, no computo geral, a abundância das espécies foi maior na estação chuvosa (51%) do que na seca (49%), na área de ocupação recente; e o contrário ocorreu na área de ocupação antiga, a abundância foi maior na estação seca (52,5%) do que na chuvosa (47,55). O tipo de ambiente (florestas e peridomicílios) alterou a composição das espécies nos sítios amostrados, sendo *L. evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. hirsuta*, *L. shannoni* e *L. brachyphalla* as espécies que, juntas, contribuíram com mais de 54% para a diferença encontrada entre os locais. Apenas duas espécies foram indicadoras de ambientes florestais — *L. brachyphalla* (Indval = 0.9565, p = 0.0277) e *L. serrana* (Indval = 0.9188, p = 0.0309); e uma foi indicadora de peridomicílio — *L. evandroi* (Indval = 0.9335, p = 0.0297). A composição, riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos diferiram entre as áreas com diferentes períodos de ocupação humana e graus de mudança florestal. Nas áreas florestais mais conservadas (ocupação recentes), o número de espécies de flebotomíneos foi maior do que em fragmentos florestais alterados (ocupação antiga). No entanto, várias espécies ausentes nas florestas degradadas apareceram nos abrigos de animais domésticos presentes nos povoados rurais adjacentes. Os animais domésticos e seus abrigos podem ser usados como indicadores para prever a ocorrência de vetores de leishmanioses. Ocorreu variação temporal na comunidade de flebotomíneos, poucas espécies ocorrem o ano inteiro; algumas aparecem na estação seca e outras na chuvosa. A infestação de flebotomíneos pode ser um indicativo de problemas ambientais em determinadas áreas e utilizados para prognosticar futuros cenários e nortear ações preventivas para as leishmanioses.

**Palavras-Chave:** Amazônia, flebotomíneos, biodiversidade, conservação, desmatamento, vetor biológico.

## ABSTRACT

Tegumentary leishmaniasis is endemic in the Brazilian Amazon, showing strong seasonal and environmental variation. The municipality of Buriticupu represents an important area of Amazonia of the State of Maranhão, with a high incidence of tegumentary leishmaniasis cases. The first epidemic outbreak of the disease documented in the 1970s was related to the forest areas that were beginning to be explored. New epidemiological profiles were reported in the 1980s, 1990s, and 1990s related to deforestation, while the diversity and seasonality of their biological vectors still need to be studied. In this sense, this work evaluated the community structure of phlebotominae in wild and anthropogenic environments in areas with different colonization times and degrees of deforestation in the municipality of Buriticupu-MA. Phlebotomines were captured in forest fragments and in peridomestic environments of rural settlements established at distinct times and categorized as "old" and "recent". The collections occurred during the years 1996/1997. The study resulted in the capture of 27,819 individuals from 43 species of phlebotomines, being 42 *Lutzomyia* and 1 *Brumptomyia*. The abundance was similar between the two areas, of recent occupation (13,931 individuals) and old occupation (13,888 individuals), but the richness was greater in the recent area (38 species) than in the old one (28 species). In the area of recent occupation the richness and abundance of the species were higher in the forest (35 species, 10,350 individuals) than in the peridomicile (18 species, 3,581 individuals). In the area of old occupation was the opposite, the wealth and abundance were larger in the peridomestic (26 species and 13,190 individuals) than in the forest (18 species and 698 individuals). Regarding the seasonal occurrence, in the general computation, the abundance of the species was higher in the rainy season (51%) than in the dry season (49%), in the area of recent occupation; and the opposite occurred in the area of old occupation, abundance was higher in the dry season (52.5%) than in the rainy season (47.55). The type of environment (forests and peridomestic) changed the composition of the species in the sites sampled, being *L. evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. hirsuta*, *L. shannoni* and *L. brachyphalla* the species that, together, contributed with more than 54% to the difference found between the sites. Only two species were indicative of forest environments - *L. brachyphalla* (Indval = 0.9565,  $p = 0.0277$ ) and *L. serrana* (Indval = 0.9188,  $p = 0.0309$ ); and one was indicative of peridomycin - *L. evandroi* (Indval = 0.9335,  $p = 0.0297$ ). A composição, riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos diferiram entre as áreas com diferentes períodos de ocupação humana e graus de mudança florestal. Nas áreas florestais mais conservadas (ocupação recentes), o número de espécies de flebotomíneos foi maior do que em fragmentos florestais alterados (ocupação antiga). The composition, richness and abundance of phlebotomine species differed between areas with different periods of human occupation and degrees of forest change. In the most conserved forest areas (recent occupation), the number of phlebotomine species was higher than in altered forest fragments (old occupation). However, several species absent in degraded forests have appeared in the shelters of domestic animals present in the adjacent rural settlements. Domestic animals and their shelters can be used as indicators to predict the occurrence of leishmaniasis vectors. There was a temporal variation in the community of phlebotomine, few species occur all year round; some appear in the dry season and others in the rainy season. The infestation of sandflies can be indicative of environmental problems in certain areas and used to predict future scenarios and guide preventive actions for leishmaniasis. Keywords: Amazon, phlebotomines, biodiversity, conservation, deforestation, biological vector

**Keywords:** Amazon, phlebotomines, biodiversity, conservation, deforestation, biological vector.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO III:

- Figura 1-** Mapa do estado do Maranhão mostrando a localização do município de Buriticupu e os assentamentos estudados.....59
- Figura 2 -** Perfis de diversidade pelo ordenamento da série de Rényi para cada localidade amostrada em Buriticupu, Maranhão.....63
- Figura 3-** Dendograma resultante da similaridade de Bray-Curtis indicando a relação de proximidade entre os ambientes estudados no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. Dezembro/1995 a janeiro/1997.....65
- Figura 4-** Escalonamento Multidimensional não-Métrico para associação entre idade dos assentamentos (recente e antigo) e composição de espécies de flebotomíneos coletados no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. Janeiro/1996 a dezembro/1997.....67
- Figura 5.** Ranque de dominância das espécies de flebotomíneos estudadas nas matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de Janeiro/1996 a dezembro/1997.....69

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO IV:

- Figura 1.** Mapa do estado do Maranhão mostrando a localização do município de Buriticupu e os assentamentos estudados .....81
- Figura 2.**Série de "números de diversidade" de Hill (1973b), com base nos índices de Simpson e Shannon, por localidades e estações. Assentamentos antigos: estação chuvosa (linha preta) e seca (linha vermelha); Assentamentos recentes: estação chuvosa (linha verde) e seca (linha azul).....85
- Figura 3.** Agrupamento da diversidade mensal de flebotomíneos de acordo com as estações chuvosa (triângulos verdes) e seca (triângulos azuis), utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, em áreas de colonização antiga (a) e recente (b) do município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil, nos anos de 1996-1997.....88
- Figura 4.** Variação mensal nos números acumulados de espécimes de flebotomíneos capturados em fragmentos florestais (----) e peridomicílios (—), no município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil. Áreas de colonização antiga: a) Quinta

Vicinal; b) Sexta Vicinal. Áreas de colonização recente: c) Lagoa; d) Pau Ferrado. 1995-1996.....89

**Figura 5.** Variação mensal nos valores médios da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar (a) e da temperatura máxima, média e mínima (b) no município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil.....90

**Figura 6.** Ordenação das espécies de flebotomíneos em função da sua constância e do tipo de assentamento pela Análise de Componente Principal (PCA). Espécies acidentais (verde claro), acessórias (azul) e constantes (vermelho).....91

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO III:

**Tabela 1.** Número de espécies de flebotomíneos encontrados no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de acordo com o sub-gênero ou grupo. Janeiro/1996 a dezembro/1997.....62

**Tabela 2.** Números de espécimes de flebotomíneos capturados em matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de acordo com o subgênero ou grupo, Janeiro/1996 a dezembro/1997.....64

**Tabela 3.** Abundância média de flebotomíneos capturados em matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, em 1966-1997 .....66

## LISTA DE TABELA

### CAPÍTULO IV:

**Tabela 1.** Números de espécimes de flebotomíneos coletados nas estações chuvosa e seca em ambientes florestais e peridomésticos de assentamentos rurais antigos e recentes da Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. CI = Índice de Constância.....86

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

<b>1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....</b>	<b>13</b>
<b>2INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Geral.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Específicos .....</b>	<b>18</b>

### CAPÍTULO II

<b>5 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Classificação.....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Nomes Populares .....</b>	<b>22</b>
<b>5.3 Distribuição .....</b>	<b>22</b>
<b>5.4 Diversidade .....</b>	<b>24</b>
<b>5.5 Ciclo de vida .....</b>	<b>25</b>
<b>5.6 Alimentação .....</b>	<b>28</b>
<b>5.7 Sazonalidade .....</b>	<b>29</b>
<b>5.8 Hábito/atividade nictemeral .....</b>	<b>30</b>
<b>5.10 Ocorrência em áreas antropogênicas .....</b>	<b>31</b>
<b>5.11 Importância vetorial dos flebotomíneos.....</b>	<b>31</b>
<b>5.12 Estratégias de controle vetorial .....</b>	<b>40</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>7 ARTIGO 1 Influência do desmatamento na estrutura de comunidade de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) na Amazônia oriental .....</b>	<b>56</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>58</b>
<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>60</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>63</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>72</b>
<b>Referências.....</b>	<b>75</b>

### **CAPÍTULO IV**

<b>ARTIGO 2: Distribuição sazonal de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) na Amazônia maranhense, Brasil .....</b>	<b>80</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>81</b>
<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>82</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>86</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>94</b>
<b>Referências.....</b>	<b>98</b>

### **CAPÍTULO V**

<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>102</b>
-------------------------------------	------------

**ANEXOS**

## CAPÍTULO I

### 1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho intitulado “A influência de impactos ambientais e do clima na ecologia de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) na Amazônia maranhense” resultou de uma ampla análise de meta-dados entomológicos de forma sistematizada e planejada envolvendo os vetores da leishmaniose tegumentar, no município de Buriticupu-MA.

O estudo foi realizado de janeiro de 1996 a dezembro de 1997, em quatro áreas de assentamentos antigos e recentes e em quatro áreas florestais com diferentes graus de conservação. O intuito foi compreender os efeitos antropogênicos e da sazonalidade sobre a estrutura de comunidade desses insetos. A tese foi apresentada de acordo com as normas e proposições recomendadas pelo Programa de Pós-Graduação da Rede Bionorte. Em consonância com as recomendações de escrita, estruturou-se a Tese em cinco capítulos. O Capítulo I foi composto pela Apresentação do trabalho, Introdução, Justificativa e Objetivos (geral e específicos). No Capítulo II apresentou-se a Revisão da Literatura, enquanto os Capítulos III e IV foram constituídos, cada um, por um manuscrito no formato de artigo científico, sendo que o primeiro: “Influência do desmatamento na estrutura de comunidade de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) na Amazônia oriental”, foi submetido para publicação e aceito pelo *Journal of Medical Entomology*, qualificado com Qualis A2 para a Área de Biodiversidade e fator de impacto = 1,712; e o segundo, “Distribuição sazonal de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) na Amazônia maranhense, Brasil” foi submetido à *Ecological Entomology*, qualificado com Qualis A2 para a Área de Biodiversidade e fator de impacto = 2,244. Finalmente, o Capítulo V reúne as considerações finais da Tese, onde apresentamos as nossas principais conclusões do estudo, além de algumas sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema.

Para efeito de esclarecimento, os capítulos I, II e V foram regidos pelas normas da ABNT, enquanto os capítulos III e IV seguiram as normas das revistas para as quais os respectivos manuscritos foram submetidos.

## 2. INTRODUÇÃO

Os flebotomíneos constituem um grupo de dípteros diversificado e amplamente distribuído nas regiões faunísticas do mundo. Além de sua importância como componentes da biodiversidade, eles se destacam pelo papel que desempenham no ciclo biológico de inúmeros parasitas. Nesse aspecto, é de grande interesse a sua função como vetores biológicos de protozoários do gênero *Leishmania* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae), transmitindo-os para mamíferos por meio do repasto sanguíneo.

Devido ao hábito hematofágico, os flebotomíneos podem caracterizar-se como indicadores da presença de vertebrados em ecossistemas conservados ou passivos de impactos ambientais, servindo, por conseguinte, para identificar áreas para conservação biológica (BARRETT *et al.*, 1996). Em determinados ambientes, a existência da fauna de flebotomíneos depende da disponibilidade de aves e mamíferos, que funcionam como os seus hospedeiros para a obtenção de sangue (DIAS *et al.*, 2003). Logo, como indicadores de biodiversidade é especialmente importante a relação dos flebotomíneos ectoparasitas com os vertebrados, nos quais realizam o repasto sanguíneo.

As alterações ambientais causadas pelas atividades antropogênicas como desmatamento, extração de madeira, agricultura, pecuária, construção de estradas e urbanização afetam as populações de mamíferos silvestres que estão expostos a estas perturbações (PARDINI *et al.*, 2003). As poucas espécies que proliferam nessas áreas são capazes de manter populações em ambientes urbanos, como alguns roedores, marsupiais ou morcegos (SAZIMA *et al.*, 1994, UMETSU e PARDINI 2007). Ao proliferar nos ambientes antrópicos, esses mamíferos podem se tornar importantes reservatórios de doenças infecciosas ao homem (OWEN *et al.*, 2010). No Brasil, várias espécies de flebotomíneos utilizam mamíferos como roedores, desdentados, marsupiais e carnívoros, como fonte de sangue (LAINSON, 2010). De modo que a variação na riqueza e densidade desses mamíferos repercute na diversidade de flebotomíneos numa determinada área.

Do ponto de vista da saúde pública, os flebotomíneos são responsáveis pela transmissão de parasitos (*Leishmania*) causadores de leishmaniose tegumentar e leishmaniose visceral — doenças infecto-parasitárias que acometem o homem e os animais domésticos e silvestres (REBÊLO *et al.*, 2010). Nas Américas todas as espécies de leishmânias são transmitidas pela picada de fêmeas de flebotomíneos do gênero



*Lutzomyia*. Mais de 100 espécies de flebotomíneos são suspeitas de agirem como vetores de leishmânias, porém, pouco mais de 50 são realmente vetores comprovados (LAINSON e RANGEL, 2003).

Na Amazônia brasileira, os flebotomíneos são naturalmente encontrados em ambientes silvestres, o que explica a transmissão de leishmânias, primariamente no interior das florestas. Tanto que antigamente as leishmanioses eram consideradas doenças ocupacionais — as pessoas que adoeciam eram justamente aquelas cuja ocupação exigia a sua penetração nas florestas: caçadores, pescadores, lavradores, madeireiros, entre outros. Porém, com o passar do tempo essas doenças passaram a ter lugar na zona rural, onde o homem costuma desenvolver atividades ligadas à agricultura (BASANO *et al.*, 2004). Na virada do milênio, com a expansão das localidades rurais e das cidades, a doença passou a incidir nas áreas periurbanas (COSTA, 2008). A abundância e riqueza de flebotomíneos em ambientes urbanos devem ser influenciadas por características da paisagem como cobertura vegetal nas áreas adjacentes (FERNÁNDEZ *et al.*, 2013).

No Maranhão já foram encontradas mais de 90 espécies de flebotomíneos distribuídas nas diversas regiões do Estado (REBÊLO *et al.*, 2010). O gênero dominante é *Lutzomyia*, com 87 espécies catalogadas, seguido por *Brumptomyia* com 4 espécies. As áreas florestais amazônicas detêm a maior diversidade de espécies. A riqueza da entomofauna na Amazônia é maior do que em outros ecossistemas (REBÊLO *et al.*, 2000a, b).

Na Amazônia maranhense uma das áreas onde a fauna de flebotomíneos é mais estudada inclui o município de Buriticupu, que sofreu intenso processo de desmatamento nas últimas 4 décadas. Muitos dados sobre os flebotomíneos vetores foram acumulados, mas não foram adequadamente analisados e discutidos. Desta forma, neste estudo resgatamos uma quantidade considerável destes dados sobre a ecologia dos flebotomíneos que serão apresentados neste trabalho.

### 3. JUSTIFICATIVA

O município de Buriticupu representa uma importante área da Amazônia do Estado do Maranhão, tanto no que diz respeito à diversidade de espécies de flebotomíneos como na ocorrência de casos de leishmaniose tegumentar. O primeiro surto epidêmico da leishmaniose tegumentar foi notificado na década de setenta (SILVA *et al.*, 1979), quando o perfil epidemiológico da doença era relacionado com as áreas florestais que começavam a ser exploradas. Novos surtos foram notificados na década de oitenta (SILVA *et al.*, 1981), noventa (COSTA *et al.*, 1998) e na virada do milênio (MARTINS *et al.*, 2004).

Porém, os primeiros estudos sobre composição, riqueza e abundância e variações estacionais das espécies de flebotomíneos foram publicados no início do segundo milênio (REBÊLO *et al.*, 2000 a, b; 2001a, b). Mesmo assim, observou-se que ao longo do tempo houve um processo de seleção das populações de flebotomíneos que passaram a sobreviver nos ambientes peridomiciliares e proliferar em novas áreas, a julgar pela crescente notificação de casos de leishmaniose tegumentar em criança e pessoas do sexo feminino (MARTINS *et al.*, 2004). A força seletiva deve ter sido a progressiva ação antrópica, ao longo do tempo, sobre os ecossistemas naturais, fragmentando e diminuindo os habitats disponíveis para os flebotomíneos e hospedeiros vertebrados. Esse processo deve ter afetado profundamente a diversidade, densidade e estratégia de sobrevivência das espécies nos ambientes naturais.

Nos ambientes rurais, o hábito das pessoas de construir habitações inadequadas, criar animais domésticos em área de endemismo e confiná-los em abrigos nos quintais, favoreceu imensamente a peridomiciliação do vetor (PEREIRA *et al.*, 2006). O estudo da fonte alimentar de flebotomíneos peridomésticos em Buriticupu demonstrou a existência também de sangue de marsupial e roedores, no conteúdo estomacal de certas espécies presentes nos peridomicílio, assim como, a presença de infecção por leishmânia (PEREIRA *et al.*, 2008). O adensamento de animais domésticos nos arredores das residências contribui para a aproximação do vetor por que esses vertebrados funcionam como fonte de repasto sanguíneo (DIAS *et al.*, 2003) e um dos fatores mais importantes para a atração de flebotomíneos em ambientes rurais (FONTELES *et al.*, 2006).

Sem o saneamento adequado, os abrigos de animais produzem criadouros pelo acúmulo de matéria orgânica (RAMOS *et al.*, 2014), fornecendo locais adequados para a ovipostura das fêmeas de flebotomíneos. O mesmo deve ocorrer nos quintais, com o lixo produzido e objetos diversos que se amontoam desordenadamente (Santini *et al.*, 2015). Tudo isso acaba criando condições favoráveis para a manutenção dos flebotomíneos nesses ambientes (LAINSON e RANGEL, 2003).

O ambiente peridomiciliar oferece uma gama de características para o sucesso no desenvolvimento de populações de flebotomíneos e que pode ser usada como indicadores para previsão da ocorrência de vetores e prognosticar futuros cenários de leishmanioses e nortear ações preventivas para essas endemias. Da mesma forma a infestação de flebotomíneos pode ser um indicativo de problemas ambientais em determinadas áreas.

Considerando que a prevalência e gravidade das manifestações das leishmanioses consistem, ainda hoje, um grave problema de saúde pública em Buriticupu, a idéia de interpretar e discutir os dados acumulados sobre a riqueza, abundância e sazonalidade dos flebotomíneos em ambientes silvestres e peridomiciliares rurais de tempos pretéritos parece constituir um fator importante para ajudar no conhecimento da ecologia dos flebotomíneos e conseqüentemente, no conhecimento do perfil epidemiológico da leishmaniose tegumentar no período atual.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GERAL**

Apresentar os aspectos bioecológicos gerais dos flebotomíneos e estudar a estrutura da comunidade desses dípteros em ambientes silvestres e antropogênicos em áreas com diferentes épocas de colonização, no município de Buriticupu.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Apresentar os aspectos bioecológicos dos flebotomíneos com o intuito de conhecer melhor o grupo, no sentido de embasar a pesquisa científica original realizada na Amazônia Maranhense;

Estudar a variação na riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos em ambientes florestais e peridomiciliares de áreas de ocupação antiga e recente da Amazônia maranhense, submetidas ao desmatamento;

Determinar a variação temporal de populações de flebotomíneos em ambientes florestais e peridomiciliares de áreas de ocupação antiga e recente da Amazônia maranhense, submetidas ao desmatamento.

## CAPÍTULO II

### 5 REVISÃO DA LITERATURA

#### 5.1 Classificação dos flebotomíneos

Os flebotomíneos constituem uma subfamília pertencente à família Psychodidae da subordem Nematocera da ordem Diptera. E exemplo de outros grupo de dípteros a classificação destes insetos tem sido motivo de sucessivas revisões em decorrência de definir e discernir os caracteres taxonômicos. Os flebotomíneos são insetos diminutos e as diferenças percebidas nas estruturas morfológicas nem sempre são fáceis de serem encontradas. Obviamente, esse conjunto de fatores dificultou o desenvolvimento da sistemática e da taxonomia. Os estudos pioneiros de Adler & Theodor (1926) possibilitaram dar um novo rumo à classificação dos flebotomíneos, ao detectarem variações nas estruturas morfológicas das fêmeas, notadamente, no cibário (Figura 1) e nas espermatecas (Figura 2). A partir daí, a busca por novos caracteres taxonômicos foi crescente (DANTAS-TORRES, 2009), principalmente quando os flebotomíneos passaram a ser reconhecido como únicos vetores das leishmânias causadoras das leishmanioses, que tornaram-se um grande problema de saúde pública. Quase um século depois dos estudos iniciais, há chaves dicotômicas produzidas por diferentes autores (YOUNG & DUNCAN, 1994; GALATI, 2003) que podem auxiliar pesquisadores iniciantes na identificação desses importantes componentes da fauna tropical.

Recentemente, Galati (2003) propôs um estudo das relações filogenéticas dos flebotomíneos do Novo Mundo. A subfamília Phlebotominae foi dividida em duas tribos: i) Hertigini, que passou a incluir os gêneros *Warileya*, *Hertigia* e *Chinius*; e ii) Phlebotomini, que por sua vez, foi subdividido em seis subtribos – Phlebotomina; Australophlebotomina; Brumptomyiina; Sergentomyiina; Lutzomyina e Psychodopygina. A autora propôs mudanças radicais, ao elevar grupos e subgêneros ao nível de gênero. Foi o que ocorreu com os subgêneros da subtribo Psychodopygina que passaram a ser tratados como gênero, incluindo *Psathyromyia*, *Viannamyia*, *Nyssomyia*, *Trichophoromyia* e *Psychodopygus*, resultando, em consequência, em uma nova organização sistemática. A mudança também afetou o grupo Verrucarum que foi

incluído no gênero *Pintomyia*, subgênero *Pifanomyia*. Nesse rearranjo, a maior mudança ficou na segregação do gênero antes conhecido como *Lutzomyia* (BEATI *et al.*, 2004). Como contribuição desse estudo foi elaborada uma chave dicotômica, incluindo 88 caracteres morfológicos, para a identificação de flebotomíneos do Novo Mundo.

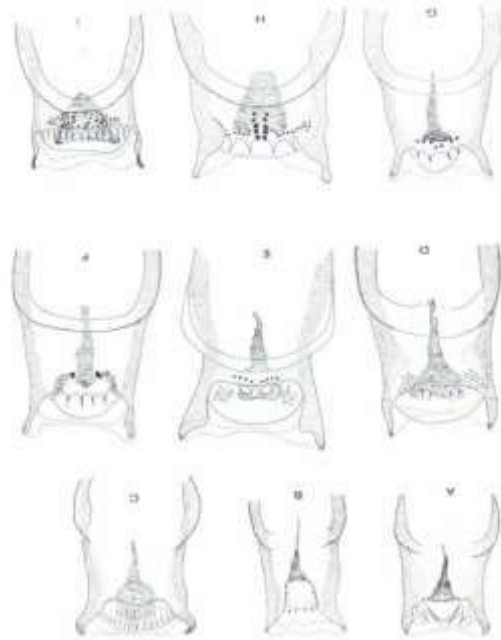


Figura 1. Tipos morfológicos de cibários encontrados em fêmeas de diferentes espécies de flebotomíneos. (Desenhos disponíveis em Galati, 2003).

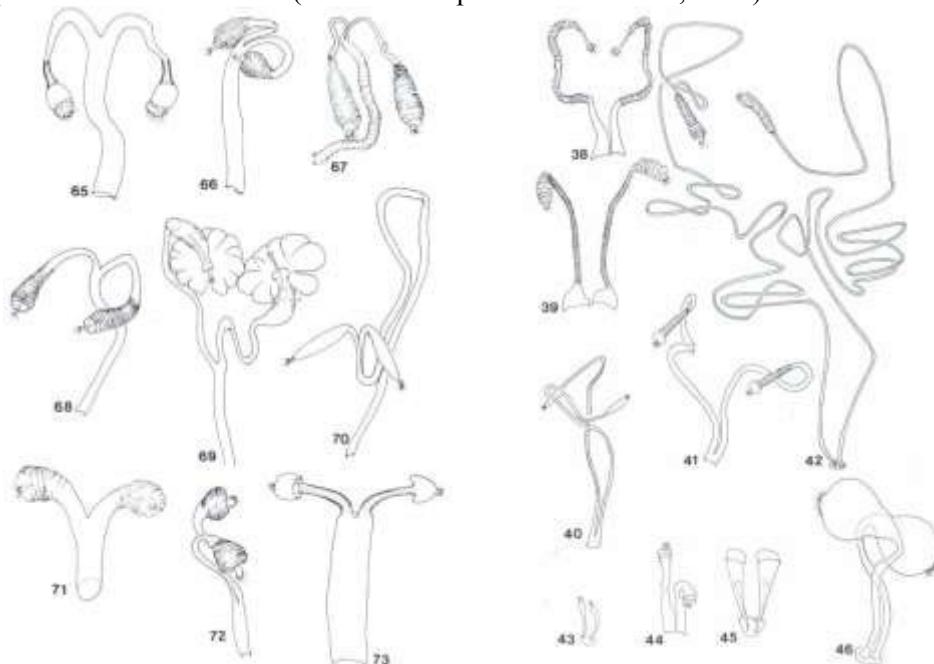


Figura 2. Tipos morfológicos de espermatecas encontrados em fêmeas de diferentes espécies de flebotomíneos. (Desenhos disponíveis em Galati, 2003).

Naturalmente, em função do tamanho diminuto, a identificação de flebotomíneos por meio de caracteres morfológicos, exige a montagem dos exemplares entre lâminas e lamínulas para observação dos caracteres diagnósticos (de difícil acesso e visualização) em microscopia. Além desse tipo de identificação ser lento, é necessária grande *expertise* do identificador.

Com o desenvolvimento tecnológico, o estudo da sistemática e taxonomia de flebotomíneos vem utilizando técnicas alternativas, como o emprego de marcadores moleculares que vem se intensificando e ganhando reconhecimento (DEPAQUIT, 2014; GRACE-LEMA *et al.*, 2015). A técnica da biologia molecular, através da pesquisa de sequências de DNA conhecidas, pode avaliar o genótipo de cada indivíduo ajudando na identificação taxonômica (TERAYAMA *et al.*, 2008; MANONMANI *et al.*, 2010).

Uma alternativa promissora, é o DNA *Barcoding*, uma metodologia molecular de identificação que utiliza um pequeno fragmento do mtDNA para delimitar espécies (HEBERT *et al.*, 2003). Essa ferramenta vem sendo desenvolvida desde 2003 e hoje conta com um banco de dados consistente (RATNASINGHAM & HEBERT, 2007) e algoritmos próprios de identificação de espécies (RATNASINGHAM & HEBERT, 2013).

Em relação aos flebotomíneos essa técnica (DNA *Barcoding*) já foi empregada em várias espécies e as bandas vêm sendo geradas em trabalhos tanto do Velho Mundo (KUMAR *et al.*, 2012; KRÜGER *et al.*, 2011; GAJAPATHY *et al.*, 2016; POLSEELA *et al.*, 2015; SUKANTAMALA *et al.*, 2016) quanto no Novo Mundo (SCARPASSA & ALENCAR, 2013; GUTIÉRREZ *et al.*, 2014; NZELU *et al.*, 2015; PINTO *et al.*, 2015; ROMERO-RICARDO *et al.*, 2016). Esse método também foi empregado em flebotomíneos do estado do Maranhão (LEITE *et al.*, 2018). O intuito é de aprimorar as sequências disponíveis no banco de dados (BOLD Systems), e descrever a aplicabilidade da ferramenta na identificação de flebotomíneos, já que a delimitação de espécies pode não ser feita com eficiência com essa metodologia em alguns grupos (LAURITO *et al.*, 2013).

Métodos de identificação molecular vêm se mostrando eficientes na descoberta de espécies crípticas na subfamília dos flebotomíneos (PINTO *et al.*, 2015; GAJAPATHY *et al.*, 2016; LEITE *et al.*, 2018). Além de uma identificação mais precisa, a delimitação de espécies crípticas é de grande importância. Algumas espécies já são reconhecidas como complexo de espécies crípticas (SOUZA *et al.*, 2017), e

sabendo que a competência vetorial pode variar entre populações (READY, 2013), delimitar as barreiras desses grupos é de grande importância epidemiológica.

Em síntese, dentre as classificações dos flebotomíneos utilizada, a mais aceita é a de Lewis *et al.*(1977), que divide os flebotomíneos em cinco gêneros: *Phlebotomus* Rondani & Berté, 1840 e *Sergentomyia* França & Parrot, 1920, presentes no Velho Mundo; *Brumptomyia* França & Parrot, 1921, *Warileya* Hertig, 1948 e *Lutzomyia* França, 1924 restritas ao Novo Mundo. Adotaremos esta classificação no presente trabalho.

## 5.2 Nomes populares

Os flebotomíneos são bem conhecidos nas áreas endêmicas de leishmaniose. Nos países de língua inglesa são popularmente conhecidos como *sandfly*; entretanto, no território brasileiro e nos países de língua latina são inúmeras as denominações o que mostra que esses insetos são facilmente visualizados pelas populações de áreas endêmicas de leishmanioses. Nos países sulamericanos são denominados *chitre*, *palomilla*, *manta blanca*, *quemador*, *pringador*, *jején*, *angoleta* e *titira*. No Brasil, há designios correspondentes, além de mosquito palha, asa dura, asa branca, bererê, birigui, cangalhinha, anjinho, catuqui, murutinga. Na Região Amazônica do Maranhão são designados tatuquira e tatuíra, enquanto no Baixo Parnaíba são chamados de péla-égua e na ilha de São Luís são conhecidos como arrupiado e furrupa (REBÊLO, 1997). O termo arrupiado indica o excesso de pelos eretos que os adultos, machos e fêmeas apresentam.

## 5.3 Distribuição

Os flebotomíneos encontram-se distribuídos por quase todas as regiões do mundo. Os gêneros *Lutzomyia*, *Brumptomyia* e *Warileya* ocorrem somente no Novo Mundo e são mais abundantes na Região Neotropical (YOUNG & DUNCAN, 1994). Dentro dessa grande região, a riqueza e abundância das espécies flutuam de acordo com as áreas climáticas (SHERLOCK, 2003). Assim como ocorre com outros dípteros, a distribuição geográfica das espécies de flebotomíneos é influenciada por barreiras físicas, climáticas, vegetacionais, luminosidade e ecológicas, como a abundância de



hospedeiros vertebrados (ARIAS *et al.*, 1985). A distribuição dos flebotomíneos estende-se além da zona intertropical, sendo encontrados em regiões onde a temperatura média varia de 16 °C a 44 °C, em altitudes que vão desde o nível do mar até 1500 metros de altitude (COLACICCO-MAYHUGH *et al.*, 2010).

Em condições naturais, os flebotomíneos ocorrem em comunidades estáveis distribuídas ao longo dos diversos ecossistemas, porém, devido ao desmatamento e outros tipos de degradação da cobertura vegetal original de vastas áreas do neotrópico, os flebotomíneos são encontrados em áreas rurais (ARAÚJO *et al.*, 2000; CARVALHO *et al.*, 2000) e urbanas como resultado do avanço humano sobre o meio ambiente (ANDRADE *et al.*, 2012; KASSEM *et al.*, 2012).

A ocorrência de epidemias de doenças transmitidas pelos flebotomíneos, como é o caso da leishmaniose, está diretamente ligada a expansão urbana que ocorre pela introdução acidental ou planejada do homem em regiões onde os flebotomíneos habitam (ACEVEDO e ARRIVILLAGA, 2008).

Dentro dos ecossistemas naturais, os flebotomíneos distribuem-se de acordo com o tipo de biótopo e suas exigências ecológicas. A sua estrutura orgânica delicada, os limitam das alterações bruscas do clima, e para maior proteção buscam abrigos em locais úmidos, sem luminosidade, com baixa corrente de ar e com matéria orgânica em decomposição (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Dentre os abrigos mais comuns onde os flebotomíneos podem ser encontrados estão os troncos de árvores, tocas de tatu, folhas caídas no solo, grutas, fendas nas rochas, anexos de animais domésticos e até paredes externas e internas de domicílio, que possuem as condições adequadas (AGUIAR e MEDEIROS, 2003). A floresta tropical é o ambiente que mais oferece estes abrigos aos insetos e é onde os flebotomíneos são mais diversificados (REBÊLO *et al.*, 2010). Por isso, no território brasileiro, o principal biótopo que abriga esses insetos são os troncos de árvores, onde foram encontradas 111 espécies, representando 42% dos flebotomíneos. Dentro desse contexto, no Brasil a floresta amazônica se destaca frente aos demais biótopos (AGUIAR e MEDEIROS, 2003), nela existe a possibilidade de se encontrar em uma pequena área, mais de 30 espécies diferentes de flebotomíneos (ALEXANDER, 2000).

Naturalmente, as espécies silvestres, aquelas que ainda vivem exclusivamente em áreas florestais ou afastadas das áreas antropizadas representam uma grande proporção da fauna conhecida. Mas de 140 espécies ainda são silvestres o que

representa 56% das espécies relatadas no Brasil (SHIMABUKURO e GALATI, 2011). As espécies restante se relacionam de alguma forma com os ambientes antropizados.

A área de distribuição geográfica do gênero *Phlebotomus* estende-se do Mediterrâneo à região Afrotropical, Oriente Médio e Região Orienta à Ásia Central. Eles são encontrados em uma area que varia de altitudes de Jericó na Palestina (~300 metros abaixo do nível do mar) à Mashad no Irã (3.600 metros acima do nível do mar). Apenas umas poucas espécies de *Phlebotomus* estão presentes em áreas intertropicais, tais como sub-Saara na África, Sudeste da Ásia, ou na região do Pacífico. Eles se alimentam principalmente de mamíferos, contudo, existem algumas exceções. Este gênero inclui muitas espécies antropofílicas e endofílicas. Todas as espécies vetores de leishmanioses tegumentar e visceral encontradas na Eurásia e África pertencem a este gênero.

O gênero *Sergentomyia* (FRANCA E PARROT, 1920) está subdividido no subgênero: *Capensomyia*, *Grassomyia*, *Neophlebotomus*, *Parrotomyia*, *Parvidens*, *Rondonomyia*, *Sergentomyia*, *Sintonius*, *Spelaeomyia*, e *Vattieromyia* (Fig 1). Este gênero contém alguns grupos de espécies. Membros deste gênero estão distribuídos no Velho Mundo e são dominantes em áreas tropicais, onde espécies de *Phlebotomus* são escarsas. Sua distribuição compreende as regiões da Afrotropical, Oriental, e australiana, a Índia, o sub-Saara africano, e Ásia. Muitas espécies se alimentam de lagartos, mas algumas espécies ocasionalmente picam mamíferos (LEWIS, 1975). Alguns espécimes de *Sergentomyia* são encontrados infectados com *Sauroleishmania* (um subgênerode *Leishmania*) e *Trypanosoma* que são frequentemente identificados de lagartos (LAINSON e SHAW, 1987). Mas evidências atuais indicam que parasitas do gênero *Leishmania* não são transmissíveis por espécies de *Sergentomyia*(SADLOVA *et al.*, 2013).

#### **5.4 Diversidade**

Em todo o mundo são conhecidas, aproximadamente, 900 espécies de flebotomíneos, das quais, mais de 500 estão presentes na região Neotropical e cerca de 260 já foram registradas no Brasil (GALATI, 2003; READY, 2013).

### 5.5 Ciclo de Vida

O desenvolvimento dos flebotomíneos é do tipo holometábolo ou completo, passando pelas fases de ovo, quatro estádios larvários, pupa e adultos (Figura 3)

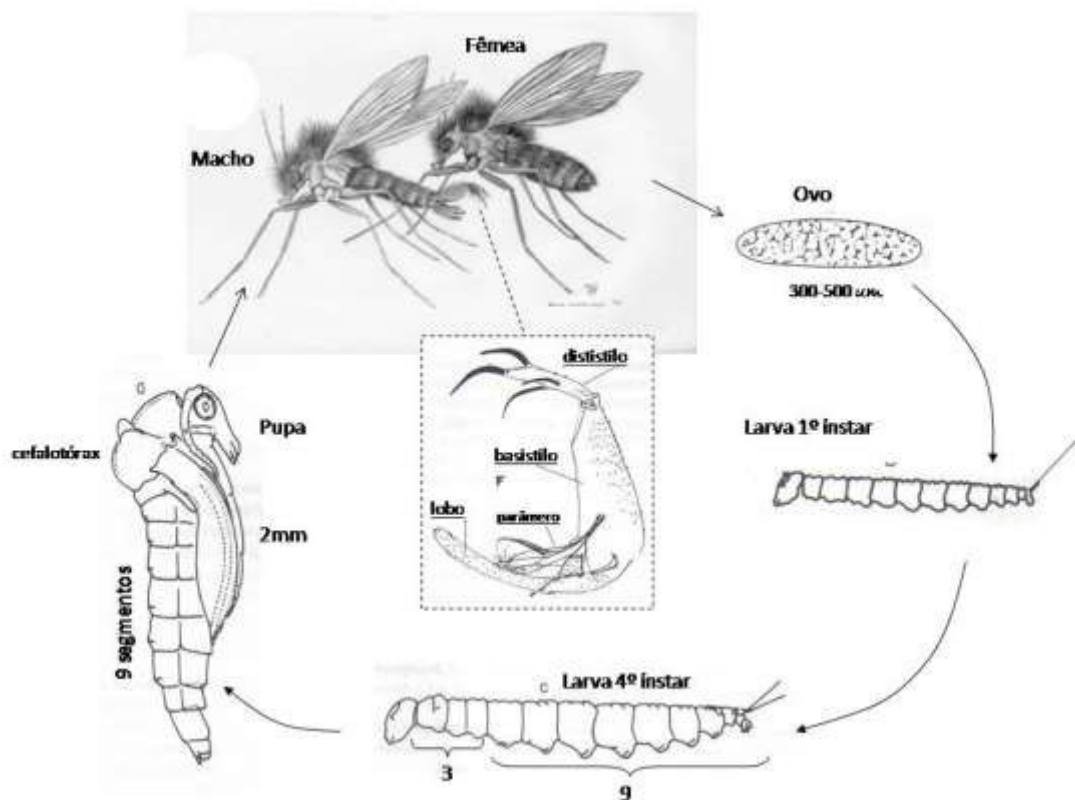


Figura 3. Ciclo biológico dos flebotomíneos, mostrando as fases do desenvolvimento holometábolo ou completo. Atlas de leishmaniose tegumentar (RANGEL e LAINSON, 2003)

A fase de ovos é bastante delicada ao se expor ao intemperismo e inimigos naturais (predadores). Os são depositados em micro-habitats terrestres, ricos em matéria orgânica (ALEXANDER, 2000), possuem forma elipsóide, de cor negra, medindo de 300 a 500 micrometros de comprimento por 70 a 150 micrometros de largura (FERRO *et al.*, 1998; BRAZIL e BRAZIL, 2003).

As larvas são livres e movimentam-se ativamente em seus criadouros, mas também estão expostas aos predadores e variações ambientais. Em situação climática adversa ao seu desenvolvimento, as larvas têm a capacidade de entrar em diapausa, o que faz com que quando o clima se torne favorável o desenvolvimento larvário progrida

(TESH, 1988). Elas passam por quatro estágios e possuem aspecto vermiforme, sendo pequenas, brancas e ao nascer já se alimentam de matéria orgânica em decomposição. Seu corpo é dividido em cabeça, três seguimentos torácicos e nove seguimentos abdominais. A cabeça é recoberta de espinhos, possui um par de antenas e as peças bucais são do tipo triturador. O tórax, apesar de menos desenvolvido, é recoberto por cerdas, o que pode ser utilizado para identificação da espécie. Os dois últimos segmentos do abdômen são diferenciados dos demais, possuindo falsas patas abdominais que se dedicam à locomoção. É também no último segmento, que existem estruturas responsáveis pela fixação da larva no momento da muda (LEITE e WILLIAMS, 1997). O número médio em dias observado para cada estágio larvar de *Lu. shannoni*, foi de 9,6 dias para L1, 9,2 dias para L2, 11,8 dias para L3 e 19,9 dias para L4 (FERRO *et al.*, 1998).

Um aspecto importante desse ciclo vital é o fato dos estágios larvares de flebotomíneos desenvolvendo-se fora da água, em locais ricos em matéria orgânica em decomposição, especialmente de natureza vegetal. As larvas podem ser saprófagas, anfipneusticas, do tipo eruciforme (BRAZIL e BRAZIL, 2003). No entanto, se ovos ou larvas de primeiro estágio ficarem imersos em água, são capazes de sobreviver por cinco dias, e as larvas de quarto estágio conseguem sobreviver por 14 dias. Contudo, se forem removidas da água antes desse prazo, continuam o desenvolvimento normalmente (ADLER e THEODOR, 1957).

No estágio de pupa o inseto não se alimenta e possui tonalidade branco-amarelado. O corpo é dividido em cefalotórax e abdômen, fica aderido a um substrato endurecido até o momento da eclosão após uma média de 15 dias (FERRO *et al.*, 1998), quando sua coloração assume um tom mais escuro (BRAZIL e BRAZIL, 2003).

Os adultos diferem dos demais dípteros psicodídeos, por possuírem corpo mais delgado e pernas mais longas e delgadas. Eles são amarelados ou castanhos, de pequeno porte (1 a 3 milímetros), com asas eretas, inclusive em repouso, o que lhes permitem deslocamento por saltos (LEWIS, 1974), são frágeis, pilosos (AGUIAR & MEDEIROS, 2003). Os adultos de uma mesma espécie apresentam dimorfismo sexual, os machos possuem estruturas da genitália exteriorizadas e as fêmeas não (Figura 3 e 4) e diferem-se também pelo hábito alimentar, onde as fêmeas são hematófagas. Morfologicamente, as principais diferenças entre sexo estão nos últimos segmentos abdominais, destacados nos machos, modificados para constituir a genitália externa, e nas probóscides, longa

nas fêmeas, e adaptada para picar e sugar (BRAZIL e BRAZIL, 2003). De acordo com Ferro *et al.* (1998), a expectativa de vida varia entre quatro a quinze dias para um adulto de *L. shannoni*. Cada fêmea adulta de flebotomíneos é capaz de realizar uma postura de dois a 80 ovos, com média em 28 ovos (MORALES *et al.*, 2005), e levam em média oito dias e meio para eclodirem (FERRO *et al.*, 1998). A superfície corporal é bastante permeável apresentando um revestimento quitinoso delgado, necessitando assim, abrigar-se em locais onde possam proteger-se das mudanças bruscas que ocorrem no meio ambiente (AGUIAR *et al.*, 1987; MEDEIROS, 2003).

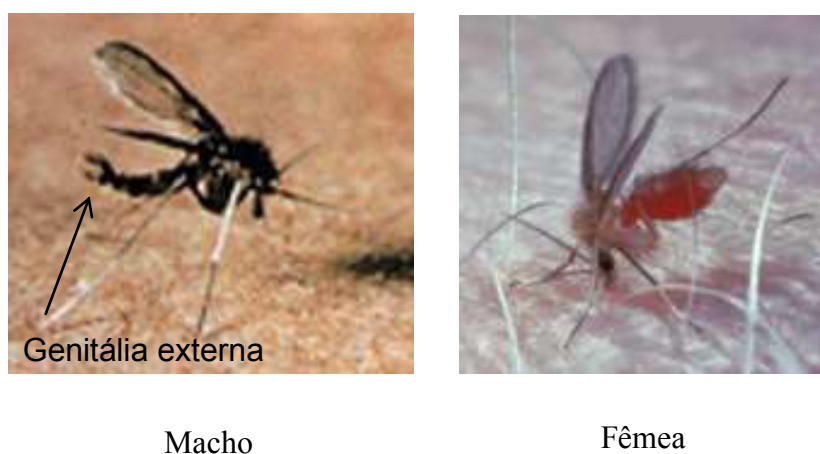


Figura 4. Imagens mostrando a morfologia externa e a diferença entre machos e fêmeas (Imagens extraídas do Manual do Programa de Controle da leishmaniose tegumentar, Ministério da Saúde, 2017).

A eclosão do ovo ocorre de sete a 17 dias (MONTEIRO, 2012), mas os valores do ciclo completo médio são diferentes entre três espécies: *L. longipalpis* – aproximadamente 29 dias; *L. intermedia* – 32 dias; e *L. lenti* – 40 dias (BRAZIL *et al.*, 1997). Na Colômbia, observaram que o período para se completar um ciclo de vida de *L. spinicrassa* mantidos em laboratório varia de 58 a 78 dias, desde que se tenha condições controladas de temperatura e umidade (MORALES *et al.*, 2005). Estas, de acordo com devem estar entre 22 °C a 30 °C e 87 a 99% de umidade relativa do ar (FERRO *et al.*, 1998). Este mesmo ciclo de vida pode ter sua duração aumentada para além de 90 dias se não houver controle das condições ambientais, mas ainda permanecem desconhecidas as mesmas informações da espécie em condições naturais (MORALES *et al.*, 2005).

## 5.6 Alimentação

Os flebotomíneos se alimentam de substâncias açucaradas com a finalidade de produzir energia e manter a homeostasia (AZEVEDO *et al.*, 2011). Essas substâncias incluem melesitose e frutomaltose (pulgões), maltose, sacarose, glucose e frutose. Tanto os machos como as fêmeas sugam sucos vegetais, néctar de flores, frutos e soluções açucaradas (SMITH *et al.*, 1940,1941; PESSOA e BARRETO, 1948; DEANE *et al.*, 1955; SHERLOCK e SHERLOCK, 1961, 1972; ALEXANDER e USMA, 1994). Os carboidratos podem afetar o desenvolvimento e o estabelecimento das leishmânias promastigotas no tubo digestório das fêmeas (SHERLOCK, 2003). Quando os flebotomíneos ingerem o açúcar, este é estocado no divertículo, onde é levado ao trato digestório e então absorvido (BRAZIL e BRAZIL, 2003).

Diferente dos machos, as fêmeas necessitam de sangue na alimentação com finalidade reprodutiva. O sangue possibilita a maturação de seus ovos (MONTEIRO, 2012). Para realizar a hematofagia, as fêmeas de flebotomíneos inoculam saliva durante a picada. Esse processo é necessário pois a saliva tem propriedade anticoagulante, vasodilatadora e desagregadora de plaquetas, além de anestésica. As fêmeas iniciam sua alimentação sanguínea entre 24 e 48 horas após a sua emergência da pupa, e como possuem peças bucais relativamente curtas, acabam realizando um procedimento diferenciado dos demais insetos para conseguir alimentar-se. Inicialmente dilaceram a pele e os capilares sanguíneos, formando um coágulo subcutâneo, onde a fêmea é capaz de sugá-lo. Este exercício pode custar para a fêmea cerca de um a cinco minutos para atingir um repasto completo (BRAZIL e BRAZIL, 2003).

O sangue ingerido pela fêmea sofre processo de digestão entre 24 e 48 horas (MONTEIRO, 2012). Nesse período o ovário amadurece de modo que há uma relação direta entre o número de ovos produzidos e o volume de sangue ingerido (READY, 1979). Apesar da necessidade de sangue, em casos raros fêmeas de algumas espécies de flebotomíneos podem reproduzir sem sugar sangue, são as fêmeas autogênicas. Esse fenômeno já foi observado em fêmeas de *P. papatasi*, *L. gomesi* e *L. cruciata* que realizaram a postura de ovos sem previa ingestão sanguínea (ADLER e THEODOR, 1957; TESH, 1988; BRAZIL e BRAZIL, 2003).

Sobre a preferência alimentar, estudos demonstraram que algumas espécies podem apresentar comportamento eclético quanto à fonte sanguínea, entretanto outras possuem preferência restrita a uma espécie de hospedeiro (ADLER & THEODOR, 1957; TESH, 1988). Como exemplo, temos *L. longipalpis*, *L. intermedia*, *L. migonei* e *L. fischeri* consideradas menos seletivas quanto à fonte, podendo picar o homem, cães, gatos, aves e outros animais com muita avidez no mesmo ecótopo, e exemplificando a situação oposta, a espécie *L. quinquefer* alimenta-se de sangue de répteis (DANTAS *et al.*, 2006; ALVES, 2008).

### **5.7. Sazonalidade**

O tamanho das populações das espécies de flebotomíneos pode variar através das estações (REBÊLO *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2003; ANDRADE, 2010). Em áreas tropicais, a densidade populacional de flebotomíneos aumenta durante ou após períodos chuvosos, pois é a alta umidade resultante das primeiras chuvas que proporciona a eclosão das pupas, outrossim é o fato indicativo para previsão de maior atividade destes insetos fora de seus abrigos (ALMEIDA *et al.*, 2010). Por outro lado, usualmente se registra uma redução populacional durante longos períodos secos (TESH, 1988), resultando um complexo dependente de fatores bióticos, físicos e ambiental (LEWIS, 1974).

### **5.8. Hábito/atividade nictemeral**

A variação das atividades dos flebotomíneos tem sido estudada em várias regiões (MARCONDES 2001; REBELO 2001; BRITO *et al.*, 2002) porém, são poucas as informações relacionadas às variações das atividades dos flebotomíneos na região amazônica. Os flebotomíneos, com algumas exceções, caracterizam-se por apresentar atividade crepuscular ou noturna (BRAZIL e BRAZIL, 2003) e permanecem em seus nichos de repouso durante a maior parte do dia (BRAZIL e BRAZIL 2003), com os horários preferidos para suas atividades sendo bastante variáveis de um local para outro e até mesmo de uma espécie para outra dentro de um mesmo local (BARROS *et al.*, 2000; SOUZA *et al.*, 2001). A atividade noturna está relacionada ao fato desses insetos, que são muito pequenos, aproveitarem as temperaturas mais baixas do período noturno

para suas atividades, ficando dessa forma, protegidos da dessecação (GIBSON e TORR 1999).

Estudos têm demonstrado que em áreas amazônicas, onde o clima é quente e úmido, os flebotomíneos podem permanecer ativos a noite inteira, tendendo a uma frequência significativamente maior na primeira metade da noite (GAMA NETO *et al.*, 2013). A título de ilustração, as espécies *L. anduzei*, *L. umbratilis*, *L. flaviscutellata*, *L. georgii*, *L. eurypyga*, *L. davisii* e *L. rorotaensis* podem ser encontradas a noite toda, com variação no pico de abundância.

## 5.9. Dispersão

Com relação à dispersão, estudos em área de floresta tropical no Panamá, revelaram que a dispersão de flebotomíneos limitava-se a 200 metros ou menos (CHIANOTIS *et al.*, 1974). Porém, de acordo com Alexander e Young (1992) as distâncias de recuperação de cinco espécies do gênero *Lutzomyia* após a metodologia de captura, marcação com talco fluorescente, soltura e recaptura em uma área de cafezal, em foco de leishmaniose, vão além dos 200 metros. Os números variaram de valores menores que cinco a 960 metros em até 96 horas, com valores médios máximos de 320 metros em 24 horas. Quando a soltura de *L. longipalpis* ocorreu em área peridomiciliar, foi possível recuperar insetos a uma distância próxima de 500 metros (BRAZIL e BRAZIL, 2003). Resultados bem diferentes foram encontrados num estudo com *P. papatasi* no Uzbequistão, onde a distância limite foi de pelo menos quatro quilômetros, servindo dualmente de exemplo para confirmar a grande diferença existente entre as espécies e as condições do local onde se encontram (ALEXANDER & YOUNG, 1992).

## 5.10. Ocorrência de flebotomíneos em áreas antropogênicas

Vários estudos têm demonstrado a ocorrência bem sucedida de flebotomíneos nos ambientes peridomésticos rurais e periurbanos (ARAÚJO *et al.*, 2000; BARROS *et al.*, 2000; CARVALHO *et al.*, 2000). A presença de animais domésticos influencia na densidade dos flebotomíneos dentro ou próximo a habitações humanas e, conseqüentemente, aumenta os riscos de transmissão de espécies de *Leishmania* para humanos (XIMENES *et al.*, 1999; DIAS *et al.*, 2003). Alguns estudos têm mostrado que



a agregação de flebotomíneos em ambiente peridomiciliar está relacionada com a liberação de feromônios pelos insetos e caïromônios pelos hospedeiros (DOUGHERTY *et al.*, 1993; QUINNELL e DYE, 1994). Este é um campo promissor para auxiliar no estabelecimento de programas de controle vetorial.

### 5.11. Importância vetorial dos flebotomíneos

Nem todas as espécies de flebotomíneos são vetores de parasitas causadores de doenças. Esse papel restringe a pouco mais de 30 espécies que de fato estão relacionadas com a transmissão de doenças a humanos. Apesar de pouca divulgação os flebotomíneos estão envolvidos na transmissão de febre dos flebotomíneos, doença de Carrión, reação de urticária Harara, além de leishmaniose (CÁCERES, 1993). Eles também transmite tripanossomatídeos para répteis e anfíbios (ADLER e THEODOR, 1957).

Para se ter uma noção, na região do Peru, *L. verrucarum* encontra-se bem adaptada às áreas antropizadas de ocorrência da doença de Carrión. Esta doença também conhecida como febre de Oroya, bartonelose ou verruga peruana, é causada pela bactéria *Bartonella bacilliformis* e cursa com casos de severa hemólise, que pode gerar severa infecção secundária e levar a morte. Essa síndrome também ocorre no Equador e Colômbia (CÁCERES, 1993; COOPER *et al.*, 1997).



Figura 5. Bartonelose ou verruga peruana causada por *Bartonella bacilliformis* e transmitida por *Lutzomyia verrucarum* (flebotomíneos). Imagem disponível no site <https://www.studyblue.com/notes/note/n/medstudy-id-2/deck/17451619>.

Na região de Israel os flebotomíneos causa uma doença chamada de Harara, que é uma reação alérgica à picada das fêmeas desses insetos. Esta enfermidade possui uma distribuição sazonal dependente da quantidade de vetor no ambiente. Os sinais aparecem entre oito a 14 dias após a picada do inseto, formam-se pápulas e pequenas bolhas no local, podendo persistir por muitas semanas e os sinais clínicos evoluem caso não haja prevenção a novas picadas. Em locais onde realizaram o tratamento para eliminação de *P. papatasi* das habitações humanas, casos de Harara e de febre de flebotomíneos não foram mais reportados (ADLER e THEODOR, 1957).

Os flebotomíneos também são vetores de tripanossomatídeos. Na ilha de Malta, três exemplares de *Sergentomyia minuta* se infectaram intensivamente com *Trypanossoma platydictylis* após alimentarem em um lagarto da espécie *Tarentola mauritanica*. Na Índia, *T. phlebotomi* foi encontrado sendo transmitido por *Sergentomyia babu shorttii*; e na China *S. squamirostris* é a espécie vetor de *T. bocagei*, que é um parasito do anfíbio *Bufo bufo gargarisans* (ADLER e THEODOR, 1957).

A febre dos flebotomíneos é uma arbovirose (do inglês *Arthropod borne viruses*) conhecida desde 1909, identificada por causar quadros febris em uma comissão armada australiana durante uma incursão à Iugoslávia. Seu quadro clínico é bastante variável, podendo causar desde um breve quadro febril ou avançar até meningoencefalite. Os principais gêneros relacionados na transmissão são os dípteros psicodídeos, principalmente dos gêneros *Lutzomyia* e *Phlebotomus*. Esta doença afeta não apenas o homem, mas os animais vertebrados em geral e sua sintomatologia clínica se confunde com outras arboviroses (ADLER e THEODOR, 1957). Existem cerca de 55 sorotipos de *Phlebovirus* causadores da febre do flebotomíneos no mundo, e cada um possui sua área de distribuição, sendo poucos os casos onde pode se encontrar dois sorotipos na mesma região. Este fato está relacionado com a biologia de cada vetor existente em cada área de ocorrência da doença. Também, já está comprovada a ocorrência de transmissão trans-ovariana, o que torna um excelente mecanismo de sobrevivência do flebovírus durante períodos desfavoráveis ao vetor, como ocorre nos invernos rigorosos da Europa, em que as fontes alimentares são escassas para os insetos (ADLER e THEODOR, 1957).

Nas Américas, em áreas endêmicas de leishmaniose, principalmente do tipo cutânea foram isoladas cepas de flebovírus em *L. trapidoi*, *L. ylephiletor*, *L.*

*flaviscutellata*, *L. umbratilis*, *L. panamensis* e *L. sanguinária*, mas a importância desse vírus ainda é motivo de esclarecimento (ADLER e THEODOR, 1957).

Na Ásia, a febre do flebotomíneo foi diagnosticada na China, local onde o único vetor comprovado, o *P. papatasi*, não ocorre. Nessa região outras espécies de flebotomíneos podem ser incriminadas como vetores dessa enfermidade. É o caso de *Phlebotomus chinensis* e *P. mongolensis* que sugam sangue humano em áreas de ocorrência da doença (ADLER e THEODOR, 1957).

Apesar da notificação de casos de diversas doenças transmitidas por flebotomíneos, eles são mais conhecidos como vetores das leishmanioses. Essas doenças são causadas por espécies de protozoários do gênero *Leishmania* que compreende aproximadamente 30 espécies (Tabela 1), das quais cerca de 20 são patogênicas para a espécie humana (LAINSON e SHAW, 1998; ASHFORD, 2000; DESJEUX, 2004; READY, 2013).

A Leishmaniose Visceral é causada pelas espécies *Le. (Leishmania.) donovani* e *Le. (L.) infantum*. Trata-se de uma doença negligenciada, endêmica em aproximadamente 88 países, com uma estimativa de incidência de 500.000 novos casos e 59.000 mortes anualmente (WHO, 2010). Apresenta uma ampla distribuição geográfica, sendo encontrada na Ásia, Europa, Oriente Médio, África, e nas Américas, Nessa última região é uma zoonose de evolução crônica de grande importância epidemiológica, sobretudo no Brasil, devido a sua alta incidência, ampla distribuição e gravidade, pois se não tratada adequadamente leva o paciente ao óbito (GONTIJO& MELO, 2004). Afeta o fígado, o baço e a medula óssea e causa diversas complicações (Figura 6).



Figura 6. Imagem de um paciente com hepatoesplenomegalia, característico de leishmaniose visceral. Imagem disponível no Manual do Programa de Controle da leishmaniose visceral – Ministério da Saúde (2014).

Na América Latina, a leishmaniose visceral já foi descrita em pelo menos 12 países, sendo o Brasil, o que notifica o maior número de casos, onde a doença é considerada endêmica, pois atinge as cinco regiões brasileiras, com a ocorrência de casos humanos em 24 estados (QUEIROZ *et al.*, 2012).

Associado ao seu espectro de morbidade, esta zoonose é causada por um protozoário de ciclo biológico complexo, o que a torna uma enfermidade de grande magnitude e de baixa vulnerabilidade às atuais medidas de controle. A escassez de recursos e a atual falta de infraestrutura dos serviços de saúde, especialmente no que concerne ao diagnóstico da infecção por *Le infantum chagasi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), na população canina e humana, tornam as atuais medidas de controle pouco factíveis. Esse quadro vem se constituindo como um paradigma, favorecendo a perpetuação do ciclo vicioso entre pobreza e doença em muitos estados brasileiros, nos quais a leishmaniose visceral americana (LVA) permanece como mais uma doença negligenciada.

Em resposta a este cenário desfavorável, têm sido empreendidos vários esforços na tentativa de definir uma nova abordagem mais efetiva para o controle da doença no Brasil (COSTA & VIEIRA, 2001). Atualmente, a LVA é considerada endêmica em 19 estados do país, destacando-se aqueles da região Nordeste,

responsáveis pela maior parte dos casos notificados. Sobretudo nos últimos 20 anos, a doença difundiu-se e tornou-se cada vez mais comum em áreas urbanas ou periurbanas (SILVA *et al.*, 2001).

No período de 2010 a 2016, a Região Nordeste foi a que registrou o maior número de casos humanos. Foram 43.784 confirmações, que corresponderam a 31,08% dos casos totais no país (137.530 casos), e desses 14.072 ocorreram no Estado do Maranhão (BRASIL, 2018).

No Maranhão, o paradigma da endemia rural é substituído pelo da doença associada a modificações ambientais, à ocupação desordenada do espaço urbano e às precárias condições de vida da população exposta ao risco. Logo, seja no espaço rural ou urbano, a LVA amplia sua área de ocorrência, ultrapassando antigos limites geográficos definidos e tornando-se um sério problema de saúde pública em praticamente todo território (MENDES *et al.*, 2002)

Os índices de mortalidade só tendem a aumentar, uma vez que grande parte das pessoas têm poder aquisitivo baixo, não tendo acesso aos métodos de diagnóstico e tratamentos específicos, o que reforça a hipótese de que essa classe da população se torna mais vulnerável à doença (GONTIJO & MELO, 2004).

O quadro clínico da LVA se agrava principalmente quando está associado com a desnutrição e a infecção pelo vírus HIV, contribuindo para o aumento da mortalidade. Além disso, as crianças são um público especialmente afetado pela doença nas regiões endêmicas. Os sintomas mais comuns da LVA humana são fraqueza, perda de peso, febre intermitente, anemia, anorexia, pancitopenia e esplenomegalia com ou sem hepatomegalia (WHO, 2010).

No ciclo zoonótico silvestre, a cadeia de transmissão envolve espécies de canídeos silvestres como *Dusicyon vetulus*, *Cerdocyon thous* e *Chrysocyon brachyurus* como reservatórios primário se possivelmente outros mamíferos silvestres, como o marsupial do gênero *Didelphis* (DEANE, 1956; SHERLOCK *et al.*, 1984; BRAGA *et al.*, 1986). O cão (*Canis familiaris*) é o reservatório doméstico (Figura 7) da doença no ambiente urbano (GONTIJO & MELO, 2004). Este animal, por apresentar intenso parasitismo na pele, é altamente eficiente na manutenção do parasito nos focos endêmicos, favorecendo dessa forma a infecção dos vetores (MORENO & ALVAR, 2002).

Em relação aos vetores, as espécies de flebotomíneos *Lutzomyia (Lutzomyia) longipalpis* (LAINSON & SHAW, 2005; SHAW & LAINSON, 1987) e *L. (Lutzomyia) cruzi* constituem os principais vetores da leishmaniose visceral zoonótica no Brasil. Esta última espécie foi incriminada como vetor da *Le. i. chagasi* em Mato Grosso do Sul, pois na região de Corumbá não ocorria *L. longipalpis* no período estudado, aliado ao fato de que o flebotomíneo foi encontrado com infecção natural por *Le. i. chagasi*, agente etiológico da LVA (SANTOS *et al.*, 1998).



*Lycalopex vetulus* (Zoo virtual, 2018)



*Canis familiaris*(MS, 2014)

Figura 7. Imagem da raposa nordestina, susceptível à leishmaniose visceral e de um cão com a doença. Imagem do cão disponível no Manual do Programa de Controle da leishmaniose visceral. Ministério da Saúde (2014)

A urbanização é um aspecto de grande importância a ser considerado na disseminação da LVA. A mudança epidemiológica que ocorreu na ecologia da LVA, favorecendo a ocorrência da doença em áreas rurais e periférica de centros urbanos está associada principalmente a ação do homem, atuando diretamente sobre o meio ambiente, a migração de pessoas infectadas da área rural para a periferia das cidades, contribuindo como fonte de infecção de indivíduos suscetíveis e a adaptação de espécies de flebotomíneos ao ambiente modificado pelo homem (HARHAY *et al.*, 2011).

A antropização do principal vetor, *L. longipalpis*, parece ser estimulada por fatores como a destruição de ecótopos silvestres, pela oferta de fontes alimentares animais e humanas, além da arborização abundante em quintais, acúmulos de lixo e a

presença de abrigos de animais silvestres dentro do perímetro urbano, facilitando o aparecimento de criadouros, o que aumenta a probabilidade do surgimento de novos surtos em áreas endêmicas, bem como sua propagação para novos locais no país (COSTA *et al.*, 1995).

A Leishmaniose Tegumentar (LT) é caracterizada pela produção de lesões cutâneas de diversos tipos, acometendo pele e mucosa (Figura 8). Possui alta incidência anual com novos casos variando entre 0.7 a 1.3 milhões no mundo (ALVAR *et al.*, 2012). No homem as formas clínicas de LT, que nas Américas é genericamente chamada de Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), incluem desde quadros assintomáticos a formas tegumentares de gravidade variável, com formação de um nódulo cutâneo pruriginoso o qual evolui para uma úlcera pouco dolorosa, oval ou arredondada, rasa e com as bordas elevadas. O tamanho da úlcera é variável desde alguns milímetros até mais de 10 centímetros.



Figura 8. Formas clínicas da leishmaniose tegumentar. Imagem disponível no Manual do Programa de Controle da leishmaniose tegumentar– Ministério da Saúde (2017).

AbLT é causada por *Le. (L.) major*, *Le. (L.) tropica* e *Le. (L.) aethiopica* que também causa Leishmaniose Cutâneo-Difusa no Velho Mundo, e nas Américas principalmente por *Le. (L.) amazonensis* e *Leishmania. (L.) mexicana* e por espécies do

subgênero *Viannia*: *Le. (V.) braziliensis*, *Le. (V.) guyanensis*, *Le. (V.) shawi*, *Le. (V.) lainsoni*, *Le. (V.) naiffi*, *Le. (V.) lindenbergi*, *Le. (V.) peruviana*, *Le. (V.) utingensis*, *Le. (V.) colombiensis* e *Le. (V.) panamensis*. A forma cutaneomucosa (LCM) causada principalmente por *Le. (V.) braziliensis* e raramente por *Le. (V.) guyanensis* e a forma cutâneo-difusa (LCD), causada por *Le. (L.) amazonensis* (ASHFORD, 2000; DESJEUX, 2004; KAYE e SCOTT, 2011).

Até o momento sete espécies de *Leishmania*, pertencentes aos subgêneros *Leishmania* e *Viannia*, foram identificadas, no Brasil, como causadoras de leishmaniose tegumentar humana (GONTIJO & CARVALHO, 2003; LAINSON & SHAW, 2005; CRUZ, 2010), a saber:

*Le. (V.) guyanensis*: de grande relevância, principalmente em função da sua alta frequência na região Amazônica, na margem norte do Rio Amazonas no Brasil (Amazonas, Pará, Amapá e Roraima), nas Guianas, Peru, Equador, Venezuela e Colômbia (DAVIES *et al.*, 2000). Causa predominantemente úlceras cutâneas, únicas ou múltiplas, devido a picadas simultâneas de flebotomíneos ou de metástases linfáticas secundárias (DEDET, 1990). O risco de infecção está associado ao ciclo silvestre. A doença ocorre com frequência em indivíduos que exercem atividades profissionais em matas, muitas vezes apresentando um caráter ocupacional. Os reservatórios são desdentados e marsupiais, como a preguiça (*Choloepus didactylus*), o tamanduá (*Tamandua tetradactyla*), e o gambá (*Didelphis albiventris*). As principais espécies de flebotomíneos envolvidas na transmissão são: *L. umbratilis*, *L. anduzei* e *L. whitmani*, sendo o primeiro incriminado como o principal vetor.

*Le. (V.) naiffi* que ocorre nos Estados do Pará e Amazonas, e na Guiana Francesa, tendo o tatu (*Dasypus novemcinctus*) como reservatório natural. O parasita causa LTA de evolução benigna e seus principais vetores são *L. squamiventris*, *L. paraensis*, *L. ayrozai*, que apresentam antropofilia e cujos hábitos zoofílicos são pouco conhecidos (LAINSON & SHAW, 2005).

*Le. (V.) shawi*: responsável por casos esporádicos no Amazonas e Pará, e tem como reservatórios vários animais silvestres como macacos (*Cebus apella*), preguiças (*Choloepus didactylus*), sendo o vetor *L. whitmani*, que tem como habitat natural, troncos de árvores em florestas primárias (LAINSON & SHAW, 2005).

*Le. (V.) lainsoni*: registrada na Amazônia, sendo descrita no Pará, Peru e Bolívia. Como hospedeiro suspeito de reservatório natural tem a paca (*Agouti paca*) e



como único vetor conhecido, a *L. ubiquitalis*, causando leishmaniose cutânea (CAMARGO & BASANO, 2004; LAINSON & SHAW, 2005).

*Le. (V.) lindenbergi*: presente em Belém (PA). Até o momento foi isolada somente de casos humanos, e o provável vetor envolvido é *L. antunesi* (LAINSON & SHAW, 2005).

*Le. (V.) braziliensis*: é a espécie mais prevalente no homem no Brasil e pode causar lesões leishmanióticas cutâneas e mucosas, tendo sido descrita nos estados de Rondônia, Amazonas, Pará, Maranhão, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GRISARD *et al.*, 2000; SILVA, 2005; PITA-PEREIRA *et al.*, 2009). Apresenta ampla distribuição, desde a América Central até o norte da Argentina. Ocorre em áreas de colonizações antigas, onde o ambiente se encontra bastante modificado. Mas assume características epidemiológicas distintas no decorrer do tempo, devido à larga distribuição de espécies de flebotomíneos vetores (ANDRADE-FILHO *et al.*, 2007). Este patógeno associa-se à presença de animais silvestres ou domésticos.

A transmissão da *Le. (V.) braziliensis* está associada principalmente aos seguintes vetores: *L. wellcomei*, em áreas silvestres dos estados do Pará, Amazonas e Ceará; *L. whitmani*, em áreas de cerrado e caatinga nos estados do Ceará, Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco; *Lutzomyia intermedia* e provavelmente *L. migonei* e *L. fisheri*, nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (MARZOCHI & MARZOCHI, 1994); e *L. pessoai* no Rio Grande do Sul (Porto Alegre) (SILVA & GRUNEWALDE, 1999). *Le. braziliensis* já foi isolada de roedores silvestres (*Akodon* sp., *Bolomys lasiurus*, *Nectomys squamipes*, *Oryzomyssp.*) e sinantrópicos (*Rattus rattus*), felídeos (*Felis catus*), canídeos (*Canis familiaris*), eqüídeos (*Equus caballus*, *Equus asinus*) e marsupiais (*Didelphis* sp.). O papel desempenhado por estes mamíferos no ciclo de transmissão da doença ainda é incerto, contudo há evidências de que os roedores silvestres seriam os prováveis reservatórios primários (CAMARGO & BASANO, 2004; SILVA, 2005; LAINSON & SHAW, 2005).

Apenas uma espécie do subgênero *Leishmania*, a *Le. (L.) amazonensis* é considerada agente etiológico da leishmaniose tegumentar no Brasil. A infecção ocorre em diferentes regiões do país, distribuindo-se principalmente na região Norte,

Amazônia, Pará e Rondônia; Nordeste, Maranhão e Bahia; Sudeste em Minas Gerais, no Centro-Oeste em Goiás e Mato Grosso do Sul (LAINSON & SHAW, 2005; DORVAL *et al.*, 2006), e no Sul foi reportada no Paraná (SILVEIRA *et al.*, 1999) e Santa Catarina (GRISARD *et al.*, 2000). É responsável pela leishmaniose cutânea e leishmaniose cutânea difusa anérgica. Geralmente a transmissão está associada à presença de roedores silvestres (*Proechimys* sp., *Oryzomys* sp., *Nectomys* sp. e *Dasyprocta* sp.) marsupiais (*Metachirus* sp., *Didelphis* sp., *Philander* sp. e *Marmosa* sp.) e a raposa (*Cerdocyon thous*). Os principais vetores são *L. flaviscutellata* e *L. olmeca nociva* e *L. reducta* (CAMARGO & BASANO, 2004).

### 5.12. Estratégias de controle vetorial

As primeiras tentativas de contenção da expansão das leishmanioses no Brasil ocorreu de maneira não intencional, quando o inseticida DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) foi utilizado para combater anofelinos vetores da malária (LEWIS, 1974). Em consequência, os flebotomíneos acabaram sendo afetados. Posteriormente, as ações com a finalidade direcionada aos flebotomíneos foram implementadas por volta de 1954 no Rio de Janeiro e dez anos depois, nos estados do Ceará e Minas Gerais (DANTAS-TORRES & BRANDAO-FILHO, 2006).

Em decorrência da nocividade do DDT posteriormente foi empregado o BHC (Benzene Hexachloride) até 1992, quando por razões de impacto ambiental, uso descontrolado e aparecimento de resistência e tolerância em três espécies de flebotomíneos no velho mundo (*P. papatasi*, *P. argentipes* e *S. shortii*), a Organização Mundial da Saúde proibiu a utilização dos organoclorados na maioria dos países. A proibição do uso dos organoclorados, culminou com o desenvolvimento de novos inseticidas de poder residual mais baixo no ambiente, e de origem natural. Assim, surgiram os piretróides (ALEXANDER e MAROLI, 2003; BRASIL, 2006).

Entre erros e acertos nos métodos de controle vetorial dos programas de controle de das leishmanioses, houve oscilação na emergência e reemergência da doença em várias regiões do mundo (ADLER e THEODOR, 1957).

Estudos de identificação e dispersão espacial e temporal das populações de flebotomíneos sejam em nível nacional, estadual ou municipal, são fundamentais para demarcar áreas vulneráveis ou propícias à transmissão da leishmaniose (COLACICCO-

MAYHUGH *et al.*, 2010). O entendimento de todos estes dados permitirá uma organização do serviço público para preparar programas de prevenção e controle da saúde pública (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Portanto, as medidas de profilaxia e controle voltam-se ao vetor, que pela falta de informação dos sítios de reprodução, só resta a opção do controle dos insetos na fase adulta (ACEVEDO e ARRIVILLAGA, 2008).

O uso de bactérias transgênicas da microbiota dos organismos é uma possibilidade para o controle de doenças (MONTEIRO, 2012). No entanto, o controle biológico de flebotomíneos ainda não é viável, pois poucos inimigos naturais são conhecidos (LEWIS, 1974). As medidas de saneamento ambiental e o afastamento dos animais domésticos do peridomicílio podem servir como métodos auxiliares para o controle de flebotomíneos, pois constatou ser capaz de atenuar a transmissão de *Leishmania* para o homem em áreas endêmicas de leishmaniose tegumentar (TEODORO *et al.*, 1999; BANDEIRA *et al.*, 2018).

### **5.13. A situação atual das leishmanioses em Buriticupu**

De acordo com o SINAN (2018), de 2007 a 2017 foram notificados 487 casos de leishmanioses no município de Buriticupu, sendo que 98% (477 casos) eram de LTA e 2% (10 casos) de LVA. No cômputo geral, a LTA prevaleceu na faixa etária entre 18 a 59 anos (69,0%), na população masculina (73,5%), na raça parda (63%), da zona rural (58,5%). Já para a LV as faixas etárias mais acometidas foram entre 0 a 17 anos (50,0%) e 18 a 59 anos (50%).

A maioria dos acometidos pela LTA tinham até 8 anos de estudo (68,0%) contrariando os dados de LVA nos quais metade da população acometida (50,0%) apresentavam mais de 9 anos de estudo ( $p=0,017$ ). Outro dado que distinguiu a ocorrência entre as duas doenças foi o local de moradia do investigado. A LTA acometeu principalmente moradores da zona rural com 50,5% dos casos enquanto que a LVA 90,0% dos casos ocorreram em moradores da zona urbana. Os profissionais que exercem atividades agrícolas foram os mais acometidos por LTA com 51,9% dos casos, entretanto, as atividades ocupacionais urbanas obtiveram alta prevalência (48,1%).

O ano de 2007 foi o que registrou o maior número de casos de leishmaniose tegumentar (84 notificações). Em contrapartida, somente a partir de 2014 foram

notificados casos de LVA no município em detrimento aos casos de LTA que sofreram um decréscimo a partir desse ano.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO M. A., ARRIVILLAGA J. Eco-epidemiologia de flebovirus (Bunyaviridae, Phlebovirus) transmitidos por flebótomos (Psychodidae, Phlebotominae). **Boletín de Malariología y Salud Ambiental**, Maracay, v. 48, n. 1, p. 13-16, 2008.

ADLER S., THEODOR O. Transmission of disease agents by phlebotomine sandflies. **Annual Review of Entomology**. v. 12, p. 203-226, 1957.

AGUIAR, G. M.; MEDEIROS, W. M. Distribuição regional e habitats das espécies de flebotomíneos do Brasil. In Rangel E.F. & Lainson R. (eds). **Flebotomíneos do Brasil**, Fiocruz, Rio de Janeiro: p. 207-255, 2003.

ALEXANDER, B.; MAROLI, M. Control of Phlebotomine sand flies. **Medical and Veterinary Entomology**. v.17, p. 1-18, 2003.

ALEXANDER, B.; USMA, M. C. Potential source of sugar for the phlebotomine sandfly *Lutzomyia youngi* (Diptera: Psychodidae) in a Colombian coffee plantation. **Annals of Tropical Medicine and Parasitology**. v.88, p. 549, 1994.

ALEXANDER, J. B. & YOUNG, D. G. Dispersal of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in a Colombian focus of *Leishmania (Viannia) braziliensis*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 87, p. 397-403, 1992.

ALEXANDER, B.; DE CARVALHO, R. L.; MCCALLU M, H.; PEREIRA, M. H. Role of the domestic chicken (*Gallus gallus*) in the epidemiology of urban visceral leishmaniasis in Brazil. **Emerging Infectious Diseases**. v..8, p. 1480-1485, 2002.

ANDRADEFILHOJ. D.; GALATI, E.A. B.; FALCÃO, A. L.2007.*Nyssomyiaintermedia*(Lutz&Neiva, 1912) and *Nyssomyia neivai* (Pinto, 1926) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) geographical distribution and epidemiological importance. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 102, p. 481-487, 2007.

ANDRADE, A. J.; ANDRADE, M. R.; BARATA, R. A; PINTO, M. C.; DIAS, E. S.; EIRAS, A. E. Quatro novos registros da fauna flebotomínica do gênero *Lutzomyia* spp. França (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) do distrito rural de Brejo do Mutambal, Varzelândia (MG), Brasil. **Neotropical Entomology**.v. 36, p. 980-983, 2007.

ARAÚJO JC, REBÊLO JMM, CARVALHO ML, BARROS VLL. Composição dos flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) do Município da Raposa-MA, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. **Entomologia y Vectores** v.7, p. 33-47, 2000.

ARIAS, J. R.; MILES, M. A; NAIFFI, R. D.; POPOVA, M. M.; FREITAS, R. A; BIANCARDI, C. B.; CASTELLÓN, E. G. Flagellates infections of brazilian sandflies (Díptera: Psychodidae): isolation in vitro and biochemical identification of *Endotrypamum* e *Leishmania*. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. v.34, p. 1098- 1108, 1985.

ASHFORD, R.W. The Leishmaniasis as emerging and Re-emerging globally. **International Journal for Parasitology**. v.30, p. 1269-1281, 2000.

AZEVEDO, A. C. R.; COSTA, S. M; PINTO, M. C. G.; SOUZA, J. L; CRUZ, H. C; VIDAL, J.; RANGEL, E. F. Studies on the sandy fauna (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) from transmission areas of American Cutaneous Leishmaniasis in state of Acre, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v.103, p. 760-767, 2008.

BANDEIRA. M.C.A., BRITO, G.A. PENHA, A.; SANTOS, C.L.C.; REBÊLO, J.M.M.. The influence of environmental management and animal shelters in vector control of *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) in northeastern Brazil. **Journal of Vector Ecology**. v.42, n. 1, p. 113-119, 2017.

BARRETT, T. V.; FREITAS, R. A.; ALBUQUERQUE, M. I. C.; GUERRERO J. H. C. Report on a collection of *Lutzomyia* sand fly (Diptera: Psychodidae) from the Middle Solimões (Amazonas, Brasil). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 9, p. 27-35, 1996.

BARROS, V. L.; REBÊLO, J. M. M. & SILVA, F. S. 2000. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de capoeira do município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. **Cadernos de Saúde Pública** 16(1): 265-270.

BARROS, A. J.; HIRAKATA, V.N. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. **BMC Medical Research Methodology**. v. 3, p. 21, 2003.

BASANO, S. A.; CAMARGO, L. M. A. Leishmaniose tegumentar americana: histórico, epidemiologia e perspectivas de controle. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 7, p. 328-337, 2004.

BEATI L, CÁCERES AG, LEE JA, MUNSTERMANN LE. Systematic relationships among *Lutzomyia* sand flies (Diptera: Psychodidae) of Peru and Colombia based on the analysis of 12S and 28S ribosomal DNA sequences. **International Journal for Parasitology**. v. 34, p. 225-234, 2004.

BRAGA, R.R., LAINSON, R., SHAW, J.J., RYAN, L., SILVEIRA, F.T. Leishmaniasis in Brazil. XXII: Characterization of *Leishmania* from man, dogs and the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) isolated during an outbreak of visceral leishmaniasis in Santarém, Pará State. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**. v. 80, p. 143-145, 1986.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Atlas de Leishmaniose Tegumentar Americana Diagnóstico clínico e diferencial**. Editorado Ministério da Saúde, Brasília, 136 pp, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de vigilância da Leishmaniose Tegumentar**

**Americana.** Editorado Ministério da Saúde, Brasília, 180pp, 2007.

BRASIL–

MinistériodaSaúde.**ManualdevigilânciadaLeishmanioseVisceral.**EditoradoMinistériod  
aSaúde, Brasília, 78pp., 2018.

BRAZIL, R. P.; CARNEIRO, V. L.; ANDRADE FILHO, J. D; ALVES, J. C. M.;  
FALCÃO, A. L. Biology of *Lutzomyia lenti* (Mangabeira) (Diptera: Psychodidae).  
**Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.** v. 26, p. 191-193, 1997.

BRAZIL, R. P.; DE ALMEIDA, D. C.; BRAZIL, B. G.; MAMEDE, S. M. Chicken  
house as resting site of sandflies in Rio de Janeiro, Brazil. **Parassitologia** v. 33.n. 1, p.  
113–117, 1991.

BRITO, M.; C. CASANOVA; L. M. MASCARINI; D. M. V. WANDERLEY & D. M.  
A. CORRÊA. Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) em área de transmissão de  
leishmaniose tegumentar americana no litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil.  
**Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** v.35, p. 431-437, 2002.

CACERES, A. G. Distribucion geografica de *Lutzomyia verrucarum* (Townsend, 1913)  
(Diptera, Psychodidae, Phlebotominae), vector de la batonellosis humana en el Peru.  
**Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo.** v. 35, n. 6, p. 485-490,  
1993.

CAMARGO LMA, BASANO S.A. Leishmaniose Tegumentar Americana: histórico,  
epidemiologia e perspectivas de controle. **Revista Brasileira de Epidemiologia** v. 7 n. 3,  
p. 328-337. 2004.

CARVALHO ML, REBÊLO JMM, ARAÚJO JC, BARROS VLL. Aspectos  
ecológicos dos flebotomíneos (Díptera, Psychodidae) do Município de São José de  
Ribamar, MA, Brasil. Área endêmica de leishmanioses. **Entomologia y Vectores** v.7,  
p.19-32, 2000.

CHANIOTIS, B. N., CORREA, M. A., TESH, R. D., JOHNSON, K. M. Horizontal and  
vertical movements of phlebotomine sand flies in a Panamanian rain forest. **Journal of  
Medical Entomology.** v. 11, p. 363-375, 1974.

COLACICCO-MAYHUGH, M. G.; MASUOKA, P. M.; GRIECO, J. P. Ecological  
niche model of *Phlebotomus alexandri* and *P. papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the  
Middle East. **International Journal of Health Geographics.** v. 9, n. 2, p.1-9, 2010.

COSTA, C.H.N., VIEIRA, J.B.F. Mudanças no controle da leishmaniose visceral no  
Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** v. 34: p. 223-228,  
2001.

COSTA, J. M. L., VIANA, G.M. C., SALDANHA, A.C. R., NASCIMENTO, M.D. S.  
B., ALVIM, A.C., BURATTINI, M. N., SILVA, A. R. A. Leishmaniose Visceral  
no Estado do Maranhão, Brasil. A Evolução de uma Epidemia. **Cadernos de**

**SaúdePúblicav.** 11 n. 2, p. 321-324, 1995.

COSTA, C. H. N. Characterization and speculations on the urbanization of visceral leishmaniasis in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública.** v. 24: 2959-2963, 2008.

CRUZ, C. F. R. **Leishmaniose tegumentar americana (LTA) no município de Bandeirantes – Paraná, entre 2000 e 2009.** Dissertação de Mestrado-Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 135pp, 2010.

DANTAS-TORRES, F.; BRANDAO-FILHO, S. P. Expansão geográfica da leishmaniose visceral no Estado de Pernambuco. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** v. 39, n. 4, p. 352-356, 2006.

DAVIES, C.R., REITHINGER, R., CAMPBELL-LENDRUM, D., FELICIANGELI, D., BORGES, R., RODRIGUES, N. The epidemiology and control of leishmaniasis in Andean countries. **Cadernos de Saúde Pública** v. 16, n. 4, p. 925-950, 2000.

DEANE, L. M. **Leishmaniose visceral no Brasil.** Estudos sobre reservatórios e transmissores realizados no Estado do Ceará. Tesede Livre Docência. Faculdade de Medicina, USP, 162pp., 1956.

DEDET, J.P. Cutaneous leishmaniasis in French Guiana: a review. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.** v.43, p. 25-28, 1990.

DESJEUX, P. The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.** v.92, p. 239-243. 2001.

DESJEUX, P. Leishmaniasis: current situation and new perspectives. **Comp Immunol Microbiol Infect Dis.** v. 27, p. 305-318, 2004.

DIAS, F. O. P.; LOROSA, E. S.; REBÊLO, J. M. M. Fonte alimentar sanguínea e a peridomiciliação de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Psychodidae, Phlebotominae). **Cad Saúde Pública.** v. 19, n. 1373-1380, 2003.

DORVAL, M. E. C.; OSHIRO, E. T.; CUPOLLILO, E.; CAMARGO, A. C.; ALES, T. P. Ocorrência de leishmaniose tegumentar americana no Estado do Mato Grosso do Sul associada à infecção por *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** v. 39, p. 43-46, 2006.

DOUGHERTY, M.J., HAMILTON, J. G. C. & WARD R. D. Semiochemical mediation of phlebotomine sandfly (*Lutzomyia longipalpis*) oviposition. **Medical and Veterinary Entomology.** v. 7, p. 219-224, 1993.

FERNÁNDEZ, M. S.; SANTINI, M. S.; CAVIA, R. SANDOVA, A.E.; PÉREZ, A. A.; ACARDI, S.; SALOMÓN, O. D. Spatial and temporal changes in *Lutzomyia longipalpis* abundance, a *Leishmania infantum* vector in an urban area in northeastern Argentina. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.** v. 108, p. 817-824, 2013.



FERRO, C. J.; SPRATT, J. C.; HAYNES, W. G.; WEBB, D. J. Inhibition of neutral endopeptidase causes vasoconstriction of human resistance vessels *in vivo*. **Circulation**. v. 97, p. 2323–2330, 1997.

FERRO, C.; CARDENAS, E.; CORREDOR, D.; MORALES, A.; MUNSTERMANN, L. E. Life cycle and fecundity analysis of *Lutzomyia shannoni* (Dyar) (Diptera: Psychodidae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 93, n. 2, p. 195- 199, 1998.

FONTELES, R. S.; VASCONCELOS, G. C.; AZEVEDO, P. C. B.; MORAES, J. L. P.; LOROSA, E. S.; KUPPINGER, O.; REBÊLO, J. M. M. Preferência alimentar sanguínea de *Lutzomyia whitmani* (Diptera, Psychodidae) em área de transmissão de leishmaniose cutânea americana, no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 42, n. 6, p. 647-650, 2009.

FORATTINI, O. P. **Entomologia médica**. 4. ed., EDUSP: São Paulo 658 pp, 1973.

GALATI, E.A. B.; NUNES, V. L. B.; DORVAL, M. E. C.; OSHIRO, E. T.; CRISTALDO, G.; ESPÍNDOLA, M. A.; ROCHA, H. C.; GARCIA, W. B. Estudo dos flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em área de leishmaniose tegumentar, no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista de Saúde Pública**. v. 30, p. 115-128, 1996.

GALATI, E.A. B. Classificação de Phlebotominae. In Rangel E. F. & Lainson R (eds). **Flebotomíneos do Brasil**. Fiocruz, Rio de Janeiro: p. 23-51, 2003.

GAMA NETO, J. L.; BAIMA, J. M.; FREITAS, R.A.; PASSOS, M.A.B. Fauna flebotomínica (Diptera: Psychodidae) em floresta preservada e alterada do Município de Caroebe, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**. v. 3, p. 41-46, 2013.

GIBSON, G. & S. J. TORR. Visual and olfactory responses of haematophagous Diptera to host stimuli. **Medical and Veterinary Entomology**. v. 13, p. 2-23, 1999.

GONTIJO, C. M. F., MELO, M. N. Visceral Leishmaniasis in Brazil: current status, challenges and prospects. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 7, p. 338-349, 2004.

GONTIJO B, CARVALHO M. L. R. Leishmaniose tegumentar americana. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 36, n. 1, p. 71-80, 2003.

GRISARD, E.C., STEINDEL, M., SHAW, J.J., ISHIKAWA, E.A.Y., CARVALHO-PINTO, C.J., EGER-MANGRICH, I., TOMA, H.K., LIMA, J.H., ROMANHA, A.J., CAMPBELL, D.A. Characterization of *Leishmania* sp. strains isolated from autochthonous cases of human cutaneous leishmaniasis in Santa Catarina State, southern Brazil. **Acta Tropica**. v. 74, n. 1, p. 89-92, 2000.

HARHAY, M.O., OLLIARO, P.L., COSTA, D.L., COSTA, C.H.N. Urban parasitology: visceral leishmaniasis in Brazil. **Trends in Parasitology**. v. 27, n. 9, p. 403-409, 2011.

KASSEM, H. A.; SIRI, S.; KAMAL, H. A.; WILSON, M. L. Environmental factors underlying spatial patterns of sand flies (Diptera: Psychodidae) associated with leishmaniasis in southern Sinai, Egypt. **Acta Tropica Basel**.v. 67, n.2, p. 1-8, 2012.

KAYE, P; SCOTT, P. Leishmaniasis: complexity at the host-pathogen interface. **Nature Reviews Microbiology**. v.9, n. 8, p. 604-15, 2011.

LAINSON, R.&SHAW,J.J.,NewWorldLeishmaniasis.In:CoxFEG,WakelinD, Gillespie SH,DespommierDD,editors. Topley&Wilson's Microbiologyand Microbial Infections:parasitology.10<sup>th</sup>ed.London:HodderArnoldASM Press,p.313-49, 2005.

LAINSON R.; RANGEL, E. F. Ecologia das Leishmanioses. In: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. **Flebotomíneos do Brasil**. Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 291-309, 2003.

LAINSON, R.; SHAW, J. J. Evolution, classification and geographical distribution. In: PETERS, W.; KILLICK-KENDRICK, R. (eds). **The Leishmaniasis in Biology and Medicine**.v. 1, p. 1-120, 1987.

LAINSON, R.; SHAW, J.J. New World Leishmaniasis. In: COX, F. E. G.; WAKELIN, D.; GILLESPIE, S. H.; DESPOMMIER, D. D.(eds). **Topley & Wilson's Microbiology and Microbial Infections: parasitology**. 10<sup>th</sup>ed.London: HodderArnoldASM Press, p. 313-49, 2005.

LAINSON, R.; SHAW, J. J. New World Leishmaniasis. In: COX, F.E. G.; WAKELIN, D.; GILLESPIE, S. H.; DESPOMMIER, D. D. (eds). **Topley & Wilson's Microbiology and Microbial Infections: parasitology**. 10<sup>th</sup>ed. London:Hodder ArnoldASM Press. p.313-49, 2005.

LEITE, A. C. R.; WILLIAMS, P. The First Instar larvae of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Phlebotomidae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 92, n. 2, p. 197-203, 1997.

LEONARDO, F. S.; REBÊLO, J. M. M. A periurbanização de *Lutzomyia whitmani* em área de foco de leishmaniose cutânea, no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 37, n. 3, p. 282-284, 2004.

LEWIS, D.J., YOUNG, D.G., FAIRCHILD, G.B., MINTER, D.M. Proposal for a stable classification of the phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae). **Systematic Entomology**. v.2, p.319–332, 1977.

LEWIS, D. J. The biology of Phlebotomidae in relation to leishmaniasis. **Annual Review of Entomology**. v. 19, p. 363-384, 1974.

MARCONDES, C. B. **Entomologia médica**. Rio de Janeiro, Atheneu: 432p. 2001.

MARGONARI, C.; SOARES, R. P.; ANDRADE-FILHO, J. D.; XAVIER, D. C.; SARAIVA, L.; FONSECA, A.L.; SILVA, M. E.; BORGES, E. C.; SANGUINETTE, C. C.; MELO, M. N. Phlebotominae sand flies (Diptera: Psychodidae) and *Leishmania*

infection in Gafanhoto Park, Divinópolis, Brazil. **Journal of Medical Entomology**. v. 47, n. 6, p.1212-1219, 2010.

MARTINS, L. M.; REBÊLO, J. M. M.; SANTOS, M. C. F. V.; COSTA, J. M. L.; SILVA, A. R.; FERREIRA, L. A. Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil, 1996 a 1998. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 20, n. 3, 735-743, 2004.

MARZOCHI, M. C. A., MARZOCHI, K. B. Tegumentary and visceral Leishmaniasis in Brazil – Emerging anthropozoonosis and possibilities for their control. **Cadernos de Saúde Pública** v. 10, p. 359-375, 1994.

MENDES, W.S., SILVA, A.A.M., TROVÃO, J.R., SILVA, A.R., COSTA, J.M.L. Expansão especial da leishmaniose visceral Americana em São Luís, Maranhão, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**.v. 35, p. 227-31, 2002.

MONTEIRO, E. M; SILVA, J. C. F.; COSTA, R. T.; COSTA, D. C.; BARATA, R. A.; PAULA, E. V.; MACHADO- COELHO, G. L. L.; ROCHA, M. F.; FORTES-DIAS, C. L.; DIAS, E. S. Leishmaniose visceral: estudo de flebotomíneos e infecção canina em Montes Claros, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 38, n. 2, p. 147-152, 2005.

MORALES, A.; BELLO, F.; CARDENAS, E. Establecimiento, mantenimiento y productividad de una colonia de laboratorio de *Lutzomyia spincrassa* Morales, Osorno Mesa, Osorno y Hoyos, 1969 (Diptera: Psychodidae) en Colombia. **Revista Ciencias de La Salud**. v. 3, n. 2, p. 129-135, 2005.

MORENO, J.; ALVAR, J. Canine leishmaniasis: epidemiological risk and the experimental model. **Trends in Parasitology** v. 18, p. 399-405, 2002.

OLIVEIRA, C. D.; DIEZ-ROUX, A.; CESAR, C. C.; PROIETTI, F. A. A case-control study of microenvironmental risk factors for urban visceral leishmaniasis in a large city in Brazil, 1999-2000. **Boletín Oficina Sanitaria Panama**. v. 20, p. 369-376, 2006.

OLIVEIRA, E. F.; SILVA, E. A.; FERNANDES, C. E.; PARANHOS, F. A. C.; GAMARRA, R. M.; RIBEIRO, A. A.; BRAZIL, R. P.; OLIVEIRA, A. G. Biotic factors and occurrence of *Lutzomyia longipalpis* in endemic area of visceral leishmaniasis, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 107, n. 3, p. 396-401, 2012.

OLIVEIRA, M.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C.G.S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**. v. 61, p. 800-807, 2014.

OLIVEIRA, A. G.; ANDRADE-FILHO, J. D.; FALCAO, A. L.; BRAZIL, R. P. Estudo de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) na zona urbana da cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 19, p. 933-944, 2003.

OWEN, R. D.; GOODIN, D. G.; KOCH, D. E.; CHU, Y. K.; JONSSON, C. B. Spatiotemporal variation in *Akodon montensis* (Cricetidae: Sigmodontinae) and hantaviral seroprevalence in a subtropical forest ecosystem. **Journal of Mammalogy**. v. 91, p. 467-481, 2010.

PARDINI, R.; DITT, E. H.; CULLEN, L.; BASSI, C. & RUDRAN, R. Levantamento rápido de mamíferos terrestres de médio e grande porte. In: CULLEN JÚNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 181-201, 2003.

PEREIRA Y.N.O. **Diagnóstico molecular da taxa de infecção natural de flebotomíneos (Psychodidae, *Lutzomyia*) por *Leishmania* sp na Amazônia maranhense, Brasil**. [Dissertação de Mestrado]. São Luís: Mestrado em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão. 61, 2004.

PIMENTA, P. F. P.; SECUNDINO, N. F. C.; BLANCO, E. E. N. Interação leishmania-hospedeiro invertebrado. In: RANGEL, E. F.; LAINSON, R. (Org.). **Flebotomíneos do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. cap. 5, p. 275-290, 2003.

PITA-PEREIRA, D.; ALVES, C. R.; SOUZA, M. B.; BRAZIL, R. P.; BERTHO, A. L.; BARBOSA, A. F.; BRITTO, C. C. Identification of naturally infected *Lutzomyia intermedia* and *Lutzomyia migonei* with *Leishmania* (*Viannia*) *braziliensis* in Rio de Janeiro (Brazil) revealed by a PCR multiplex non-isotopic hybridisation assay. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**. v.99, p. 905-913, 2005.

PITA-PEREIRA, D.; SOUZA, G. D.; ZWETSCH, A.; ALVES, C. R.; BRITTO, C.; RANGEL, E. F. First report of *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *neivai* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) naturally infected by *Leishmania* (*Viannia*) *braziliensis* in a periurban area of South Brazil using a multiplex polymerase chain reaction assay. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. v.80, p. 593-595, 2009.

PRADO PF, ROCHA MF, SOUSA JF, CALDEIRA DI, PAZ GF, DIAS ES. Epidemiological aspects of human and canine visceral leishmaniasis in Montes Claros, State of Minas Gerais, Brazil, between 2007 and 2009. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v.44, n. 5, p. 561-566, 2011.

QUEIROZ, M.F.M., VARJAO, J.R., MORAES, S.C., SALCEDO, G.E. Analysis of sandflies (Diptera: Psychodidae) in Barrado Garças, State of Mato Grosso, Brazil, and the influence of environmental variables on the vector density of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v.45, n. 3, p. 313-317, 2012.

QUINNELL, R.J., DYE C. An experimental study of the peridomestic distribution of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). **Bulletin of Entomological Research**. v. 84, p. 379-382, 1994.

RAMOS, W. R.; MEDEIROS, J. F.; JULIÃO, G. R.; RÍOS-VELÁSQUEZ, C. M.; MARIALVA, E. F. DESMOULIÈRE, S. J.; LUZ, S. L.; PESSOA, F. A. Anthropic effects on sand fly (Diptera: Psychodidae) abundance and diversity in an Amazonian rural settlement, Brazil. **Acta tropica**. v. 139, p. 44–52, 2014.

RANGEL, E. F. & LAINSON, R. **Flebotomíneos do Brasil**. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 367p, 2003.

READY, P. Biology of Phlebotomine sandflies as vectors of disease agents. **Annual Review of Entomology** v. 58, p. 227-250, 2013.

REBÊLO, J. M. M. **Flebótomos vetores das leishmanioses**. Manual para técnicos e profissionais da área de saúde. Estações Produções. São Luís. 32p, 1997.

REBÊLO, J.M.M.; ASSUNÇÃO-JÚNIOR, A.N.; SILVA, O.; MORAES, J.L.P. Ocorrência de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em focos de leishmanioses, em área de ecoturismo do entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. **Cad Saúde Pública**. v. 26, n. 1, p. 195-198, 2010.

REBÊLO, J.M.M.; OLIVEIRA, S.T.; BARROS, V.L.L.; SILVA, F.S.; COSTA, J.M.L.; FERREIRA, L.A.; SILVA, R. Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) de Lagoas, município de Buriticupu, Amazônia maranhense. I-Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização recente. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 33, p. 11-19, 2000b.

REBÊLO, M. M.; OLIVEIRA, S. T.; BARROS, V. L. L.; SILVA, F. S. Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV. Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. **Entomol Vect**. v.7, p. 61-72, 2000a.

REBÊLO, J. M. M.; OLIVEIRA, S. T.; SILVA, F. S.; COSTA, J. M. L. Sandflies (Diptera, Psychodidae) of the Amazonia of Maranhão. V. Seasonal occurrence in ancient colonization area and endemic for cutaneous leishmaniasis. **Revista Brasileira de Biologia**. v.61, n. 1, p. 101- 115, 2001.

REBÊLO, J. M. M.; OLIVEIRA-PEREIRA, Y. N. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de matas de terra firme e de várzea, do município de Paragominas, estado do Pará, Brasil. **Acta Amazônica** v. 31, p. 145-154, 2001.

REBÊLO, J. M. M.; ROCHA, R. V.; MORAES, J. L. P.; SILVA, C. R. M.; LEONARDO, F. S.; ALVES, G. A. The fauna of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in different phytogeographic regions of the state of Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** v. 54, p. 494-500, 2010.

SADLOVA, J., DVORAK, V., SEBLOVA, V., WARBURG, A., VOTYPKA, J., VOLF, P. *Sergentomyia schwetzi* not a competent vector for *Leishmania donovani* and other *Leishmania* species pathogenic to humans. **Parasites & Vectors**. v.6, p. 186–196, 2013.

- SANTINI, M. S.; UTGÉS, M. E.; BERROZPE, P.; ACOSTA, M. M.; CASAS, N.; HEUER, P.; SALOMÓN, O. D. *Lutzomyia longipalpis* Presence and abundance distribution at different micro-spatial scales in an urban scenario. **PLOS Neglected Tropical Diseases**. v. 9, p. 1-16, 2015.
- SANTOS, S.O., ARIAS, J., RIBEIRO, A.A., HOFFMANN, M.P., FREITA, R.A., MALACO, M.A.F. Incrimination of *Lutzomyia cruzi* as a vector of American Visceral Leishmaniasis. **Medical and Veterinary Entomology** v.12, p. 315-317, 1998.
- SAZIMA, I.; FISCHER, W.A.; SAZIMA, M.; FISCHER, E.A. The fruit bat *Artibeus lituratus* as a forest and city dweller. **Ciência e Cultura**. v.46, p. 164-168, 1994.
- SHAW, J.J. & LAINSON, R. **Ecology and epidemiology**: New World. In Peters W & Killick-Kendrick R (Eds), *The Leishmaniasis in Biology and Medicine*; Academic Press Inc, London, v.I, p.291-363, 1987.
- SHERLOCK, I. A.; MIRANDA, J. C.; SADIGURSKI, M.; GRIMALDI, G. Natural infection of the opossum *Didelphis albiventris* (Marsupialia: Didelphidae) with *Leishmania donovani* in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 79, p. 511, 1984.
- SHERLOCK, I. A. A Importância dos Flebotomíneos. In. RANGEL, E. F. e LAINSON, R., 2003. **Flebotomíneos do Brasil**. Fundação Oswaldo Cruz: Rio de Janeiro, p.15-21, 2003.
- SHIMABUKURO, P. H. F.; TOLEZANO, J. E.; GALATI, E. A. B. Chave de identificação ilustrada dos Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) do estado de São Paulo. **Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia**. v. 51, n. 27, p. 399-441, 2011.
- SILVA ES, GONTIJO CMF, PACHECO RS, FIÚZA VOP, BRAZIL RP. Visceral leishmaniasis in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, State of Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** v. 96, p. 285-291, 2001.
- SILVA, O.S., GRUNEWALD, J. Contribution to the sand fly fauna (Diptera: Phlebotominae) of Rio Grande do Sul, Brazil and *Leishmania (Viannia)* infections. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** v.94, p. 579-582, 1999.
- SILVA, D. F.; VASCONCELOS, S. D. Flebotomíneos em fragmentos de Mata Atlântica na Região Metropolitana do Recife, PE. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 38, p. 264-266, 2005.
- SILVEIRA, T. G. V.; ARRAES, S. M. A. A.; BERTOLINI, D. A. TEODORO, U.; LONARDONI, M. V. C.; ROBERTO, A. C. B. S. Observações sobre o diagnóstico laboratorial e a epidemiologia da leishmaniose tegumentar americana no Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 32, p. 413-423, 1999.

SOUZA, N. A.; C. A. ANDRADE-COELHO; M. L. VILELA & E. F. RANGEL. The Phlebotominae sand fly (Diptera: Psychodidae) fauna of two rain forest reserves in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 96, p. 319-324, 2001.

TEODORO, U.; SILVEIRA, T. G. V.; SANTOS, D. R.; SANTOS, E. S.; SANTOS, A. R.; OLIVEIRA, O.; KÜHL, J. B. Frequência da fauna de flebotomíneos no domicílio e em abrigos de animais domésticos no peridomicílio, nos municípios de Cianorte e Doutor Camargo, Estado do Paraná, Brasil. **Revista de Patologia Tropical**. v. 30, n. 2, p. 209-224, 2001.

TERAYAMA, Y.; KATO, H.; GOMEZ, E. A.; UEZATO, H.; CALVOPÍÑA, M.; IWATA, H.; HASHIGUCHI, Y. Molecular typing of sand fly species (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) from areas endemic for Leishmaniasis in Ecuador by PCR-RFLP of 18S ribosomal RNA gene. **Journal of Veterinary Medical Science**. v. 70, n. 9, p. 907- 13, 2008.

TESH, R. B. The genus *Phlebovirus* and its vectors. **Annual Review of Entomology**. v. 33, p. 169–181, 1988.

UMETSU, F.; PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats-evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Lands. Ecol**. v.22, p. 517-530, 2007.

WHO–WorldHealthOrganization. **Control of the Leishmaniasis**. Report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis. Geneva: WorldHealthOrganization. 2010.

XIMENES, M. F. F. M.; SOUZA, M. F.; CASTELLÓN, E. G. Density of sand flies (Diptera: Psychodidae) in domestic and wild animal shelters in an area of visceral leishmaniasis in the State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 94, n. 4, p. 427-432, 1999.

**CAPÍTULO III**  
**(Journal of Medical Entomology)**



José Manuel Macário Rebêlo.  
Laboratório de Entomologia e  
Vetores, Departamento de  
Biologia, Universidade Federal do  
Maranhão. Avenida dos  
Portugueses 1966, Campus do  
Bacanga, 65080-805, São Luís,  
Maranhão, Brasil.  
Email: macariorebelo@uol.com.br  
Phone: +55 98 988057783

**INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NA ESTRUTURA DE COMUNIDADE  
DE FLEBOTOMÍNEOS (DIPTERA, PSYCHODIDAE)  
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

JOSÉ MANUEL MACÁRIO REBÊLO<sup>1,2,5</sup>, JORGE LUIZ PINTO MORAES<sup>2</sup>, YRLA  
NÍVEA OLIVEIRA PEREIRA<sup>2</sup>, GUSTAVO BARBOSA VIEIRA CRUZ<sup>3</sup>,  
JOUELLYS ANDRADESILVA<sup>4</sup>, MARIA DA CONCEIÇÃO ABREU BANDEIRA<sup>4</sup>,  
CIRO LÍBIO CALDAS DOS SANTOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Entomologia e Vetores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação da Rede Bionorte da Amazônia.

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação

<sup>5</sup>Corresponding author, e-mail: macariorebelo@uol.com.br

**RESUMO.** Estudou-se a variação na riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos em ambientes florestais com diferentes graus de preservação e ambientes antropogênicos na Amazônia oriental. Os flebotomíneos foram capturados em

fragmentos florestais e nos ambientes peridomésticos de quatro assentamentos rurais: dois estabelecidos na década de 70 (antigos) e outros dois na década de 90 (recentes). Foram encontradas 43 espécies de flebotomíneos. Destas, 38 ocorreram nas áreas florestais preservadas e assentamentos recentes; outras 28 espécies foram encontradas nos fragmentos florestais alterados e assentamentos antigos. O tipo de ambiente (florestase peridomicílios) alterou a composição das espécies nos sítios amostrados, sendo *L. evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. hirsuta*, *L. shannoni* e *L. brachyphalla* as espécies que, juntas, contribuíram com mais de 54% para a diferença encontrada entre ambientes. Apesar da grande riqueza de espécies encontrada nos diversos ambientes, apenas duas foram indicadoras de ambientes florestais — *L. brachyphalla* (Indval = 0.9565, p = 0.0277) e *L. serrana* (Indval = 0.9188, p = 0.0309); e uma foi indicadora do peridomicílio — *L. evandroi* (Indval = 0.9335, p = 0.0297).

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, Flebotomíneos, Biodiversidade, Conservação, Desmatamento.

### Introdução

A subfamília Phlebotominae constitui um grupo de dípteros cosmopolitas da família dos psicodídeos, representada por insetos de pequeno porte e medindo de 2 a 3 mm de comprimento. A classificação de Lewis et al. (1977) divide os flebotomíneos em cinco gêneros: *Phlebotomus* Rondani & Berté, 1840 e *Sergentomyia* França & Parrot, 1920 presentes no Velho Mundo; *Brumptomyia* França & Parrot, 1921, *Warileya* Hertig, 1948 e *Lutzomyia* França, 1924 restritas ao Novo Mundo (Galati 2003).

Nas Américas, já foram descritas aproximadamente 500 espécies de flebotomíneos (Shimabukuro & Galati 2011). O gênero *Lutzomyia* é o mais diversificado (cerca de 400 espécies descritas), contra apenas 24 para *Brumptomyia* e 8 de *Warileya*. O gênero *Lutzomyia* possui grande importância como componente da biodiversidade, pois além de contribuir com o maior número de espécies descritas, dentro de sua subfamília, apresenta uma variedade de linhagens evolutivas. Estas incluem 15

subgêneros e 10 grupos, além de algumas espécies que não se enquadram em nenhum subgênero ou grupo conhecido.

No Novo Mundo, os flebotomíneos também possuem grande importância do ponto de vista ecológico, pois muitas espécies do gênero *Lutzomyia* são fundamentais para a dispersão de protozoários parasitas do gênero *Leishmania*. As fêmeas de várias espécies transmitem as leishmânias entre mamíferos hospedeiros (Lainson & Rangel 2005). Neste aspecto, eles causam grande impacto na saúde pública por transmitirem os patógenos causadores das leishmanioses. No entanto, as espécies de flebotomíneos comprovadamente competentes para transmitir leishmânias, são encontradas apenas em alguns subgêneros (*Nyssomyia*, *Psychodopygus* e *Lutzomyia*).

A transmissão de espécies de *Leishmania* está relacionada com o estreitamento no contato homem-vetor, decorrente de vários fatores. Dentre os quais, citam-se de um lado, as mudanças dos ecossistemas naturais, com a destruição e redução dos habitats, e de outro, a criação de animais em área de endemismo de leishmaniose. Quando os animais domésticos se tornam abundantes nos peridomicílios, eles contribuem para a aproximação do vetor às habitações humanas, por dois motivos: por funcionar como fonte alimentar sanguíneas; e produzir criadouros pelo acúmulo de matéria orgânica (Valderrama et al. 2011, Ramos et al. 2014).

No Maranhão já foram encontradas mais de 90 espécies de flebotomíneos distribuídas nas diversas regiões do Estado (Rebêlo et al. 2010). O gênero dominante é *Lutzomyia*, com 87 espécies catalogadas, seguido por *Brumptomyia* com 4 espécies. As áreas florestais amazônicas detêm a maior diversidade de espécies. A composição e riqueza da fauna obtidas no município de Buriticupu-MA, situado em área de floresta estacional perenifólia densa (Rebêlo et al. 2000a, b), são maiores do que nas áreas mais abertas de restinga, cerrado, cocal e caatinga (Rebêlo et al. 2010).

Essas áreas mais abertas foram as primeiras a tombarem mediante o avanço das fronteiras agrícolas/pecuária e expansão urbana. Mas, a partir da década de 80 a destruição da floresta amazônica do Estado do Maranhão foi progressiva e catastrófica, não tendo sido poupada nem mesmo as áreas de reservas federais. De 1988 a 2014 foram desmatados 24.195 km<sup>2</sup> de área. Em igual período foi devastada uma área de 407.675 km<sup>2</sup> de floresta em toda a Amazônia Legal. No ranque do período, o Maranhão ficou em quarto lugar, atrás de Mato Grosso (138.316 km<sup>2</sup>), Pará (137.981 km<sup>2</sup>) e Rondônia (55.455 km<sup>2</sup>), em termo de tamanho de área desmatada.

O município de Buriticupu-MA, situado na Amazônia do Maranhão é uma das áreas de maior prevalência da leishmaniose tegumentar do Brasil. Nessas áreas submetidas ao intenso processo de desmatamento, tem-se notado uma perda na diversidade de espécies de flebotomíneos (Rebêlo et al. 2000ab). Ao mesmo tempo há uma crescente infestação dos peridomicílios rurais e periurbanos, onde espécies de leishmânias infectam diferentes espécies de flebotomíneos (Fonteles et al. 2017, Guimarães-Silva et al. 2017; Pereira Filho et al. 2018).

Neste estudo, foram obtidos dados da fauna de flebotomíneos coletados nos anos de 1996 a 1997, no município de Buriticupu-MA, em áreas de floresta amazônica impactadas pelo desmatamento. Esses dados são apresentados agora por não terem sido publicados anteriormente na íntegra; e por ser um estudo extenso que pode nos fornecer uma noção holística da comunidade de vetores na Amazônia maranhense.

Para ter uma noção, no período de 1996 a 1998, foram notificados 825 casos de leishmaniose tegumentar no município de Buriticupu-MA (Martins et al. 2008). Na época, assumiu-se que a infecção era contraída nas florestas, porque quem mais adoecia eram os agricultores (51%) do sexo masculino (70%). No entanto, a transmissão também ocorria nos domicílios rurais, pois havia entre os pacientes, domésticas (18%) e crianças de 0 a 10 anos (11,2%). Após 20 anos, os casos de leishmaniose foram reduzidos, mas a doença continua sendo um problema de saúde pública. Tanto que na última década (2007-2017) foram notificados 487 casos de leishmaniose cutânea e 10 casos de leishmaniose visceral, sendo que esta última doença não ocorria naquela época(1996-1997) (Guimarães-Silva et al. 2017).

O objetivo deste trabalho foi analisar a variação na riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos em: ambientes florestais com diferentes graus de alteração; e em assentamentos rurais de diferentes idades. Esses dados serão importantes para orientar novos estudos da fauna de flebotomíneos mais de vinte anos depois, e para compreender a situação atual da leishmaniose na Amazônia de Buriticupu-MA.

## **Materiais e métodos**

**Área de estudo.** O município de Buriticupu-MA foi selecionado para o estudo dos flebotomíneos por apresentar o maior número de casos de leishmaniose tegumentar

do Estado do Maranhão em 1994 (695 casos), 1995 (526) e 1996 (299). No mesmo período, o estado do Maranhão registrou 6.262, 4.725 e 3.794 casos, respectivamente.

O município de Buriticupu-MA se situa entre 4° e 5°S e 45° 30' e 47°W, na Amazônia Maranhense (Figura 1), a uma altitude média de 200 metros. A cobertura vegetal original é constituída por floresta estacional perenifólia densa (dossel fechado). O clima é quente-úmido, com precipitação média anual em torno de 1800 mm. O rio Pindaré, o principal curso d'água da região, possui aproximadamente 468 km de extensão. As suas margens, outrora cobertas por matas ciliares, sofreram processo intenso de desmatamento nos últimos anos.

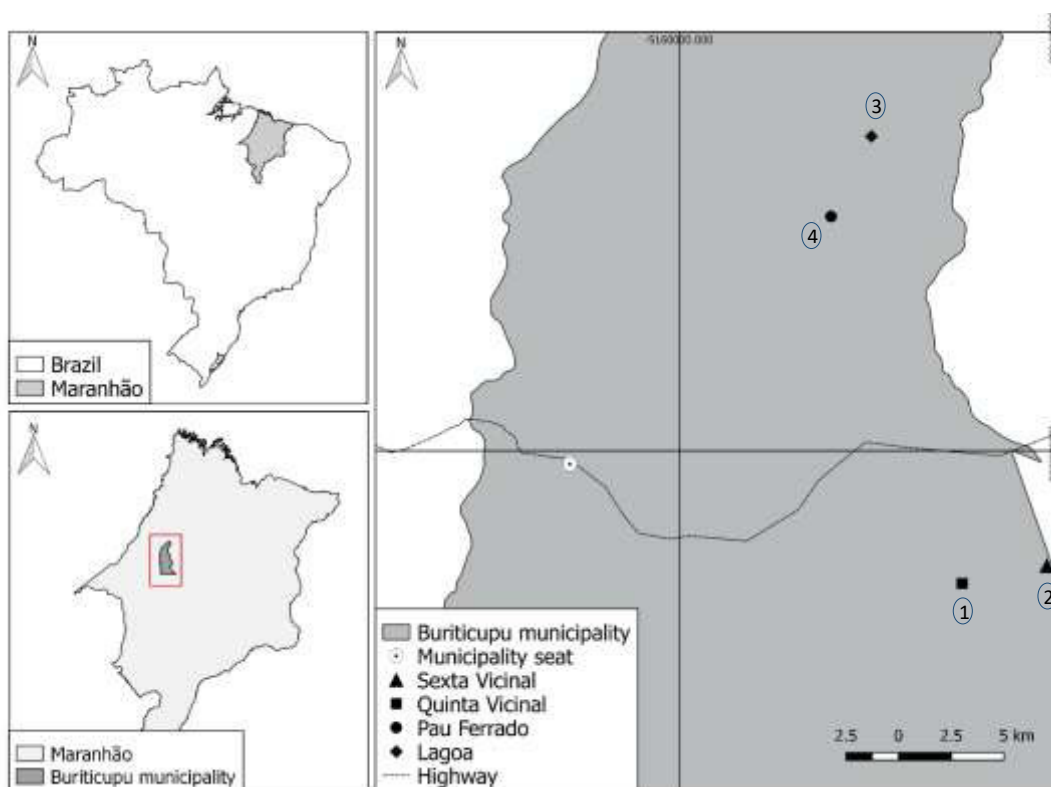


Figura 1. Mapa do estado do Maranhão mostrando a localização do município de Buriticupu-MA e os assentamentos estudados. Os flebotomíneos foram coletados nos peridomicílios (símbolos) e na floresta alterada de área de ocupação antiga (1 e 2) e na floresta conservada de ocupação recente (3 e 4).

Os povoados selecionados para este estudo estão entre aqueles que apresentaram mais de 3% dos casos anuais de leishmaniose cutânea notificados no município de Buriticupu-MA. Este estudo foi realizado em quatro áreas florestais primárias nas quais a ocupação humana começou em diferentes épocas. Essas áreas foram selecionadas com base nos relatos de casos de leishmaniose tegumentar. Duas

áreas florestais foram ocupadas desde a década de 1970 por dois assentamentos (Quinta Vicinal e Sexta Vicinal); outras duas áreas florestais foram ocupadas pelos assentamentos de Lagoa e Pau Ferrado na década de 1990. As áreas florestais de ocupação antiga foram mais severamente afetadas pela coleta seletiva de madeira e desmatamento para fins agrícolas e pastos para a pecuária. As áreas florestais de ocupação recente foram mais conservadas e menos impactadas, uma vez que até então haviam sofrido apenas a remoção seletiva de madeira.

Em cada área, o fragmento florestal estudado era o mais próximo da localidade rural selecionada. A distância dos fragmentos para os assentamentos humanos variaram de 100 m a 3,43 km. Realizamos um estudo abrangente dessas localidades ao longo de dois anos. Um estudo anterior publicou alguns dados sobre os flebotomíneos de Buriticupu-MA. No entanto, os dados analisados no presente estudo foram mais completos e detalhados do que os preliminares publicados por Rebêlo et al. (2000a, b), especialmente devido à inclusão de novas localidades e fragmentos florestais.

As duas localidades de ocupação antiga foram estabelecidas após o desmatamento planejado. As casas, construídas em madeira, foram distribuídas em três ruas paralelas. Em 1996/1997, o assentamento Sexta Vicinal tinha uma área de 14 hectares e compreendia 45 casas e 180 habitantes. O fragmento florestal correspondente de 117 ha estava localizado a uma distância de 500 m do assentamento. A Quinta Vicinal tinha uma área de 26 ha e continha 70 casas e 280 habitantes. O fragmento florestal correspondente tinha uma área de 66,3 ha e distante do assentamento cerca de 3,43 km.

As localidades de ocupação recente foram estabelecidas ao longo das margens de uma estrada. No ano do estudo (1996-1997), Pau Ferrado tinha 5 casas e 20 habitantes, e seu fragmento florestal tinha uma área de 133 ha e distava 100 m do assentamento; enquanto Lagoa tinha 10 casas aglomeradas e 40 habitantes, e seu fragmento florestal tinha uma área de 93 ha e distava 300 m do assentamento.

**Métodos de coleta.** Os flebotomíneos foram capturados das 18 às 6 horas, uma vez por mês, nos fragmentos florestais e nas localidades rurais. Foram instaladas duas armadilhas no interior de cada um dos quatro fragmentos florestais e duas nos peridomicílios de cada uma das quatro localidades rurais. Assim, o esforço de captura

foi de 16 armadilhas x 12 horas x 24 meses = 4608 horas. Nos peridomicílios rurais as armadilhas foram instaladas em galinheiros disponíveis nos quintais.

Todos os exemplares capturados foram mortos em câmaras de acetato de etila e acondicionados em frascos contendo álcool a 70% para posterior transporte ao Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão. Após triagem, os espécimes, machos e fêmeas, eram montados entre lâminas e lamínulas. A identificação foi feita com o auxílio da chave proposta por Young & Duncan (1994).

**Análise dos dados.** A riqueza de espécies foi obtida pelo somatório do número de espécies encontradas. O índice de Kato et al. (1952) foi utilizado para determinar as espécies dominantes, aquelas cujo limite de confiança inferior é maior que o limite de confiança superior para as espécies ausentes. Para determinar as espécies indicadoras ecológicas das comunidades ou dos tipos de ambiente, foi utilizada a análise IndVal (De Cáceres and Legendre 2009). Para se analisar os perfis de diversidade e a generalização, foi utilizada a série de Rényi, que trata de curvas que descrevem valores simultâneos de um conjunto de índices de diversidade no qual à medida que se aumenta o parâmetro  $\alpha$ , maior ênfase é dada às espécies dominantes (Hill 1973). Quando as curvas de comunidades diferentes não se intersectam em nenhum ponto, pode-se afirmar que uma é (inequivocamente) mais diversa do que a outra e são ditas como “separáveis”, caso contrário são ditas como “não-separáveis” (Tóthmérész 1995, Liu et al. 2007).

Para verificarmos se a composição das espécies foi influenciada pela idade dos assentamentos (recente e antigo) e/ou pelo ambiente (mata e peri), utilizamos uma análise de Similaridade - ANOSIM (Clarke 1993), adotando uma ordenação pelo índice de Bray-Curtis. A fim de identificar os taxons que apresentaram maior contribuição na diferenciação entre os tratamentos (ambientes), utilizou-se uma similaridade percentual - SIMPER (Clarke 1993). Para visualização gráfica de ambas as relações, fez-se uso de um escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). A composição das espécies foi analisada utilizando valores da abundância das espécies logaritmizados na base 10 ( $x+1$ ). Para verificar a distância de similaridade entre os tratamentos (ambientes), fez-se uso de uma análise de agrupamento (Cluster) baseada na abundância das espécies, utilizando o índice de Bray-Curtis. Esta análise permite a ordenação hierárquica, indicando possíveis grupos/subgrupos entre os tratamentos utilizados.

As análises foram realizadas no ambiente computacional R 3.4.0 (R Development Core Team, 2017) utilizando o pacote estatístico *vegan* (Oksanen et al., 2017) e “*indicspecies*” (De Cáceres & Legendre 2009).

## RESULTADOS

Foram encontradas 43 espécies de flebotomíneos distribuídas em dois gêneros: *Brumptomyia* (1) e *Lutzomyia* (42). As espécies do gênero *Lutzomyia* distribuíram-se em oito subgêneros e 5 grupos, sendo *Psychodopygus* (11 espécies) e *Migonei* (5), respectivamente, o subgênero e grupo mais diversificado (Tabela 1). A riqueza de espécies foi maior na área de ocupação recente (38 espécies), do que na área de ocupação antiga (28 espécies) (Tabela 2).

Quanto ao perfil de diversidade das comunidades segundo a Série de Rényi, as espécies dos peridomicílios e das florestas de áreas de ocupação recente e antiga formam comunidades consideradas separáveis, de forma que a Quinta Vicinal pode ser indicada como, inequivocamente, tendo mais diversidade que as demais (Figura 2).

Nove espécies foram encontradas em todos os ambientes estudados, a saber: *L. choti*, *L. clautrei*, *L. migonei*, *L. serrana*, *L. shannoni*, *L. termitophila*, *L. umbratilis*, *L. whitmanie* e *L. furcata*. Dezesesseis espécies foram encontradas exclusivamente na área de ocupação recente; e cinco foram exclusivas da área de ocupação antiga (Tabela 2). Contudo, a similaridade entre os sítios indica que as áreas de mata e peri formam dois grupos distintos, independentemente da idade dos assentamentos (Figura 3).



Tabela 1. Números de espécies de flebotomíneos encontradas no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de acordo com o subgênero ou grupo. Janeiro/1996 a dezembro/1997.

Subgenus/Groups	Numberofspecies	Numberpercentuals
<i>Brumptomyia</i>	1	2,3
<i>Evandromyia</i>	2	4,6
<i>Lutzomyia</i>	4	9,3
<i>Nyssomyia</i>	2	4,6
<i>Pressatia</i>	3	7,0
<i>Psathyromyia</i>	5	11,6
<i>Psychodopygus</i>	11	23,6
<i>Sciopemyia</i>	2	4,6
<i>Viannamyia</i>	1	2,3
Grupo		
<i>Aragaoi</i>	1	2,3
<i>Migonei</i>	5	11,6
<i>Oswaldoi</i>	3	7,0
<i>Saulensis</i>	1	2,3
<i>Verrucarum</i>	2	4,6
Total	43	100,0

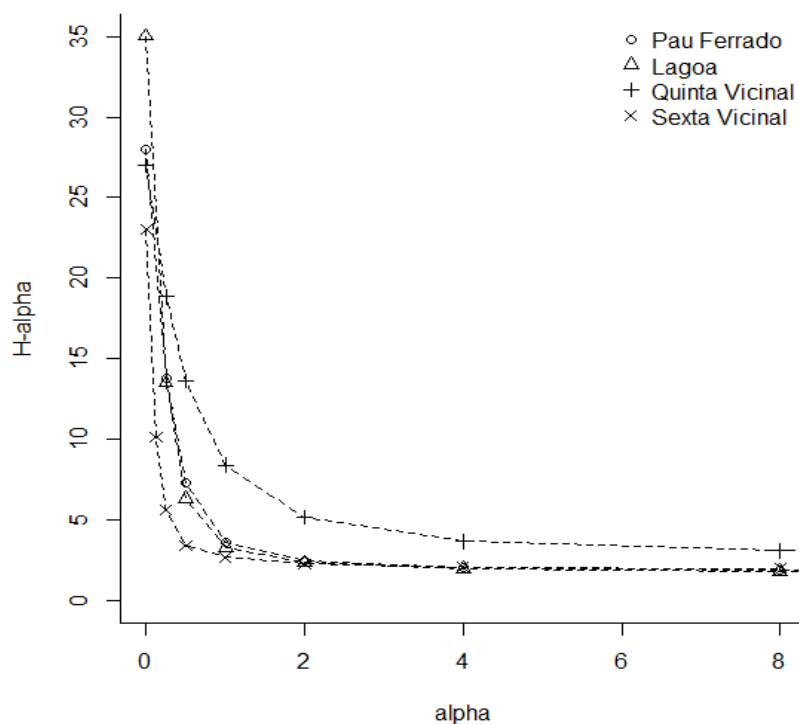


Figura 2 - Perfis de diversidade pelo ordenamento da série de Rényi para cada localidade amostrada em Buriticupu, Maranhão.

Tabela 2. Números de espécimes de flebotomíneos capturados em matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de acordo com o subgênero ou grupo, de janeiro/1996 a dezembro/1997.

Áreas	Assentamento Recente						Assentamento Antigo					
	Pau Ferrado		Lagoa		Total		Quinta Vicinal		Sexta Vicinal		Total	
Localidades	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri
Espécies/Ambientes	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri	Mata	Peri
<i>L abonnenci</i>	3		1		4							
<i>L arthuri</i>	2		1		3							
<i>L ayrozai</i>	2		1		3							
<i>L brasiliensis</i>	2		1		3							
<i>L carrerai</i>	3		1		4							
<i>L carvalhoi</i>	5				5							
<i>L complexa</i>			1		1							
<i>L corossoniense</i>			2		2							
<i>L geniculata</i>	34		3		37							
<i>L paraenses</i>			1		1							
<i>L saulensis</i>	1		2		3							
<i>L scaffi</i>	4		1		5							
<i>L servulolimai</i>			1		1							
<i>L nevesi</i>				1		1						
<i>L punctigeniculata</i>			1	1	1	1						
<i>B avellari</i>	21		6		27		2	2		2	2	4
<i>L brachyphalla</i>	5		4		9		45	2	12	1	57	3
<i>L choti</i>	1		1	3	2	3		50	246	6779	246	6829
<i>L claustrai</i>	15		66	3	81	3	1	8	1	4	2	12
<i>L davisi</i>		1				1		2		3		5
<i>L dendrophila</i>	8		12		20			2		2		4
<i>L evandroi</i>	59	103	29	770	88	873		119		243		362
<i>L furcata</i>			12	2	12	2	4	3	3	2	7	5
<i>L goiana</i>	1		2		3			1		3		4
<i>L gomezi</i>			1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
<i>L hirsuta</i>	1101	56	6		1107	56		2		1		3
<i>L longipalpis</i>	3		4	2	7	2		25		2		27
<i>L migonei</i>	7	284	2246	50	2253	334	5	17	11	61	16	78
<i>L oswaldoi</i>	8	16			8	16			3	2	3	2
<i>L serrana</i>	44	2	303	1	347	3	90	8	61	33	151	41
<i>L shannoni</i>	37		80	1	117	1	21	3	14	53	35	56
<i>L sordellii</i>			1		1		1				1	
<i>L spathotrichia</i>	4		2		6		1				1	
<i>L termitophila</i>	3	2	7	20	10	22	4	24	7	19	11	43
<i>L trinidadensis</i>	1		2		3		1	3			1	3
<i>L trispinosa</i>				1		1	5	3			5	3
<i>L umbratilis</i>	43	1	107		150	1		14	24	6	24	20
<i>L whitmani</i>	643	2018	5382	242	6025	2260	16	270		2353	16	2623
<i>L. bacula</i>								1		3		4
<i>L. lenti</i>								1		40		41
<i>L. lloydi</i>								1				1
<i>L. monstruosa</i>								1		1		2
<i>L. triacantha</i>							2		116	3012	118	3012
Total de indivíduos	2060	2483	8290	1098	10350	3581	199	563	499	12627	698	13190
Total de espécies	27	9	33	14	35	18	15	24	12	24	18	26

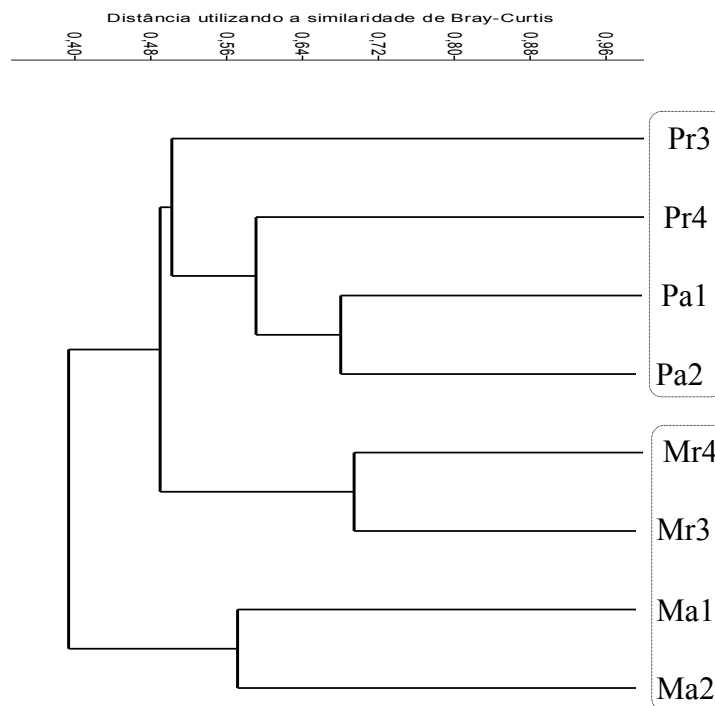


Figura 3: Dendrograma resultante da similaridade de Bray-Curtis indicando a relação de proximidade entre os ambientes estudados no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. Janeiro/1996 a dezembro/1997. P = Peridomicílio; M = mata; a = Área de assentamento antigo; r = Área de assentamento recente. 1 = Quinta Vicinal; 2 = Sexta Vicinal; 3 Lagoas. 4 Pau Ferrado.

O tipo de ambiente (mata ou peri) alterou a composição das espécies nos sítios amostrados ( $R = 0,33$ ;  $p = 0,02$ ), sendo *L. evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. hirsuta*, *L. shannoni* e *L. brachyphalla* as espécies que, juntas, contribuíram com mais de 54% para a diferença encontrada entre ambientes (Tabela 3). Todavia, apesar da separação em dois grupos distintos (Figura 4), não houve diferença na composição de espécies quando utilizamos a idade dos assentamentos (antigo e recente) como variável explicativa ( $R = 0,31$ ;  $p = 0,05$ ).

Das 38 espécies registradas na área de ocupação recente, 15 ocorreram nos dois tipos de ambientes (florestais e peridomiciliares); 20 foram exclusivas das florestas; e 3 exclusivamente nos peridomicílios. Nos fragmentos florestais capturou-se 10.350 espécimes, representando 74,3% da amostra total. As espécies dominantes foram *L. whitmani* (58,2%), *L. migonei* (21,8%), *L. hirsutas* (10,7%) (Figura 5a); as demais espécies representaram, juntas, 9,3% do total coletado nesta amostra. Nos peridomicílios capturou-se 25,7% (3581 espécimes) da amostra total. *L. whitmani* (63,1%), *L. evandroi* (24,4%) e *L. migonei* (9,3%) foram as espécies dominantes (Figura 5b); as demais espécies representaram, juntas, 3,2% do total desse ambiente.

Tabela 3. Abundância média de flebotômíneos capturados em matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, em 1996-1997.

Espécie	Media dissimilaridade	Contribuição (%)	Cumulativo (%)	Abundância média	
				Floresta	Peri- domicílio
<i>L evandroi</i>	4.7720	8.504	8.504	0.814	2.340
<i>L whitmani</i>	4.4610	7.950	16.45	1.94	2.870
<i>L choti</i>	3.7670	6.713	23.17	0.749	1.540
<i>L serrana</i>	3.3730	6.012	29.18	1.97	0.8160
<i>L. triacantha</i>	3.1690	5.648	34.83	0.636	0.870
<i>L migonei</i>	2.8790	5.131	39.96	1.53	1.800
<i>L h hirsuta</i>	2.8480	5.076	45.03	0.972	0.634
<i>L shannoni</i>	2.8120	5.012	50.05	1.5	0.659
<i>L brachyphalla</i>	2.7090	4.827	54.87	1.06	0.195
<i>L umbratilis</i>	2.5810	4.601	59.47	1.27	0.581
<i>L claustrai</i>	1.7300	3.084	62.56	0.908	0.564
<i>L oswaldoi</i>	1.4290	2.547	65.10	0.389	0.427
<i>L longipalpis</i>	1.4140	2.520	67.62	0.325	0.592
<i>B avellari</i>	1.3790	2.458	70.08	0.666	0.239
<i>L termitophila</i>	1.3550	2.415	72.50	0.777	1.120
<i>L dendrophila</i>	1.2240	2.182	74.68	0.517	0.239
<i>L geniculata</i>	1.1820	2.107	76.79	0.537	0
<i>L furcata</i>	1.0880	1.939	78.72	0.604	0.389
<i>L. lenti</i>	1.0420	1.857	80.58	0	0.478
<i>L trispinosa</i>	0.9162	1.633	82.21	0.195	0.226
<i>L spathotrichia</i>	0.9076	1.618	83.83	0.369	0
<i>L davisii</i>	0.8653	1.542	85.37	0	0.345
<i>L trinidadensis</i>	0.7526	1.341	86.71	0.27	0.151
<i>L goiana</i>	0.6053	1.079	87.79	0.195	0.226
<i>L scaffii</i>	0.5501	0.9804	88.77	0.25	0
<i>L. bacula</i>	0.5098	0.9086	89.68	0	0.226
<i>L abonnenci</i>	0.4959	0.8839	90.57	0.226	0
<i>L carrerai</i>	0.4959	0.8839	91.45	0.226	0
<i>L carvalhoi</i>	0.4352	0.7756	92.23	0.195	0
<i>L arthuri</i>	0.4261	0.7593	93.74	0.195	0
<i>L ayrozai</i>	0.4261	0.7593	92.99	0.195	0
<i>L brasiliensis</i>	0.4261	0.7593	94.50	0.195	0
<i>L sordellii</i>	0.4235	0.7548	95.26	0.151	0
<i>L saulensis</i>	0.4207	0.7498	96.01	0.195	0
<i>L gomezi</i>	0.4091	0.7291	96.74	0.226	0.270
<i>L. monstruosa</i>	0.3513	0.6261	97.36	0	0.151
<i>L punctigeniculata</i>	0.3132	0.5582	97.92	0.075	0.075
<i>L corossoniensis</i>	0.2523	0.4497	98.37	0.119	0
<i>L nevesi</i>	0.2432	0.4334	98.81	0	0.075
<i>L. lloydi</i>	0.1928	0.3436	99.15	0	0.075
<i>L paraenses</i>	0.1592	0.2837	100	0.075	0
<i>L servulolimai</i>	0.1592	0.2837	99.72	0.075	0
<i>L complexa</i>	0.1592	0.2837	99.43	0.075	0

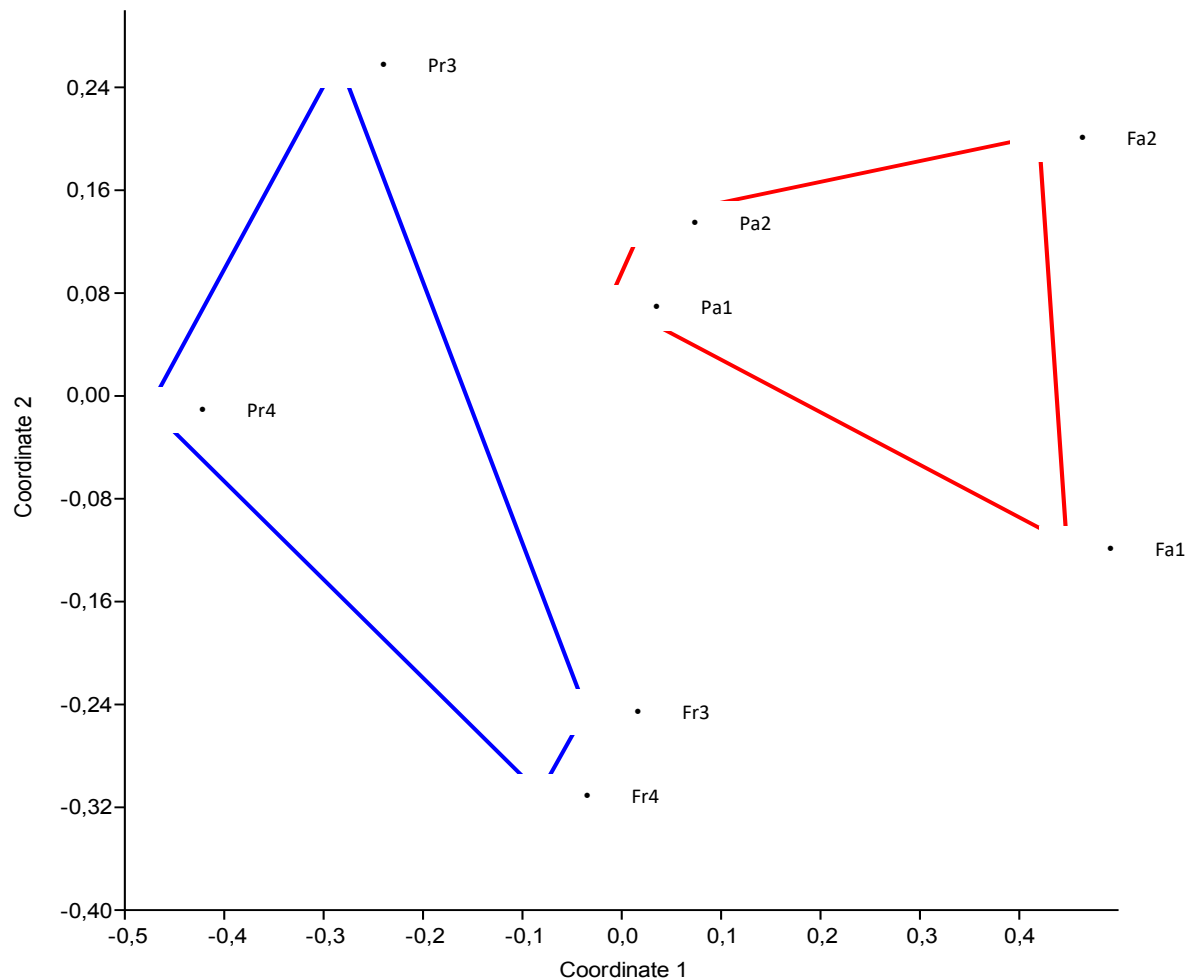
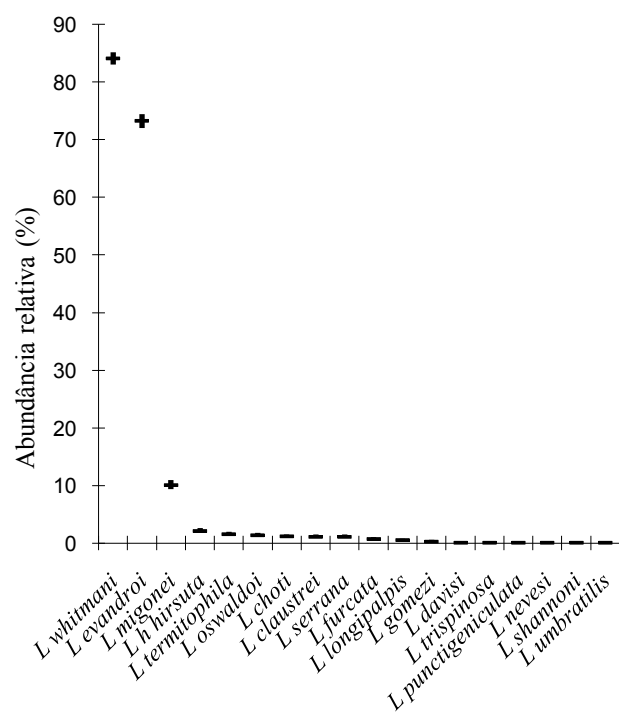
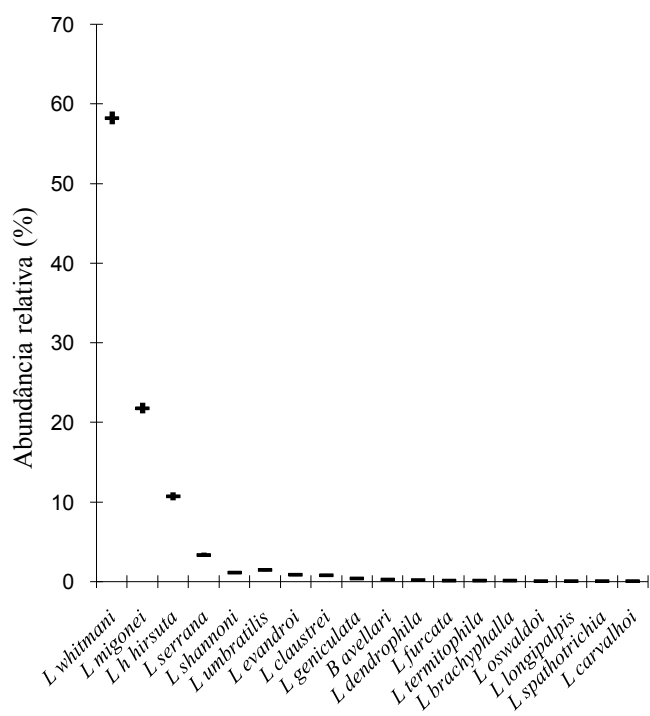


Figura 4: Escalonamento Multidimensional não-Métrico para associação entre idade dos assentamentos (recente e antigo) e composição de espécies de flebotomíneos coletados no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. Janeiro/1996 a dezembro/1997. Áreas florestais (F) e peridomésticas (P) dos assentamentos antigos (a) de Quintal vicinal (1) e Sexta Vicinal (2) e dos assentamentos recentes (r) de Lagoa (3) e Pau Ferrado (4).

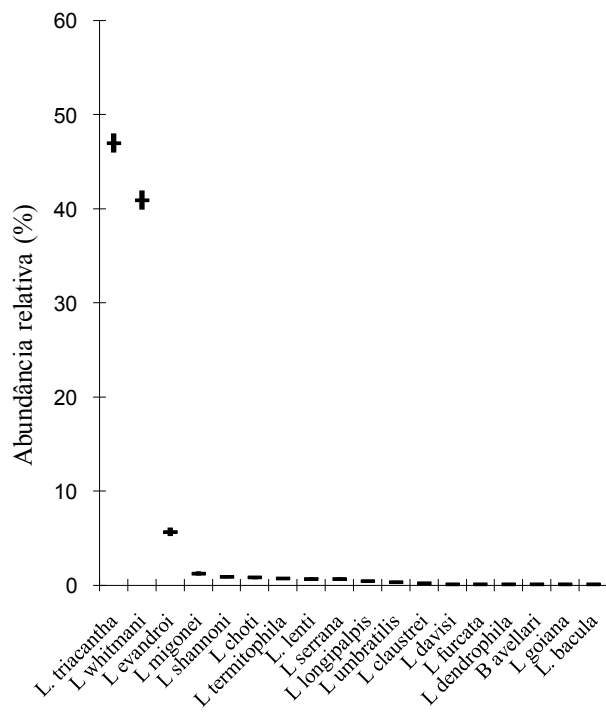
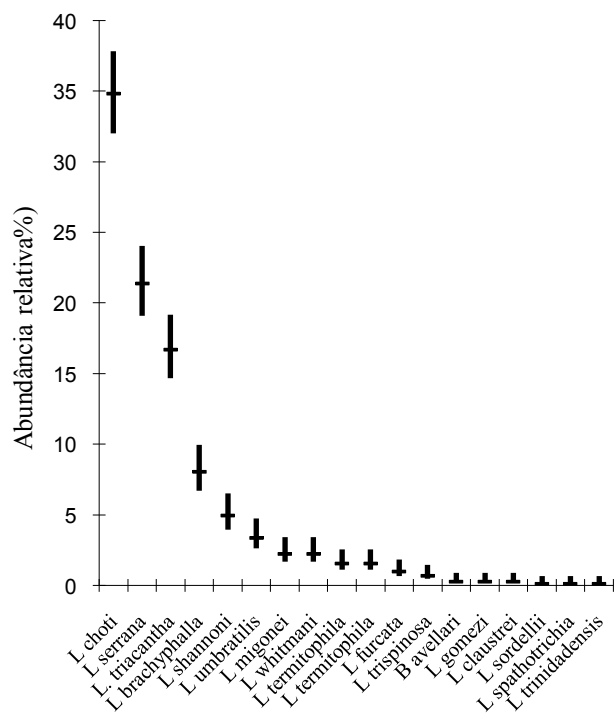
Das 28 espécies encontradas na área de ocupação antiga, 2 distribuíram-se apenas nos fragmentos florestais; 9 estavam presentes apenas nos peridomicílios; e 16 ocorreram em ambos os ambientes (Tabela 2). A abundância de indivíduos foi maior nos peridomicílios (90,2%; 6.410 espécimes) do que nos fragmentos florestais (9,8%; 695). Nos ambientes florestais alterados as espécies dominantes foram *L. choti* (35,2%), *L. serrana* (21,6%) e *L. triacantha* (16,9%); as demais espécies representaram juntas 26,3% (Figura 5c); enquanto nos peridomicílios antigos as dominantes foram *L. choti*(51,8%), *L. triacantha* (22,8%) e *L. whitmani* (19,9%); as demais espécies

contribuíram com 5,5% da amostra total (Figura 5d). Neste estudo, apesar da grande riqueza de espécies encontrada nos diversos ambientes, apenas duas foram indicadoras de ambientes florestais — *L. Brachyphalla* (Indval = 0.9565, p = 0.0277) e *L. serrana* (Indval = 0.9188, p = 0.0309); e uma foi indicadora do peridomicílio — *L. evandroi* (Indval = 0.9335, p = 0.0297).



a) Floresta preservada

b) Peridomicílio recente



c) Floresta alterada

d) Peridomicílio antigo

Figura 5. Ranque de dominância das espécies de flebotomíneos estudadas nas matas e peridomicílios de áreas de assentamentos antigos e recentes, no município de Buriticupu, Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil, de janeiro/1996 a dezembro/1997.

## DISCUSSÃO

Nas três últimas décadas, o desmatamento na Amazônia não só multiplicou sua velocidade, mas também a sua espacialidade. Nesse período houve um agravamento na incidência da leishmaniose tegumentar. Ao longo do tempo, a literatura científica forneceu evidências de que os desequilíbrios ambientais, particularmente aqueles relacionados ao desmatamento, podem aumentar a incidência de doenças, incluindo as leishmanioses (Patz et al. 2000, Chaves et al. 2008, Vora 2008, Barcellos et al. 2009, Gottwalt 2013, Confalonieriet al. 2014). O impacto do desmatamento e a peridomiciliação dos flebotomíneos são recorrentes em áreas de endemismo das leishmanioses (Martins et al. 2004, Feitosa & Castellon 2006). Tais situações podem ter uma relação íntima com a dinâmica das populações de flebotomíneos e suas reações diante das alterações impostas no meio ambiente.

No presente estudo verificou-se que a composição e riqueza das espécies diferiram entre as áreas com diferentes períodos de ocupação humana e grau de alterações florestais. Nos fragmentos florestais mais conservados, situados em áreas de ocupação recente (década de 90), a riqueza de espécies de flebotomíneos foi maior do que nos fragmentos florestais alterados de áreas de ocupação antiga (década de 70).

Esse resultado decorre provavelmente de o fato das florestas conservadas disponibilizarem mais recursos para a proliferação das populações de flebotomíneos. Por exemplo, ter mais mamíferos disponíveis como fonte de sangue para as fêmeas hematófagas. Elas necessitam de sangue para reprodução e os mamíferos são os seus hospedeiros preferenciais (Lainson 2010). Além disso, deve ter mais abrigos para os adultos e locais apropriados disponíveis para o estabelecimento de criadouros para os imaturos. Muitas espécies encontradas nas florestas amazônicas têm como principal biótopo os troncos de árvores (Cabanillas et al. 1995, Cabanillas & Castellón 1999, Castellón et al. 1994). Tanto que numa pequena área amazônica, é possível encontrar mais de 30 espécies de flebotomíneos (Alexander 2000), como ocorreu no fragmento florestal de Lagoa (floresta conservada).

O desmatamento e outros tipos de alterações causadas pelas atividades antropogênicas, reduzem esses recursos (abrigos e criadouros) e afeta as populações de mamíferos silvestres, em especial os de grande porte que necessitam de extensas áreas, estando mais expostos a estas perturbações (Pardiniet al. 2003). Em consequência,



há redução dos recursos proteicos (alimento sanguíneo) disponíveis para as fêmeas de flebotomíneos.

Esse processo contribui para o desaparecimento das espécies de flebotomíneos das florestas alteradas, pois existem aquelas que não conseguem se adaptar às novas condições ambientais dos remanescentes florestais. Por exemplo, *L. carvalhoi*, *L. carrerai*, *L. brasiliensis*, *L. ayrozai*, *L. arthuri*, *L. abonnenci*, *L. corossoniensis*, *L. complexa*, *L. geniculata*, *L. paraensis*, *L. saulensis*, *L. scaffie* e *L. servulolimai* presentes nos fragmentos florestais conservados não foram encontradas nas áreas onde a floresta primária sofreu alteração e também nas áreas modificadas para o estabelecimento dos assentamentos humanos. Talvez por manter relações específicas com os seus hospedeiros vertebrados que se tornaram raros. É possível que várias delas jamais sejam encontradas nessas áreas modificadas.

No entanto, algumas espécies ausentes nas florestas alteradas reapareceram nos peridomicílios dos assentamentos antigos. Nesses ambientes, o homem e animais domésticos e sinantrópicos podem ser uma opção de repasto sanguíneo (Dias et al. 2003), favorecendo a ocorrência em grande abundância de espécies oportunistas, como *L. choti*, *L. whitmani* e *L. triacantha*, além de *L. evandroi*, que foi indicadora do peridomicílio.

O adensamento de animais domésticos (mamíferos e aves) confinados em abrigos peridomiciliares em assentamentos rurais estabelecidos nas proximidades de florestas é um dos fatores mais importantes para a aproximação do vetor (Valderrama et al. 2011, Ramos et al. 2014). Esses assentamentos se tornam ambientes altamente receptíveis a transmissão de leishmaniose (Feitosa & Castellon 2006), sobretudo, a forma tegumentar, dando origem a surtos epidêmicos da doença (Silva et al. 1979, 1981, Costa et al. 1998, Martins et al. 2004). Estudos da fonte alimentar de flebotomíneos peridomésticos têm demonstrado a importância não só de animais domésticos, como também de marsupiais e roedores, cujo sangue pode ser encontrado no conteúdo estomacal de certos flebotomíneos, como *L. longipalpis* e *L. whitmani* (Dias et al. 2003, Fonteles et al. 2009). Nas áreas do presente estudo, Oliveira et al. (2008) detectaram sangue de roedor (40%), ave (24%), cão (9,3%) e equino (9,3%) no conteúdo estomacal de *L. choti*. Também foi demonstrado sangue de roedor (38,9%), ave (33,3%) e equino (13,9%) no estômago de *L. triacantha*; e sangue de roedor (44,4%) e equino (22,2%) em *L. whitmani*. É interessante notar nos estudos de Oliveira

et al. (2006) que as fêmeas de *L. whitmanis* sugaram mais sangue humano (11,1%) do que *L. choti* (6,7%) e *L. triacantha* (5,5%), reafirmando o seu papel como vetor da leishmaniose no Maranhão.

A proliferação de espécies de flebotomíneos nos peridomicílios rurais modificou o perfil epidemiológico da leishmaniose tegumentar na Amazônia de Buriticupu. Antes, a infecção era adquirida no ambiente silvestre, quando os madeireiros e agricultores adentravam na floresta (Silva et al. 1979, 1981). Com o passar do tempo passou a ser transmitida também nas zonas rurais (Costa et al. 1998, Martins et al. 2004). Na virada do milênio, com a expansão das localidades rurais e das cidades, a doença passou a incidir nas áreas periurbanas (Guimarães-Silva et al. 2017), onde há suspeita da participação de animais domesticados como reservatórios, incluindo cães, equinos e suínos. Essa tendência pode ser observada nas áreas do presente estudo, pois nos assentamentos recentes, a maioria das espécies mantém o hábito silvestre, enquanto nos assentamentos antigos predominam as espécies peridomiciliares, onde há histórico de transmissão peridoméstica (Martins et al. 2004).

Em síntese, a alteração das florestas, ao longo do tempo, pela retirada seletiva de madeira e outros tipos de desmatamentos exerce influência na estrutura da comunidade de flebotomíneos, afetando a composição e riqueza das espécies. A riqueza foi alta nos fragmentos florestais mais conservados, em áreas de ocupação recente, decaindo nos fragmentos florestais alterados com histórico mais antigo de ocupação. O contrário se observou com o tempo de estabelecimento dos assentamentos rurais, quanto mais antigo, maior riqueza de espécies encontrada nos peridomicílios. Parece que a infestação dos peridomicílios por flebotomíneos é favorecida por um mecanismo oportunista formado pela disponibilidade de alimento e abrigos (animais domésticos, seus abrigos e objetos diversos encontrados nos quintais). Assim, a presença de animais domésticos e seus abrigos podem ser usados como indicadores para previsão da ocorrência de vetores nos peridomicílios, prognosticar futuros cenários de ocorrências das leishmanioses e nortear ações preventivas para essas enfermidades. Da mesma forma a infestação de flebotomíneos pode ser um indicativo de problemas ambientais nos ambientes peridomiciliares.

Em síntese, a composição, riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos diferiram entre as áreas com diferentes períodos de ocupação humana e graus de mudança florestal. Nas áreas florestais mais conservadas (ocupação recentes), o número

de espécies de flebotomíneos foi maior do que em fragmentos florestais alterados (ocupação antiga). No entanto, várias espécies ausentes nas florestas degradadas apareceram nos abrigos de animais domésticos presentes nos povoados rurais adjacentes. Logo, os animais domésticos e seus abrigos podem ser usados como indicadores para prever a ocorrência de vetores de leishmanioses. Por outro lado, infestações de flebotomíneos nos peridomicílios podem indicar alterações ambientais nas florestas próximas e prever cenários futuros de transmissão da leishmaniose e orientar ações preventivas contra essa doença.

## REFERÊNCIAS

- Alexander, B. 2000.** Sampling methods for phlebotomine sandflies. *Med. Vet. Entomol.* 14: 109–122.
- Barcellos, C. et al.,2009.** Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*, 18:285–304.
- Becker, B. K. 2006.** *Amazônia: geopolítica na virada do III milênio*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Cabanillas, M.R.S., and E.G. Castellón. 1999.** Distribution of sandflies (Diptera: Psychodidae) on Tree-trunks in a Non-flooded area of the Ducke Forest Reserve, Manaus, AM, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 94: 289–296.
- Cabanillas, M.R.S., E.G.B. Castellón, and M. Alencar. 1995.** Estudo sobre os abrigos naturais dos flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) na Reserva Florestal Ducke Manaus, AM, Brasil. *Bol. Dir. Malariol. Y San. Amb.*XXXV (Supl.1): 63–76.
- Castellón, E.G., J.R. Arias, R.A. Freitas, and R.D. Naiff. 1994.** Os flebotomíneos da região Amazônica, estrada Manaus Humaitá, estado do Amazonas, Brasil (Diptera: Psychodidae; Phlebotominae). *Acta Amaz*, 24: 91–102.
- Chaves, L. F., J.M. Cohen, M. Pascual, and M.L. Wilson. 2008.** Social exclusion modipex climate and deforestation impacts on a vector-borne disease. *PloSNegl. Trop. Dis.* 2: e176.
- Clarke, K.R. 1993.** Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austral Ecol*, 18: 117–143.

- Confalonieri, U.E., C.Margonari, and A.F. Quintão. 2014.** Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta Trop* 129: 33–41.
- Costa, J.M.L., I.T.A. Balby, E.J.S. Rocha, A.R. Silva, J.M.M. Rebêlo, and L.A. Ferreira et al., 1998.** Estudo comparativo da Leishmaniose Tegumentar americana em crianças e adolescentes procedentes das áreas endêmicas de Buriticupu (Maranhão) e Corte de Pedra (Bahia), Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 31: 279–88.
- De Cáceres, M and P. Legendre. 2009.** Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90: 3566–3574.
- Dias, F.O.P., E.S. Lorosa, and J.M.M Rêbêlo. 2003.** Fonte alimentar sanguínea e a peridomiciliação de *Lutzomyialongipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Psychodidae, Phlebotominae). *Cad Saúde Púb* 19: 1373–1380.
- Diniz, M.B; J.N. Oliveira Junior, N. Trompieri Neto, and M.J.T. Diniz. 2009.** Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. *Nova econ.* 19: 121–151.
- Feitosa, M.A.C., and E.G. Castellón. 2006.** Fauna de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) em fragmentos de floresta ao redor de conjuntos habitacionais na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. I. Estratificação Vertical. *Acta Amaz* 36: 539–548.
- Fonteles, R. S.; Vasconcelos, G. C.; Azevêdo, P. C. B.; Moraes, J. L. P.; Lorosa, E. S.; Lopes, G. N. 2009.** Preferência alimentar sanguínea de *Lutzomyiawhitmani* (Diptera, Psychodidae) em área de transmissão de leishmaniose cutânea americana no estado do Maranhão, Brasil. *RevBrasMedTrop* 42: 647-650, 2009.
- Fonteles, R.S., A.A. Pereira Filho, J.L.P. Moraes, S.R.F. Pereira, B.L Rodrigues, and J.M.M Rebêlo. 2018.** Detection of *Leishmania* DNA and Blood Meal Identification in Sand Flies (Diptera: Psychodidae) From LençóisMaranhenses National Park Region, Brazil. *J. MedEntomol* 55: 445–451,
- Galati, E.A.B. 2003.** Classificação de Phlebotominae. In Rangel EF &Lainson R (eds), *Flebotomíneos do Brasil*, Fiocruz, Rio de Janeiro, p.23–51.
- Gottwalt, A. 2013.** Impacts of deforestation on vector-borne disease incidence. *Global J. Health Sci.* 3: 16–19.
- Guimarães-e-Silva, A.S, S.O. Silva, R.C. Ribeiro da Silva, V.C.S. Pinheiro, J.M.M Rebêlo, and M.N. Melo. 2017.** *Leishmania* infection and blood food sources of

- phlebotomines in an area of Brazil endemic for visceral and tegumentary leishmaniasis. *PLoS ONE* 12(8): e0179052.
- Hill, M.O. 1973.** Diversity and evenness: a unifying notion and its consequences. *Ecology*. 54:427–432.
- Kato, M., T. Matsuda, and Z. Yamashita. 1952.** Associative ecology of insects found in paddy field cultivated by various planting forms. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 19: 291–301.
- Lainson, R. 2010.** Espécies neotropicais de *Leishmania*: uma breve revisão histórica sobre sua descoberta, ecologia e taxonomia. *Rev Pan-AmazSaude*, 1: 13–32.
- Lainson R and E.F. Rangel. 2005.** *Lutzomyia longipalpis* and the ecoepidemiology of American visceral leishmaniasis, with particular reference to Brazil: a review. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 100: 811–27.
- Lewis, D.J., D.G Young, G.B. Fairchild, and D.M. Minter. 1977.** Proposals for a stable classification of phlebotomine sandflies. *Systematic Entomology*, 2:319–332.
- Liu, C., R.J. Whittaker, K. MA, and J.R. Malcolm. 2007.** Unifying and distinguishing diversity ordering methods for comparing communities. *Pop. Ecol.* 49: 89–100.
- Martins, L.M., J.M.M. Rebêlo, J.M.L. Costa, A R. Silva and L.A. Ferreira. 2004.** Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil 1996 a 1998. *Cad Saúde Púb* 20: 109–118.
- Ministério da Saúde. 2018.** Vigilância em Saúde: Leishmaniose Tegumentar Americana. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/14/LT-Casos.pdf>. Acessado em 11 de agosto de 2018.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, R. Minchin, R.B. O’Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, E.D. Szoecs, H. Wagner. 2017.** Vegan: community ecology package R package version 2.4-2 <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Oliveira-Pereira, Y.N., J.L.P. Moraes, E.S. Lorosa, and J.M.M. Rebêlo. 2008.** Preferência alimentar sanguínea de flebotomíneos da Amazônia do Maranhão, Brasil. *Cad. Saúde Pub* 24: 2183–2186.
- Pardini, R., E.H. Ditt, L. Cullen, C. Bassi, and R. Rudran. 2003.** Levantamento rápido de mamíferos terrestres de médio e grande porte. In: Cullen Júnior, L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. (Orgs.). Métodos de estudos em biologia da

- conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p.181–201
- Patz, J. A. et al., 2000.** Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *Inter J. Parasit* 30: 12–13.
- Pereira-Filho, A.A., R.S. Fonteles, M.C.A. Bandeira, J.L.P. Moraes, J.M.M. Rebêlo, and M.N. Melo. 2018.** Molecular Identification of *Leishmania* spp. in Sand Flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil, *J Med Entomol.* 55: 989–994.
- Ramos WR, J.F. Medeiros, G.R. Julião, C.M. Ríos-Velásquez, E.F. Marialva, S.J.M. Desmoulière. 2014.** Anthropic effects on sand fly (Diptera: Psychodidae) abundance and diversity in an Amazonian rural settlement, Brazil. *Acta Trop.* 139: 44–52.
- Rebêlo J.M.M., S.T. Oliveira, V.L.L. Barros, and F.S. Silva. 2000a.** Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV. Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomol Vect* 7: 61–72.
- Rebêlo, J.M.M., S.T. Oliveira, V.L.L. Barros, and F.S. Silva. 2000b.** Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de Lagoas, município de Buriticupu, Amazônia maranhense. I - Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização recente. *Rev Soc Bras Med Tropical* 33: 11–19.
- Rebêlo, J.M.M., R.V. Rocha, J.L.P. Moraes, C.R.M. Silva, F.S. Leonardo, and G.A. Alves. 2010.** The fauna of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in different phytogeographic regions of the state of Maranhão, Brazil. *Rev Bras Ent* 54: 494–500.
- Shimabukuro, P.H.F. and E.A.B. Galati. 2011.** Lista de espécies de Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) do Estado de São Paulo, Brasil, com comentários sobre sua distribuição geográfica. *Biota Neotrop* 11: 1–20
- Silva, A.R., G. Martins, J.E.M. Melo, P. Araújo, and M.G. Mendes. 1979.** Surto epidêmico de Leishmaniose Tegumentar americana ocorrido na colonização agrícola de Buriticupu (Estado do Maranhão), Brasil. *Rev Inst Med Trop* 21:1–62.
- Silva, A.R., J.R. Mendes, M.L.M. Rodrigues, Z.S. Carvalho, F.M.P. Reis, and J.E.M. Melo et al., 1981.** Leishmaniose cutânea difusa (LCD): registro de um caso em Buriticupu, Estado do Maranhão, Brasil. *Rev Inst Med Trop* 23: 31–5.
- Tóthmérész, B. 1995.** Comparison of different methods for diversity ordering. *J. Sci.* 6: 283–290.

- Valderrama, A., M.G. Tavares, and J.D. Andrade Filho. 2011.** Anthropogenic influence on the distribution, abundance and diversity of sand fly species (Diptera: Phlebotominae: Psychodidae), vectors of tegumentary leishmaniasis in Panama. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 106: 1024–1031.
- Vora, N. 2008.** Impact of anthropogenic environmental alterations on vector-borne diseases. Medscape J Med. 10:238.
- Young, D.G., and M.A. Duncan. 1994.** Guide to the identifications and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in México, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Mem Am Ent Inst 54, Associated Publishers, American Entomological Institute, Gainesville, 881 pp.

**CAPÍTULO IV**  
(Ecological Entomology)



## **Distribuição sazonal de flebotomíneos(Diptera: Psychodidae) na Amazônia maranhense, Brasil**

G.B.V. Cruz<sup>1,4</sup>, J.M.M Rebêlo<sup>1,2,3</sup>, J.L.P. Moraes<sup>1</sup>, Y.N.O. Pereira<sup>2</sup>,  
J.W.J. Azevedo<sup>1</sup>, M.C.A. Bandeira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação da Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - Rede BIONORTE da Universidade Federal do Maranhão. <sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Maranhão. <sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão.

<sup>4</sup>Corresponding author, e-mail: gustavofavam@gmail.com

Endereço para correspondência. José Manuel Macário Rebêlo. Laboratório de Entomologia e Vetores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão. Avenida dos Portugueses 1966, Campus do Bacanga, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil. Email: macariorebello@uol.com.br Phone: +55 98 988057783

**RESUMO.** A leishmaniose tegumentar é endêmica na Amazônia brasileira, onde sofre variação sazonal. Contudo, pouco se conhece sobre a sazonalidade dos seus vetores biológicos. O presente trabalho teve como objetivo estudar a variação sazonal na riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos no município de Buriticupu-MA, situado na Amazônia Oriental do Brasil. Os flebotomíneos foram capturados com armadilhas CDC instaladas em fragmentos florestais e em abrigos de animais domésticos. As capturas ocorreram das 18 às 6 horas, uma vez por mês, em cada área nos anos de 1996/1997. O estudo resultou na coleta de 13.888 espécimes de 27 espécies de *Lutzomyia* e 1 de *Brumptomyia*. A distribuição das espécies variou ao longo do ano, predominando as espécies acidentais sobre as acessórias e constantes. A riqueza mensal de espécies variou de 6 a 17 na estação chuvosa e de 10 a 15 na estação seca; as menores proporções de indivíduos foram obtidas nos meses da estação seca: julho (2,7%) e agosto (2,6%) e as maiores ocorreram nos meses chuvosos: abril (12,6%) e maio (12,7%). No computo geral a abundância foi maior na estação chuvosa (64.1%) do que na seca (35.9%). Esse resultado indica que muitas espécies podem ser encontradas em todos os meses do ano, mas a riqueza e abundância são maiores na estação chuvosa,

quando os índices pluviométricos e de umidade são mais elevados e as médias de temperatura mais amenas.

**Palavras-Chave:** Vetor biológico, Variação estacional, Doenças tropicais, Clima quente-úmido

## INTRODUÇÃO

Os flebotomíneos são abundantes e essenciais para o funcionamento dos ecossistemas terrestres tropicais, pois compreende um elemento obrigatório no ciclo biológico de parasitas tripanossomatídeos. No entanto, a abundância, os ciclos reprodutivos e alimentares (repastos sanguíneos) destes insetos podem ser fortemente influenciados pela sazonalidade e condições climáticas nos ecossistemas, como ocorre com outros insetos (Wolda 1988, Whitford 1996).

Em ecossistemas com clara distinção entre as estações chuvosa e seca, as variáveis climáticas são conhecidas como boas preditoras do comportamento da população (Janzen 1973, Wolda 1988). No entanto, as respostas dos insetos ao clima não são uniformes e podem variar de acordo com as características do habitat e os táxons estudados (Janzen & Schoener 1968; Levings & Windsor 1985; Wolda & Broadhead 1985). Algumas espécies de insetos podem apresentar uma forte sincronia com os padrões climáticos, como temperatura e precipitação, enquanto algumas espécies apresentam vários picos em abundância ao longo do ano ou podem até mesmo mostrar preferências pela estação seca (Wolda 1980, Wolda & Fisk 1981).

Nas áreas tropicais, a sazonalidade dos flebotomíneos afeta diretamente o perfil epidemiológico das leishmanioses, um grupo de doenças transmitidas por vetores mais prevalentes nas áreas tropicais e a sua incidência varia sazonalmente ao longo do ano. O estudo do comportamento desses insetos em ambientes naturais e antropogênicos são cruciais para entender a variação temporal dessas doenças. Atualmente a leishmaniose tegumentar constitui um grande problema de saúde pública. No Brasil, de acordo com o Ministério da Saúde, no período compreendido entre 2007 a 2016, foram registrados cerca de 200.753 casos autóctones da doença. Nesse período o coeficiente de detecção foi maior em 2012 (12,1) e o menor em 2016 (6,2).

A Amazônia brasileira é a região que contribuiu com a maior casuística, apresentando 85.569 casos, com o maior coeficiente de detecção em 2007 (64,5) e o

menor em 2016 (28,6). Coincidentemente, essa região contém a maioria das espécies de flebotomíneos vetores conhecidos no país (Aguiar & Medeiros 2003), mas os estudos sobre ocorrência sazonal desses insetos são incipientes e restritos a algumas áreas.

Na região amazônica do Estado do Maranhão, casos de leishmaniose tegumentar são notificados em todos os meses do ano (Martins et al. 2004), assim como a ocorrência das espécies de flebotomíneos vetores (Rebêlo et al. 2001a, b). Os poucos estudos inconclusivos mostram que picos de prevalência da doença, assim como na abundância dos flebotomíneos podem ser observados tanto no período chuvoso, como no período seco, em áreas com diferentes impactos ambientais.

Acredita-se que a variação estacional na riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos deve ser afetada não apenas por fatores climáticos, tais como regime pluviométrico, variação da temperatura e umidade relativa do ar; mas também por fatores sócioambientais intervenientes, como desmatamento e queimadas, tanto nas áreas rurais como silvestres. Para testar essa hipótese fez-se o inquérito das espécies de flebotomíneos durante dois anos consecutivos em diferentes estações e áreas silvestres e rurais da Amazônia Oriental do Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

O município de Buriticupu-Ma se situa entre 4° e 5°S e 45° 30' e 47°W, na Amazônia Oriental do Brasil (Figura 1) e apresenta altitude média em torno de 200 metros. A floresta estacional perenifólia densa (= floresta ombrófila) era a cobertura vegetal predominante, com árvores de grande porte e podiam atingir até 50 metros ou mais. Atualmente encontra-se devastada pelas atividades madeireiras e agropecuárias. Os remanescentes da vegetação original estão representados por glebas de matas primárias e secundárias, isoladas em paisagens dominadas pela agricultura e pecuária. O clima da região é quente-úmido com precipitação média anual em torno de 1800 mm.

O estudo foi realizado em dois tipos de áreas rurais: uma de ocupação antiga com mais de 20 anos de implantação dos assentamentos, e outra de ocupação recente, com cerca de 10 anos de estabelecimento dos assentamentos. Nos dois casos, os

assentamentos foram implantados em área de floresta estacional perenifólia densa. Em cada área foram selecionadas duas localidades com história de notificação de casos de leishmaniose tegumentar, e dois fragmentos florestais em melhor estado de conservação.

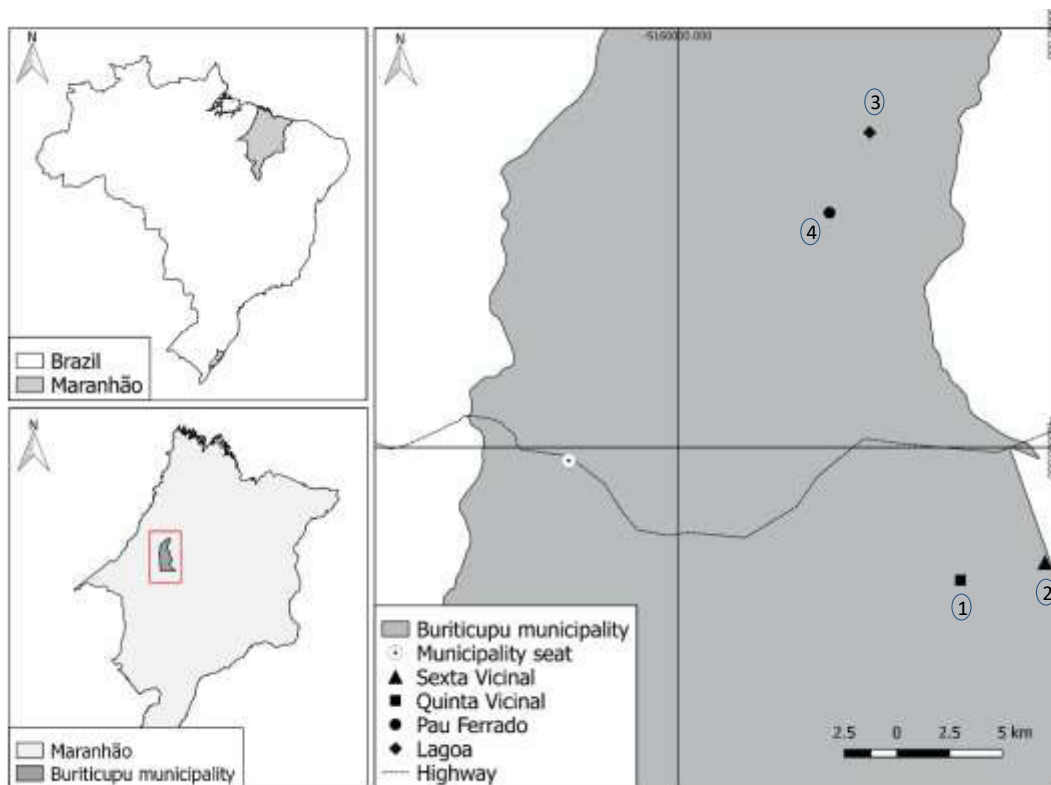


Figura 1. Mapa do estado do Maranhão mostrando a localização do município de Buriticupu e os assentamentos estudados. Os flebotomíneos foram coletados nos peridomicílios (símbolos) e na floresta alterada de área de ocupação antiga (1 e 2) e na floresta conservada de ocupação recente (3 e 4).

Os assentamentos antigos (Quinta Vicinal e Sexta Vicinal) foram implantados em 1974 de forma planejada, com a construção de habitações de madeiradistribuídas em três ruas paralelas. No período do estudo (1996-1997), a Sexta Vicinal tinha uma área de 14 hectares e compreendia 45 casas e 180 habitantes. O fragmento florestal selecionado para o estudo tinha 117 ha e distava 500 m do assentamento. A Quinta Vicinal tinha uma área de 26 ha, 70 casas e 280 habitantes. O fragmento florestal correspondente tinha uma área de 66,3 ha e distava do assentamento cerca de 3,43 km.

As localidades de ocupação recente foram estabelecidas no final da década de 80 e início da década de 90, ao longo das margens de uma estrada, sem nenhum planejamento. No ano do estudo (1996/1997), Pau Ferrado tinha 5 casas e 20 habitantes,

e fragmento florestal selecionado para a coleta de flebotomíneos tinha uma área de 133 ha e distava 100 m do assentamento; enquanto Lagoa tinha 10 casas aglomeradas e 40 habitantes, e seu fragmento florestal tinha uma área de 93 ha e distava 300 m do assentamento.

### *Métodos de coleta*

Os dados aqui apresentados foram obtidos em meados da década de 90 (1996 e 1997). Os dados referentes a Pau Ferrado e Sexta Vicinal são inéditos e confrontados com os de Lagoa e Quintal vicinal, publicados previamente por Rebêlo et al. (2001a, b), que na ocasião não separaram os dados por ambientes florestais e peridomésticos. Portanto, no presente estudo faz-se uma abordagem detalhada dos ambientes florestais e peridomésticos de todas as quatro localidades estudadas. Esses dados são apresentados agora por não terem sido publicados anteriormente na íntegra; e por ser um estudo extenso que pode nos fornecer uma noção holística da comunidade de vetores na Amazônia maranhense. Além disso, serão importantes para orientar novos estudos da fauna de flebotomíneos mais de vinte anos depois, e para compreender a situação atual da leishmaniose na Amazônia de Buriticupu-MA.

Os flebotomíneos foram capturados das 18 às 6 horas, uma vez por mês, nos fragmentos florestais e nos ambientes peridomésticos das localidades rurais. Foram instaladas duas armadilhas no interior de cada um dos quatro fragmentos florestais e duas nos peridomicílios de cada uma das quatro localidades rurais. Assim, o esforço de captura foi de 16 armadilhas x 12 horas x 24 meses = 4608 horas. Nos peridomicílios rurais as armadilhas foram instaladas em galinheiros disponíveis nos quintais.

Todos os exemplares capturados foram mortos em câmaras de acetato de etila e acondicionados em frascos contendo álcool a 70% para posterior transporte ao Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão. Após triagem, os espécimes, machos e fêmeas, eram montados entre lâminas e lamínulas. A identificação foi feita com o auxílio da chave proposta por Young & Duncan (1994).

### *Análises estatísticas*

Para verificar se houve correlação no padrão de distribuição sazonal das espécies de flebotomíneos entre as áreas e com os fatores climáticos, foi aplicada a correlação não-paramétrica de Spearman. Para isso utilizou-se o Bioestat 2.0. Utilizou-se o Índice de Constância para classificar as espécies como constantes, quando presentes em mais de 50% das coletas; acessórias, quando foram encontradas entre 25% a 50% das coletas; e acidentais, presentes em menos de 25% das coletas (Silveira-Neto et al. 1976).

Os dados de ocorrência das espécies foram introduzidos em matrizes no programa PAST 3.14 (Hammer et al. 2001), com intuito de verificar a significância estatística entre os valores de abundância, riqueza e diversidade de Shannon Wiener, tanto na escala sazonal, como em função do tipo de ocupação das áreas rurais. Antes das análises foram avaliados os pressupostos denormalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente (Pielou 1969, Ludwig & Reynolds 1988). Uma vez atendidos tais pressupostos foram utilizados o teste *t* e a ANOVA para avaliar a abundância e diversidade tanto sazonal como por área, respectivamente.

Na análise de diversidade também foi utilizado a série de "números de diversidade" adotado por Hill (1973b), segundo Ludwig & Reynolds (1988), que são baseados nos índices de Simpson e Shannon, sendo representados por: Número 0:  $N_0 = S$ , onde *S* é o número total de espécies; Número 1:  $N_1 = e^{H'}$ , onde *H'* é o índice de Shannon Wiener; e Número 2:  $N_2 = 1/\lambda$ , onde  $\lambda$  é o índice de Simpson.

A variação espacial e temporal na composição de espécies foi avaliada através de uma análise de agrupamento, utilizando os dados de abundância das espécies (transformados em  $\log x+1$ ) e o coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis. Foi utilizado o método de ligação pela média não ponderada (UPGMA), indicado por diminuir a distorção da matriz original durante a construção do dendrograma (Valentin, 2012). A análise de similaridade (ANOSIM) foi utilizada para verificar a existência de diferença temporal (estações seca e chuvosa) na composição de espécies (Clarke 1993), tanto nos assentamentos rurais de ocupação antiga, como nos recentes. Após o agrupamento, a análise de percentual de similaridade (SIMPER) foi computada a fim de identificar quais espécies contribuíram para a formação dos grupos. Esta análise foi feita com o objetivo de identificar as espécies que, primariamente, são responsáveis pela discriminação entre dois grupos de amostras, observadas na análise, e, identificar a importância de cada espécie dentro do grupo formado, através do produto entre a

dissimilaridade e o desvio padrão (Clarke & Gorley 2001). Para estas análises foi utilizado o programa PRIMER 6.

Uma Análise de Componente Principal (PCA) foi efetuada com intuito de ordenar as espécies em função da sazonalidade e do tipo de assentamento. As espécies foram organizadas em função da sua constância nos assentamentos antigos. Para esta análise foi utilizado o programa PAST 3.14.

## **RESULTADOS**

### *Variação sazonalna riqueza das espécies*

A riqueza de espécies variou entre as estações em ambas as áreas (Tabela 1). Na área de colonização antiga sete espécies foram encontradas exclusivamente na estação chuvosa; três somente na estação seca; e dezoito ocorreram em ambas as estações. Assim, a riqueza foi maior na estação chuvosa (25 espécies) do que na estação seca (21 espécies).

Em termos médios não foram detectadas diferenças significativas na riqueza de espécies, quando comparados o período chuvoso e de estiagem ( $p > 0,05$ ). Na área de colonização recente dezessete espécies só foram encontradas na estação chuvosa; onze somente na estação seca; e dez ocorreram em ambas as estações. Assim, embora a riqueza tenha sido maior na estação chuvosa (27 espécies) do que na estação seca (21 espécies), em termos médios, as análises não identificaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). A riqueza de espécies, quando comparada à média por área de colonização indicou diferenças significativas, onde a riqueza nas ocupações rurais recentes apresentou-se significativamente mais elevada ( $p < 0,05$ ).

### *Variação sazonal da diversidade das espécies*

Em todas as áreas a diversidade foi maior na estação chuvosa (Figura 2). Nas áreas antigas, a diversidade também foi maior na estação chuvosa ( $H = 1,4054$ ) do que na estação seca ( $H = 1,2717$ ). Essa diferença foi significativa ( $p < 0,05$ ). Na área de

ocupação recente a diversidade foi maior na estação chuvosa ( $H = 1.16551$ ) do que na estação seca ( $H = 1,0866$ ). Essa diferença foi significativa ( $p < 0,05$ ).

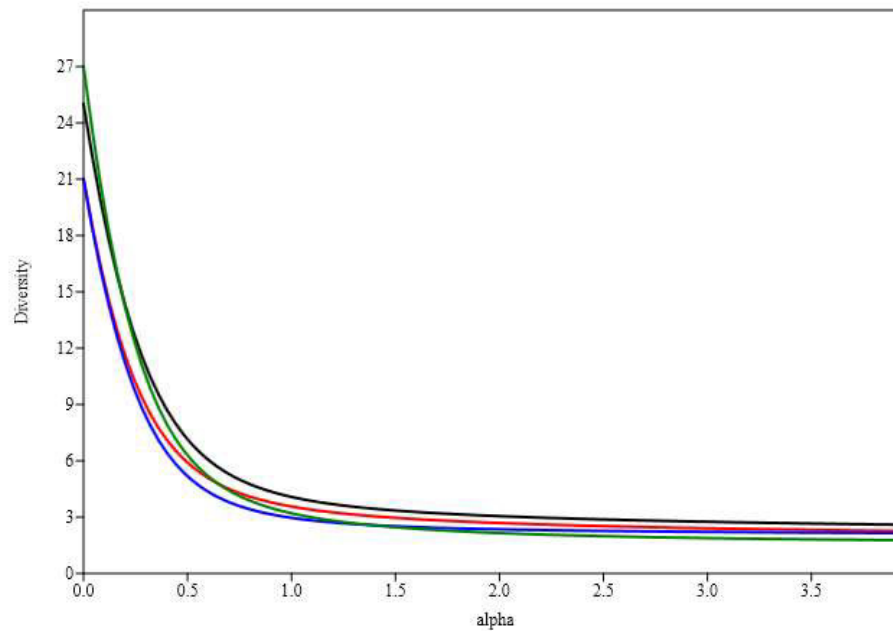


Figura 2. Série de "números de diversidade" de Hill (1973b), com base nos índices de Simpson e Shannon, por localidades e estações. Assentamentos antigos: estação chuvosa (linha preta) e seca (linha vermelha); Assentamento recentes: estação chuvosa (linha verde) e seca (linha azul).



Tabela 1. Números de espécimes de flebotomíneos coletados nas estações chuvosa e seca em ambientes florestais e peridomésticos de assentamentos rurais antigos e recentes da Amazônia do Estado do Maranhão, Brasil. CI = Índice de Constância.

Assentamento	Recente				Antigo			
	Chuvosa	Seca	Total	CI	Chuvosa	Seca	Total	CI
<i>B avellari</i>	-	27	27	0.25	2	4	6	0.33
<i>L abonnenci</i>	-	4	4	0.08	-	-	-	-
<i>L arthuri</i>	3	-	3	0.25	-	-	-	-
<i>L ayrozai</i>	3	-	3	0.16	-	-	-	-
<i>L bacula</i>	-	-	-	-	4	-	4	0.25
<i>L brachyphalla</i>	-	9	9	0.16	55	5	60	0.33
<i>L brasiliensis</i>	3	-	3	0.25	-	-	-	-
<i>L carrerai</i>	4	-	4	0.33	-	-	-	-
<i>L carvalhoi</i>	5	-	5	0.25	-	-	-	-
<i>L choti</i>	3	2	5	0.16	3157	3904	7061	100
<i>L clauserei</i>	84	-	84	0.25	14	-	14	0.42
<i>L complexa</i>	1	-	1	0.08	-	-	-	-
<i>L corossoniensis</i>	2	-	2	0.08	-	-	-	-
<i>L davisii</i>	1	-	1	0.08	5	-	5	0.16
<i>L dendrophila</i>	20	-	20	0.16	4	-	4	0.16
<i>L evandroi</i>	810	151	961	0.58	197	134	331	0.83
<i>L furcata</i>	9	5	14	0.50	3	9	12	0.42
<i>L geniculata</i>	37	-	37	0.25	-	-	-	-
<i>L goiana</i>	-	3	3	0.16	1	3	4	0.25
<i>L gomezi</i>	-	2	2	0.08	4	1	5	0.25
<i>L hirsuta</i>	1163	-	1163	0.33	3	-	3	0.16
<i>L lenti</i>	-	-	-	-	28	13	41	0.42
<i>L lloydi</i>	-	-	-	-	1	-	1	0.08
<i>L longipalpis</i>	-	9	9	0.16	2	25	27	0.50
<i>L migonei</i>	90	2497	2587	0.66	38	56	94	100
<i>L monstruosa</i>	-	-	-	-	2	-	2	0.16
<i>L nevesi</i>	1	-	1	0.08	-	-	-	-
<i>L oswaldoi</i>	-	24	24	0.33	-	5	5	0.25
<i>L paraenses</i>	1	-	1	0.08	-	-	-	-
<i>L punctigeniculata</i>	2	-	2	0.08	-	-	-	-
<i>L saulensis</i>	-	3	3	0.08	-	-	-	-
<i>L scaffii</i>	5	-	5	0.25	-	-	-	-
<i>L serrana</i>	4	346	350	0.50	60	143	203	0.92
<i>L servulolimai</i>	1	-	1	0.08	-	-	-	-
<i>L shannoni</i>	86	32	118	0.58	35	56	91	0.67
<i>L sordellii</i>	-	1	1	0.08	-	1	1	0.08
<i>L spathotrichia</i>	-	6	6	0.08	-	1	1	0.08
<i>L termitophila</i>	11	21	32	0.33	39	15	54	0.67
<i>L triacantha</i>	-	-	-	-	1356	1774	3130	100
<i>L trinidadensis</i>	2	1	3	0.16	3	1	4	0.25
<i>L trispinosa</i>	-	1	1	0.08	4	4	8	0.42
<i>L umbratilis</i>	132	19	151	0.25	43	1	44	0.50
<i>L whitmani</i>	4632	3672	8304	100	1515	1124	2639	100
Total de indivíduos	7115	6835	13950		6575	7279	13854	
Total percentual	51	49	100		47,5	52,5	100	

Nas áreas antigas, quando se analisou a similaridade da diversidade entre os meses, foi possível observar dois grupos sazonais: um representado pelos meses chuvosos e o outro pelos meses secos (Figura 3a). A similaridade foi alta no grupo seco (AS = 74,38) e chuvoso (AS= 73,10) essa diferença foi estatisticamente significativa (ANOSIM,  $p = 0,0258$ ). A análise SIMPER indicou que as espécies que mais contribuíram para a similaridade na estação chuvosa foram *L. choti*, *L. triacantha*, *L. whitmani*, *L. serrana*, *L. migonei*, *L. umbratilis*, *L. evandroi* e *L. termitophila*, que juntas representaram 91.5% da similaridade total do grupo. Já na estação seca, juntas as espécies *L. triacantha*, *L. whitmani*, *L. evandroi*, *L. serrana*, *L. migonei* e *L. shannoni* contribuíram com 92,54% para a similaridade. A dissimilaridade entre as duas estações foi de 30,28%, onde as espécies *L. choti*, *L. triacantha*, *L. whitmani*, *L. evandroi* foram as que mais contribuíram para tal diferenciação entre a composição do período chuvoso e de estiagem.

Nas áreas recentes, de acordo com a diversidade, houve a formação de dois grupos sazonais: um representado pelos meses chuvosos e o outro pelos meses secos (Figura 3b). A similaridade foi maior dentro do grupo chuvoso (AS= 50,23) do que no seco (AS = 44,19). Essa diferença foi estatisticamente significativa (ANOSIM,  $p = 0,0303$ ). As espécies que mais contribuíram para a similaridade na estação chuvosa foram *L. whitmani*, *L. evandroi*, *L. hirsuta*, *L. migonei* e *L. claustreri* que juntas representaram 90.02%. Já na estação seca, junto com *L. whitmani* e *L. migonei*, as espécies *L. serrana*, *L. oswaldoi*, *L. shannoni* e *L. furcata* contribuíram com 91,21% para a similaridade.

A dissimilaridade média entre as duas estações ficou em torno de 62,32%, com *L. evandroi*, *L. hirsuta*, *L. migonei*, *L. serrana*, *L. whitmani* e *L. shannoni*, sendo as espécies que mais contribuíram para diferenciação entre os grupos.

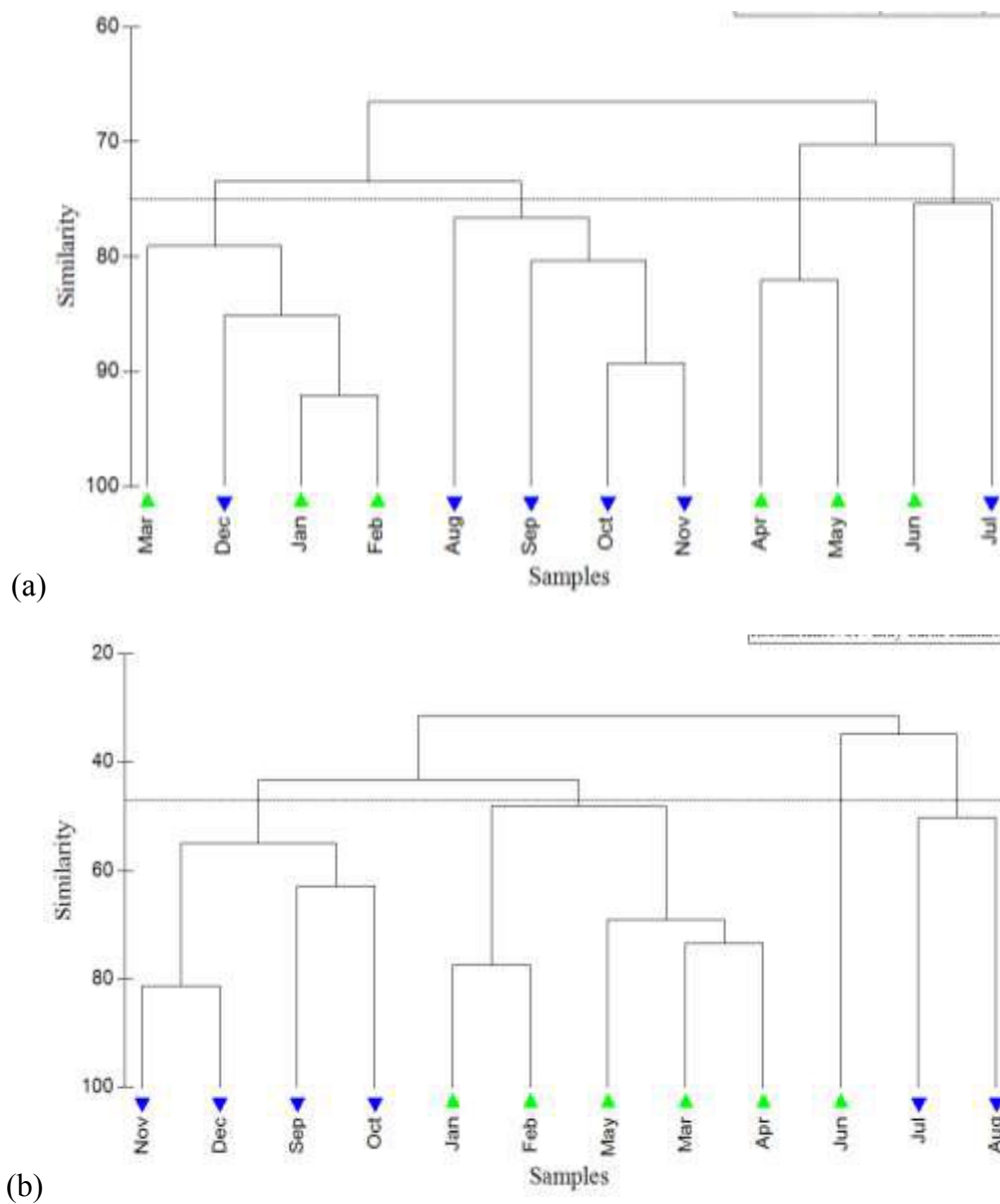


Figura 3. Agrupamento da diversidade mensal de flebotomíneos de acordo com as estações chuvosa (triângulos verdes) e seca (triângulos azuis), utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, em áreas de colonização antiga (a) e recente (b) do município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil, nos anos de 1996-1997.

### Abundância sazonal dos indivíduos

A abundância dos flebotomíneos também variou sazonalmente entre as áreas (Tabela 1). Nas áreas de colonização recente abundância de indivíduos foi maior na estação chuvosa (51%) do que na seca (49%); enquanto na área de colonização antiga a abundância foi maior na estação seca (52,5%) do que na chuvosa (47,5%).

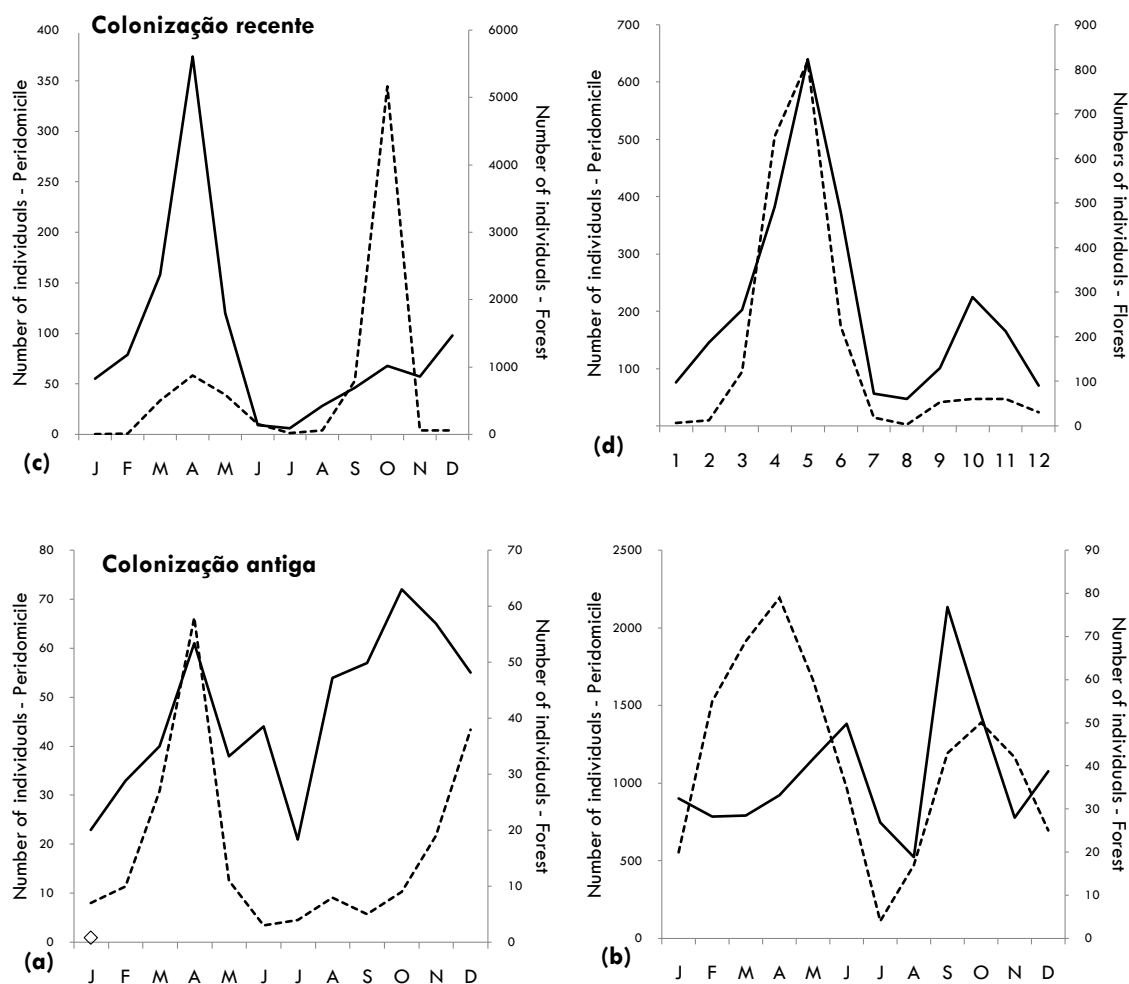


Figura 4. Variação mensal nos números acumulados de espécimes de flebotomíneos capturados em fragmentos florestais (----) e peridomicílios (—), no município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil. Áreas de colonização antiga: a) Quinta Vicinal; b) Sexta Vicinal. Áreas de colonização recente: c) Lagoa; d) Pau Ferrado. 1996-1997.

Quanto a variação mensal observou-se que em todos os locais os flebotomíneos apresentaram dois picos de abundância, um em cada estação (Figura 4). Nas áreas antigas, Quinta Vicinal (a) e Sexta Vicinal (b), o pico de abundância maior foi em abril,

na estação chuvosa, nos ambientes florestais (Figura 4a, b); enquanto nos peridomicílios prevaleceu em setembro em Sexta Vicinal (Figura 4b) e outubro em Quintal Vicinal (Figura 4a).

Na área de colonização recente os meses de maior abundância foram abril (estação chuvosa) no peridomicílio e outubro (estação seca) na floresta, em Lagoa (c) (Figura 4c); enquanto em Pau Ferrado (d) (Figura 4d) a maior abundância foi em maio (estação chuvosa), tanto na floresta como no peridomicílio.

Nos meses de julho e agosto que marcam o início da estação seca houve um declínio na abundância das espécies, coincidindo com a queda no regime das chuvas (Figura 5a). Em função disso, houve uma alta correlação mensal entre os números de flebotomíneos capturados e os índices da precipitação pluviométrica. Foi o que ocorreu nas florestas da Quinta vicinal ( $r_s = 0,6130$ ,  $p = 0,0340$ ) e Sexta Vicinal ( $r_s=0,6585$ ;  $p=0,0198$ ); no peridomicílio de Lagoa ( $r_s=0,7741$ ;  $p=0,0031$ ).

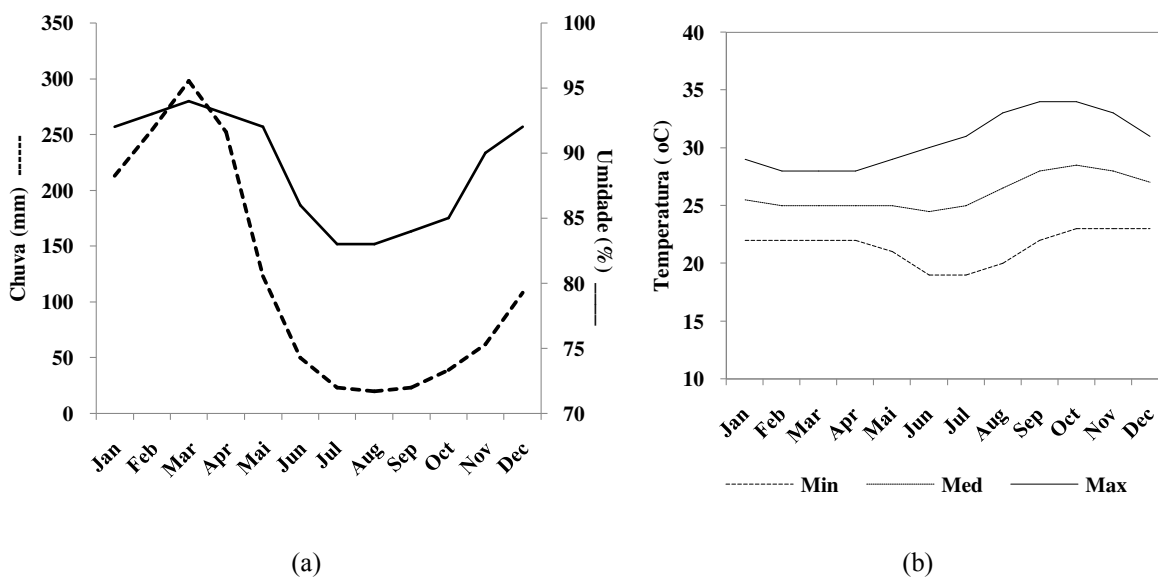


Figura 5. Variação mensal nos valores médios da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar (a) e da temperatura máxima, média e mínima (b) no município de Buriticupu-MA, Amazônia Oriental do Brasil.

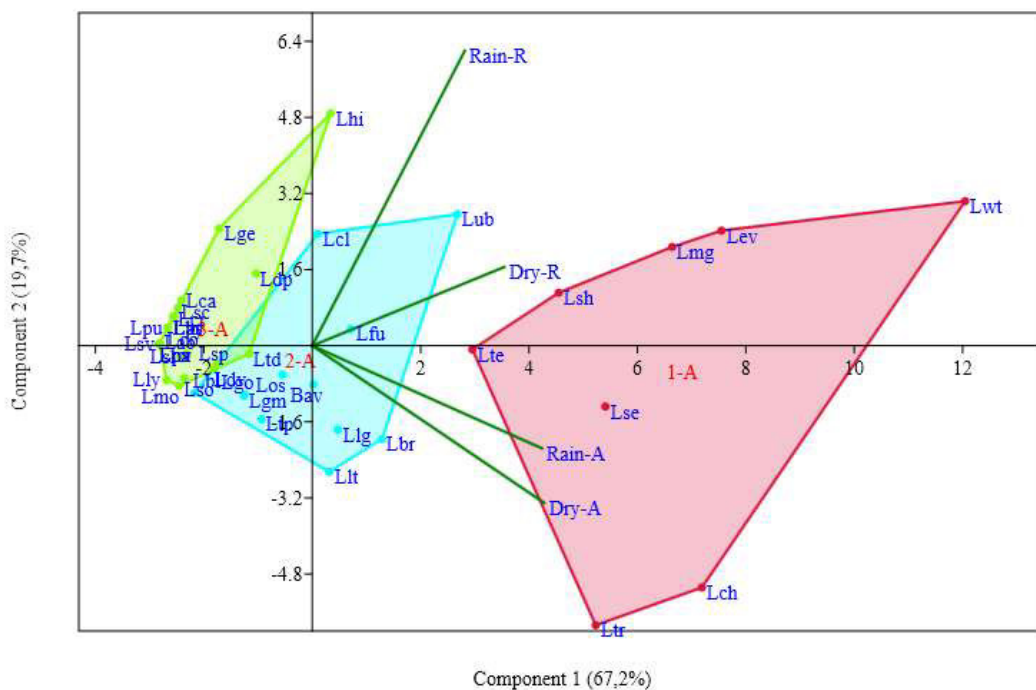
Os valores médios da temperatura foram menores no primeiro semestre, coincidindo com os maiores valores da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar, os quais diminuem no segundo semestre enquanto os valores médios da temperatura aumentam (Figura 5b). Por esse motivo não houve correlação com a

distribuição das abundâncias de flebotomíneos, exceto no peridomicílio da Quinta Vicinal, onde houve alta correlação ( $r_s = 0,8070$ ;  $p = 0,0015$ ).

Comparando o padrão de abundância mensal dos flebotomíneos entre os ambientes estudados verificou-se ocorrência de correlação em várias combinações. Foi alta entre as florestas ( $R_s=0,7566$ ;  $p=0,0044$ ) de áreas recentes; e também entre as florestas de áreas antigas ( $R_s=0,614$ ;  $p=0,0385$ ) e entre os peridomicílios com as florestas em Pau Ferrado ( $R_s = 0,9107$ ;  $p = 0,0000$ ).

### Índices de constância

Nas áreas de assentamento recentes vinte e uma espécies foram acidentais; catorze foram acessórias; e quatro foram constantes (Tabela 1); nos assentamentos antigos tinham 13 acessórias; sete acidentais e oito constantes. Quando se analisou os índices de constâncias de todas as áreas em conjunto, verificou-se que as espécies mais constantes foram *L. evandroi*, *L. shannoni*, *L. whitmanie* e *L. migonei* nas estações seca e chuvosa das áreas recentes; e *L. serrana*, *L. chotie*, *L. triacantha* e *L. termitophila* nas áreas antigas (Figura 6).



## DISCUSSÃO

Diferente do centro-sul do Brasil, na zona tropical equatorial do Maranhão, existem apenas duas estações: a seca e a chuvosa. Essa variação temporal gera modificações na estrutura das comunidades biológicas nos diversos ecossistemas. Na Amazônia Oriental (área do presente estudo) também ocorre variação temporal na comunidade de flebotomíneos. Apesar dos flebotomíneos terem representantes em todos os meses, nem todas as espécies ocorrem o ano inteiro. Algumas ocorrem na estação seca e outras na estação chuvosa. De um modo geral, predominam as espécies acidentais e acessórias, em detrimento das constantes. Contudo, grande abundância de indivíduos é registrada na estação chuvosa, diminuindo na transição com a estação seca, voltando a aumentar no final desta última estação.

O padrão de ocorrência de flebotomíneos com grande abundância na estação chuvosa tem sido demonstrado na maioria dos estudos realizados no Maranhão (Rebêlo et al. 2001b, Marinho et al. 2008, Silva et al. 2012) e até mesmo em outros estados brasileiros da Região Centro-Oeste (Machado et al. 2012) e Sudeste (Gomes et al. 1987, Saraiva et al. 2008). As condições ambientais geradas no período chuvoso são em geral mais favoráveis para a ocorrência de flebotomíneos por vários motivos, incluindo a disponibilidade de água e alimento, necessários para a comunidade biológica da qual os insetos fazem parte. Contudo, em alguns casos, durante a estação chuvosa, quando as coletas coincidem com os dias chuvosos ou precedidos de chuvas fortes ou persistentes, diminui o sucesso das capturas. Por isso, em alguns inquéritos entomológicos pode-se ter a falsa impressão de que a abundância dos flebotomíneos é baixa em algum mês do período chuvoso. Quando em níveis moderados, as chuvas beneficiam os flebotomíneos, mas níveis de maior intensidade provocam alagamento das áreas baixas, destruindo larvas e pupas no solo, desestabilizando os seus criadouros assim como os abrigos dos adultos (Dias et al. 2007, Macedo et al. 2008). Nas florestas tropicais, como a Amazônica, na época das chuvas, muitos animais terrestres precisam subir para as copas das árvores, pois a floresta fica alagada por vários meses. Como aconteceu na mata ombrófila do norte do Maranhão, onde o sucesso das capturas de flebotomíneos foi prejudicado nesse período (Moraes et al. 2013).

Na Amazônia Oriental, em condições de normalidade climática, os níveis de chuvas e umidade caem no início do segundo semestre, notadamente nos meses de julho e agosto. É o período mais crítico, pois afeta sensivelmente as populações de flebotomíneos, diminuindo a sua abundância. Isso ocorre por que o solo e a atmosfera ficam mais secos e a temperatura mais elevada. Mesmo assim, as populações de muitas espécies sobrevivem em baixa densidade, enquanto outras apresentam grandes picos de abundância. No entanto, as chuvas retornam em baixa intensidade entre setembro e outubro, quando a umidade volta a aumentar e a temperatura a diminuir. Os flebotomíneos respondem a essa variação, pois também voltam a aumentar a sua abundância nesses dois meses.

A capacidade das espécies de flebotomíneos ocorrerem em uma ou outra estação ou em ambas estações parece constituir um fenômeno natural. Contudo, a despeito desse processo natural, alguns picos de abundância registrados na estação seca, são associados à interferência antropogênica. Segundo Rebêlo et al. (2001a), na região de Buriticupu-MA, em meados da estação seca começam as queimadas como parte das atividades de preparação do solo para o cultivo. É uma característica dessa região essencialmente agrícola da Amazônia Oriental. Durante esse processo, os fragmentos florestais remanescentes vizinhos a essas áreas agrícolas servem como local de refúgio para os animais afugentados pelo fogo. Esses animais podem contribuir para aumentar a disponibilidade de sangue para os flebotomíneos. Talvez esse seja parte da explicação para o incremento na abundância desses insetos na estação seca. Como sabemos a Amazônia vem sendo submetida a pressões ambientais de origem antrópica crescentes nas décadas sucessivas, principalmente as pressões diretas advindas dos desmatamentos e dos incêndios florestais (Nobre et al. 2007). Da mesma forma os peridomicílios podem também funcionar como refúgio para os flebotomíneos em épocas de adversidade climática, pois os animais domésticos continuam disponíveis nos quintais de áreas rurais.

Nas áreas silvestres, o sucesso da captura de flebotomíneos em determinadas épocas do ano, depende da estrutura da floresta. As árvores de algumas espécies vegetais constituem os locais de repasto de sangue, repouso e manutenção de flebotomíneos adultos, ou ainda como suporte para o desenvolvimento de estágios imaturos (Geoffroy et al. 1986). Além da copa, a árvore pode oferecer cavidades e outros locais para abrigos de aves e mamíferos. Logo, a distribuição de determinadas espécies



de flebotomíneos pode ser afetada pela disponibilidade do seu animal hospedeiro. Na estação chuvosa, essas árvores podem fornecer maior proteção contra a chuva que outras (Memcott 1991). As fêmeas de flebotomíneos para obtenção de sangue podem ser atraídas por mamíferos arborícola, e os machos também pois os mamíferos podem representar o guia de encontro da fêmea. Assim, os contrafortes das árvores podem servir como locais de enxameamento de flebotomíneos, sobretudo na estação chuvosa e nas áreas de colonização recentes, onde as florestas são mais conservadas.

Dentre as espécies constantes, destaca-se *L. whitmani* que ocorreu o ano inteiro. Tal padrão de ocorrência possibilita maior contato desse vetor com o homem e justifica as notificações de casos de leishmaniose tegumentar em Buriticupu-MA. Sabe-se que esta espécie é um vetor competente no Maranhão (Guimarães-Silva et al. 2017, Pereira Filho et al. 2018, Fonteles et al. 2018) e em outras áreas do Brasil (Souza et al. 2001, Teodoro et al. 2003, Rangel & Lainson 2003). Outras espécies como *L. choti* que também foi dominante, tem sido incriminada como vetor de leishmaniose tegumentar (Virgens et al. 2008).

A ocorrência de picos distintos de abundância ao longo do ano, conforme registrado para *L. whitmani* chamou a atenção. Por um lado, pode ser um caso meramente fortuito, mas por outro, pode ter algum significado ecológico. Em áreas florestais tropicais, onde a riqueza de espécies é alta, pode haver segregações temporais por conta de interações competitivas. No caso dos flebotomíneos as espécies podem competir por abrigos, criadouros ou alimento. Esse processo pode moldar os ciclos reprodutivos das espécies. A *L. whitmani* e *L. intermedia*, por exemplo, são bem conhecidas por ocorrerem com elevada densidade o ano inteiro, em diversas áreas do Brasil. No Rio de Janeiro, em dois anos de estudo, a primeira apresentou pico em julho/agosto, enquanto a segunda foi abundante em janeiro/fevereiro, atraídas por iscas humanas em áreas florestais e peridomiciliares (Souza et al. 2002). Desse modo, *L. intermedia* predomina no verão e *L. whitmani* no inverno, conseqüentemente, a transmissão da leishmaniose tegumentar pode ocorrer nessas épocas.

Outras espécies que merecem a atenção por terem sido classificadas como constantes incluem *L. serrana*, *L. choti* e *L. triacantha* nas áreas antigas e *L. evandroi*, *L. shannoni*, e *L. migonei* nas áreas recentes. Essas espécies demonstraram grande capacidade adaptativa às estações, sendo constantes e abundantes através do ano, diferentes das demais espécies.

Dentre as espécies de flebotomíneos que ocorreram no presente estudo várias já foram registradas com leishmânias em outras áreas do Maranhão: *L. longipalpis* (*L. braziliensis*, *L. guyanensis*, *L. infantum*, *L. mexicana* e *L. shawi*); *L. whitmani* (*L. infantum* e *L. braziliensis*); *L. termitophila* (*L. infantum* e *L. guyanensis*); *L. trinidadensis* (*L. infantum* e *L. braziliensis*); *L. evandroi* (*L. lainsoni*); *L. sordellii* (*L. infantum*); e *L. wellcomei* (*L. infantum*). As taxas de infecção que cada uma dessas espécies apresentou podem ser revisadas em trabalhos recentemente publicados por nosso grupo (Guimarães-Silva et al. 2017; Fonteles et al. 2018; Pereira Filho et al. 2018). Todas essas espécies vêm se adaptando em maior ou menor grau às áreas antropizadas, convivendo com animais domésticos nos peridomicílios (Rebêlo et al. 2000ab, Silva et al. 2015) e parece resistir bem às variações ambientais e sazonais, a julgar pela abundância com que algumas delas ocorreram ao longo do ano nos peridomicílios e fragmentos florestais do presente estudo.

Em conclusão, na área do presente estudo ocorreu variação temporal na comunidade de flebotomíneos. Ainda que os flebotomíneos tenham representantes em todos os meses, poucas espécies ocorrem o ano inteiro. Algumas ocorrem na estação seca outras na estação chuvosa. Contudo, grande abundância é registrada na estação chuvosa, diminuindo na transição com a estação seca, voltando a aumentar no final da estação seca em transição com a estação chuvosa. A temperatura varia pouco, permitindo às espécies ocorrerem em qualquer época do ano; enquanto a umidade e a precipitação pluviométrica parecem influenciar mais na variação da abundância das espécies.

### **Agradecimentos**

Nós agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de doutorado.

## REFERÊNCIAS CITADAS

- Aguiar, G.M., and W.M. Medeiros. 2003. Distribuição regional e habitats das espécies flebotomíneas do Brasil, p.207-255. In Rangel E F, Lainson R (orgs) Flebotomíneos do Brasil. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 368p.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol* 18:117-143.
- Clarke, K. R. and R. N.Gorley. 2001. Software PRIMERv6: User Manual/Tutorial. Plymouth: 91 p.
- Dias, E. S., J. C. França-silva, J. D. Silva, E. M. Monteiro, K. D. Paula, C. M. Gonçalves, and R. A. Barata. 2007. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) de um foco de leishmaniose tegumentar no Estado de Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop* 40: 49-52.
- Fonteles, RS., AA. Pereira Filho, J.L.P.Moraes, S.R.F. Pereira, B.L.Rodrigues, J.M.M. Rebêlo. 2018. Detection of *Leishmania* DNA and Blood Meal Identification in Sand Flies (Diptera: Psychodidae) From Lençóis Maranhenses National Park Region, Brazil *J Med Ent*, 55: 445–451.
- Gomes, A.C., and E.A.B. Galati. 1987. Aspectos ecológicos da leishmaniose tegumentar americana. 5. Estratificação da atividade espacial e estacional de phlebotominae (Diptera, Psychodidae) em áreas de cultura agrícola da região de Vale Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Inst Med Trop* 82: 467-473.
- Guimarães-e-Silva, A.S., S.D.O. Silva, R.C. Ribeiro da Silva, V.C.S. Pinheiro, J.M.M. Rebêlo, M.N. Melo. 2017. *Leishmania* infection and blood food sources of phlebotomines in an area of Brazil endemic for visceral and tegumentary leishmaniasis. *PLoS ONE* 12(8): e0179052. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179052>.
- Hammer, O., D.A.T. Harper, and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9pp.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1984. Atlas do Maranhão. Rio de Janeiro, 104 p.
- Janzen, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology* 54: 667–701.

- Janzen, D. H. and T. W. Schoener. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology* 49: 96–110.
- Levings, S. C. and D. M. Windsor. 1985. Litter Arthropod populations in a tropical deciduous forest: relations between years and Arthropod groups. *Journal Animal Ecology* 54: 61–69.
- Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. 1988. *Statistical ecology*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 337 p.
- Macedo, I. T. F. *et al.*, 2008. Sazonalidade de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral no município de Sobral, Ceará, Brasil. *Ciência Animal*, v. 18, n. 2, p. 67-74, 2008.
- Machado, T.O., M.A.L. Bragança, M.L. Carvalho, J.D. Andrade- Filho. 2012. Species diversity of sandflies (Diptera: Psychodidae) during different seasons and in different environments in the district of Taquaruçú, state of Tocantins, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 107:955-9.
- Marinho, R. M., R. S. Fonteles, G. C. Vasconcelos, P. C. B. Azevêdo, J. L. P. Moraes, and J. M. M., Rebêlo. 2008. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em reservas florestais da área metropolitana de São Luís, Maranhão, Brasil. *Rev Bras Entomol* 52:112-116.
- Martins, L.M., J.M.M. Rebêlo, J.M.L. Costa, A R. Silva and L.A. Ferreira. 2004. Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil, 1996 a 1998. *Cad. Saúde Pública* 20: 735-743.
- Moraes, J. L. P. *et al.*, 2012. Vertical Stratification of Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Riparian Forests between the Amazon and Northeast Brazil. *J Vect Ecol* 2015: 205-207
- Pereira-Filho, A.A., R.S.Fonteles, M.C.A. Bandeira, J.L.P. Moraes, J.M.M. Rebêlo, M.N. Melo. 2018. Molecular Identification of *Leishmania* spp. in Sand Flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil, *J Med Entomol*. 55: 989-994
- Pielou, E. C. 1969. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor Biol*. 13: 131–144.
- Rangel, E. F. and R. Lainson. 2003. *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 367p.
- Rebêlo, J.M.M., S.T. Oliveira, V.L.L. Barros, F.S. Silva. 2000a. Flebotomíneos da

- Amazônia maranhense. IV. Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomologia y Vectores* 7: 61-72.
- Rebêlo J.M.M, S.T. Oliveira, V.L.L. Barros, F.S. Silva. 2000b. Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV - Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomologia y Vectores* 7:61-72.
- Rebello, J. M. M. *et al.*, 2001a. Sandflies (Diptera: Psychodidae) of the Amazônia of Maranhão. V. Seasonal occurrence in ancient colonization area and endemic for cutaneous leishmaniasis. *Rev. Bras. Biol.* 61: 107-115.
- Rebêlo, J. M. M., S.T. Oliveira, V.L.L. Barros. 2001b. Flutuação sazonal dos flebotomíneos (Díptera, Psychodidae) em área de colonização recente do município de Buriticupu, Amazônia maranhense, Brasil. *Rev Bras Entomol* 45: 11-16.
- Saraiva L, G.M.L. Carvalho, C.C. Sanguinette, D.A.A. Carvalho, A.L. Falcão *et al.*, 2008. Sandflies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) collected on the banks of the Velhas River in the state of Minas Gerais, Brazil: *Mem Inst Oswaldo Cruz* 103: 843-846.
- Silva, C. M. L., L.S. Moraes, G.A. Brito, C.L.C. Santos, and J.M.M. Rebêlo. 2012. Ecology of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in rural foci of leishmaniasis in tropical Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 696-700.
- Silva, L.B., D.M.C. Aquino, F.S. Leonardo, A.S. Guimarães-Silva, M.N. Melo, and J.M.M. Rebêlo, V.C.S. Pinheiro. 2015. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em focos urbanos de leishmaniose visceral no estado do Maranhão, Brasil *Rev Patol Trop* 44: 181-193.
- Silveira Neto, S.; O. Nakano; D. Barbin, and N. A. Villa Nova. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Agronômica Ceres. São Paulo. 419 p.
- Souza, N.A., M.L. Vilela, C.A. Andrade-Coelho, and E.F. Rangel. 2001. The phlebotominae sand fly (Diptera: Psychodidae) fauna of two Atlantic Rain Forest Reserves in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 96: 319-324.
- Souza, N.A., C.A. Andrade-Coelho, M.L. Vilela, A.A. Peixoto, and E.F. Rangel. 2002. Seasonality of *Lutzomyia intermedia* and *Lutzomyia whitmani* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), occurring sympatrically in area of cutaneous leishmaniasis in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 97: 759-765.

- Teodoro, U., D. Albertoni, J.B. Kühl, E.S. Santos, D.R. Santos, A.R. Santos *et al.*, 2003. Ecologia de *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *whitmani* em área urbana do município de Maringá, Paraná. *Rev Saúde Pública* 37: 651-656.
- Valentin, J. 2012. *Ecologia Numérica: Uma Introdução à Análise Multivariada de Dados Ecológicos*. Interciência, Rio de Janeiro.
- Virgens, T. M. das. *et al.*, 2008. Phlebotomine sand flies (Diptera, Psychodidae) in an American tegumentary leishmaniasis transmission area in northern Espírito Santo State, Brazil. *Cad Saúde Pública* 24: 2969-2978.
- Whitford, W. G. 1996. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. *Biodiv Conserv* 5: 185–195.
- Wolda, H. 1980. Seasonality of tropical insects: I Leafhoppers (Homoptera) in Las Cumbres, Panama. *J Anim Ecol* 49: 277–290.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? *Ann Rev Ecol Syst* 19: 1–18.
- Wolda, H. and F. W. Fisk. 1981. Seasonality of tropical insects. II Blatária in Panama. *J Anim Ecol* 50: 827–838.
- Wolda, H. and E. Broadhead. 1985. Seasonality of Psocoptera in two tropical forests in Panama. *JAnimEcol* 54: 519–530.
- Young, D. G. and M.A. Duncan. 1994. Guide to the Identification and Geographic Distribution of *Lutzomyia* Sand Flies in Mexico, the West Indies; Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Mem Am Entomol Inst* 54: 1–881.

## CAPÍTULO V

### 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos capítulos desta Tese apresentamos uma visão geral da bioecologia dos flebotomíneos e a sua relação com a transmissão de casos de leishmanioses no município de Buriticupu, estado do Maranhão, Brasil.

Verificou-se que o flebotomíneos constituem um grupo de dípteros de ecologia e biologia complexas, bastante diversificados e com muitas espécies envolvidas na transmissão das leishmanioses no Brasil e no Estado do Maranhão, incluindo o município de Buriticupu, onde essas doenças continuam, nos dias atuais, sendo um problema de saúde pública.

Constatamos que a composição, riqueza e abundância das espécies de flebotomíneos diferiram entre as áreas com diferentes períodos de ocupação humana e graus de mudança florestal. Nas áreas florestais mais conservadas (ocupação recentes), o número de espécies de flebotomíneos foi maior do que em fragmentos florestais alterados (ocupação antiga). No entanto, várias espécies ausentes nas florestas degradadas apareceram nos abrigos de animais domésticos presentes nos povoados rurais adjacentes. Logo, os animais domésticos e seus abrigos podem ser usados como indicadores para prever a ocorrência de vetores de leishmanioses. Por outro lado, infestações de flebotomíneos nos peridomicílios podem indicar alterações ambientais nas florestas próximas e prever cenários futuros de transmissão da leishmaniose e orientar ações preventivas contra essa doença.

Foi possível concluir que em Buriticupu, ocorreu variação temporal na comunidade de flebotomíneos. Ainda que os flebotomíneos tenham representantes em todos os meses, poucas espécies ocorrem o ano inteiro. Algumas ocorrem na estação seca outras na estação chuvosa. Contudo, grande abundância é registrada na estação chuvosa, diminuindo na transição com a estação seca, voltando a aumentar no final da estação seca em transição com a estação chuvosa. A temperatura varia pouco, permitindo às espécies ocorrerem em qualquer época do ano; enquanto a umidade e a precipitação pluviométrica parecem influenciar mais na variação da abundância das espécies.

Devido o município de Buriticupu ser comprovadamente uma área endêmica para leishmaniose, especialmente a leishmaniose tegumentar americana, é necessário acompanhamento de perto e contínuo sobre a ecologia dos vetores dessa doença, no caso os insetos flebotomíneos. Quanto mais conhecermos o comportamento desses insetos tanto nas florestas como nos peridomicílios, mais preparado estaremos para a implementação de medidas de controle, monitoramento e vigilância.

Os dados apresentados nesta pesquisa possibilitam a realização de novos estudos no presente, confrontando os dados coletados na década de 90, quando foi realizada a pesquisa com dados atuais. Por isso, se faz necessária a continuidade dessa investigação e compreender o que foi mantido e o que mudou nos últimos vinte anos em relação aos vetores da leishmaniose. Em especial compreender o perfil da estrutura de comunidade das espécies de flebotomíneos que predominavam no passado e como está hoje nos ambientes que foram focos do presente estudo. Ao mesmo tempo auxiliar na compreensão dos tipos e números de casos de leishmanioses na atualidade comparados ao da década de 90. Isso permite conhecermos melhor a relação entre homem e o vetor da doença e partir daí fornecer subsídios à implementação de programas de controle dos vetores e prevenção das leishmanioses, que conseqüentemente poderá resultar na diminuição desses insetos e do número de casos da doença em Buriticupu-MA.



**ANEXOS**

## Influence of Deforestation on the Community Structure of Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Eastern Amazonia

José Manuel Macário Rebêlo,<sup>1,2,3,6</sup> Jorge Luiz Pinto Moraes,<sup>1</sup> Gustavo Barbosa Vieira Cruz,<sup>1</sup> Joudellys Andrade-Silva,<sup>2,9</sup> Maria Da Conceição Abreu Bandeira,<sup>2</sup> Yrla Nívea Oliveira Pereira,<sup>4</sup> and Ciro Líbio Caldas Dos Santos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação da Rede Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - Rede BIONORTE da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil, <sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil, <sup>3</sup>Laboratório de Entomologia e Vetores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses 1966, Campus do Bacanga, 65080–805, São Luís, Maranhão, Brasil, <sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil, <sup>5</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, and <sup>6</sup>Corresponding author, e-mail: [macariorebelo@uol.com.br](mailto:macariorebelo@uol.com.br)

Subject Editor: Maria Diuk-Wasser

Received 30 May 2018; Editorial decision 26 January 2019

### Abstract

Variation in the structure of phlebotomine (sand fly) communities in forest fragments with different degrees of preservation and human occupation (peridomicile) in eastern Amazonia was studied. We identified 43 species of sand flies in our study, of which 38 occurred in both preserved forest areas and in the peridomiciles of short-term settlements, while another 28 species occurred in altered forest fragments and long-term settlements. The composition of the community at each site changed with the type of environment (forest or peridomicile), with the species *Lutzomyia evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. hirsuta*, *L. shannoni*, and *L. brachyphylla* accounting for more than 54% of the differences among environments. The quality of the environment exerted a significant influence on the structure of phlebotomine communities, and affected their species composition, richness, and abundance.

**Key words:** Amazon, sand fly, biodiversity, conservation, deforestation

The dipteran subfamily Phlebotominae (sand flies) is a cosmopolitan group within the family Psychodidae, which consists of small insects measuring 2–3 mm in size. Lewis et al. (1977) classified sand flies into five genera: *Phlebotomus* Rondani & Berté, 1840 and *Sergentomyia* France & Parrot, 1920, which occur in the Old World, and *Brumptomyia* France & Parrot, 1921, *Warileya* Hertig, 1948, and *Lutzomyia* France, 1924, which are restricted to the New World (Galati 2003).

In the Americas, approximately 500 species of sand flies have been described (Shimabukuro and Galati 2011). The genus *Lutzomyia* is the most diverse, with about 400 described species, compared to only 24 for *Brumptomyia* and eight for *Warileya*. The subfamily contains a variety of evolutionary lineages, including 15 subgenera and 10 groups, in addition to some species that are currently not classified into any known subgenus or group.

In the New World, sand flies are also ecologically important, as many species of *Lutzomyia* play a fundamental role in the

dispersal of protozoan *Leishmania* parasites. Females of various sand fly species transmit the pathogens that cause leishmaniasis to host mammals, including humans (Lainson and Rangel 2005), which has significant impacts on public health. However, only sand fly species belonging to some subgenera (*Nyssomyia*, *Psychodopygus*, and *Lutzomyia*) are capable of transmitting leishmaniasis.

The transmission of *Leishmania* species is dependent on the proximity of human populations to vectors (i.e., sand flies), which may be mediated by factors such as changes in natural ecosystems, destruction and reduction of natural habitats, and the introduction of animals into areas where leishmaniasis is endemic. When domestic animals become abundant in peridomestic areas, they increase the proximity of the vector to human dwellings, as they provide a food source (bloodmeal) and breeding sites (via the accumulation of organic matter such as their waste) for the vector (Valderrama et al. 2011, Ramos et al. 2014).

Within the State of Maranhão, Brazil, more than 90 species of sand flies are distributed among different regions (Rebêlo et al. 2010). The dominant genus is *Lutzomyia*, with 87 species cataloged there, followed by *Brumptomyia* with four species. The Amazonian forest areas contain the greatest diversity of species. Interestingly, the species richness of the sand fly fauna in the municipality of Buriticupu, which is located within an area of dense evergreen forest (Rebêlo et al. 2000a,b), was found to be greater than, and the composition of the community to differ from, that in the more open areas of the municipalities of Restinga, Cerrado, Cocal, and Caatinga (Rebêlo et al. 2010).

These more open areas were the first to be affected by the expansion of agricultural/livestock activities and urbanization. However, since the 1980s the destruction of the Amazon rainforest in the state of Maranhão has progressed and reached catastrophic levels that have even affected federal reserve areas. From 1988 to 2014, an area of 24,195 km<sup>2</sup> was deforested in this area. In the same period, an area of 407,675 km<sup>2</sup> was deforested throughout the Brazilian Legal Amazon. During this period, Maranhão ranked fourth, behind Mato Grosso (138,316 km<sup>2</sup>), Pará (137,981 km<sup>2</sup>), and Rondônia (55,455 km<sup>2</sup>), in terms of the size of the area deforested.

The municipality of Buriticupu, located in the Amazonian state of Maranhão, is one of the areas where American tegumentary leishmaniasis most prevalent. In the most intensely deforested areas, the diversity of phlebotomine species has decreased (Rebêlo et al. 2000a,b). At the same time, there has been an increase in the size of rural and periurban peridomestic areas, where species of *Leishmania* infect different species of phlebotomine vectors (Guimarães-Silva et al. 2017, Fonteles et al. 2018, Pereira Filho et al. 2018).

For this study, we retrieved data collected in 1996–1997 on the sand fly fauna in the municipality of Buriticupu, in the Amazon forest areas impacted by deforestation. These data are presented now as they have not been previously published in their entirety. They were used to carry out an extensive study that can provide us with a more holistic understanding of the community dynamics of sand fly vectors in the Maranhão Amazon.

In the period from 1996 to 1997, 606 cases of tegumentary leishmaniasis were reported in the municipality of Buriticupu (Martins et al. 2004). At the time it was assumed that the infection was contracted in the forests because the sickest people were farmers (51%) and male (70%) the most frequent in this environment.

After 20 yr, cases of leishmaniasis have decreased, but the disease remains a public health concern, to such an extent that in the last decade (2007–2017) 487 cases of tegumentary leishmaniasis and 10 cases of visceral leishmaniasis were reported; the latter of these was not reported between 1996 and 1997 (Ministério da Saúde 2018).

The objective of this study was to analyze the variation in the richness and abundance of phlebotomine species in forest environments with different degrees of alterations and in rural settlements of different ages. These data, although 20 yr old, were still informative and the results of our study will be important for guiding future studies on sand flies and for understanding the current situation of leishmaniasis in the Buriticupu Amazon.

## Materials and Methods

### Study Area

The municipality of Buriticupu was selected for the study of phlebotomines in 1996 and 1997 owing to the large number of cases of tegumentary leishmaniasis reported in this area in 1994 (695 cases) and 1995 (526). These were the highest numbers of reported cases in the state of Maranhão, which in total reported 6,262 and

4,725 cases during the same period, respectively. The municipality of Buriticupu is located between 4° and 5° S latitude and 45° and 47° W longitude in Amazonia Maranhense, Brazil (Fig. 1), at an average altitude of 200 m. The original vegetation cover consisted of dense evergreen forest (closed canopy). The climate is hot-humid, with an annual average precipitation around 1,800 mm. The Pindaré River, the main watercourse of the region, is approximately 468 km long and its banks, which were formerly covered by riparian forests, have undergone intense deforestation in recent years.

The sites selected for the capture of sand flies were those that presented more than 3% of the annual cases of tegumentary leishmaniasis reported in the municipality of Buriticupu. This study was conducted in four primary forest areas where human habitation began at different times. These areas were selected based on reports of cases of tegumentary leishmaniasis. Two forest areas of long-term occupation, which have been occupied since the 1970s by two settlements (Quinta Vicinal and Sexta Vicinal), were identified. Two forest areas of short-term occupation were also identified, where settlements (Lagoa and Pau Ferrado) were established in the 1990s. The forest areas of long-term occupation were more severely affected by the selective harvesting of wood and deforestation for purposes of agriculture and making pastures for livestock. The forest areas of short-term occupation were more conserved and less impacted, since they had thus far undergone only the selective removal of wood.

In each area, the forest fragment closest to the rural locality was selected. The distance of the fragment from human settlements varied from 100 m to 3.43 km in different localities. We conducted a comprehensive study of these localities over a 2-yr period. A previous study published some data on the sand flies of Lagoas and Quinta Vicinal (Rebêlo et al. 2000a,b). The data analyzed in the present study were more complete and detailed than those preliminarily published by Rebêlo et al. (2000a,b), especially due to the inclusion of two types of localities and two types of forest fragments herein.

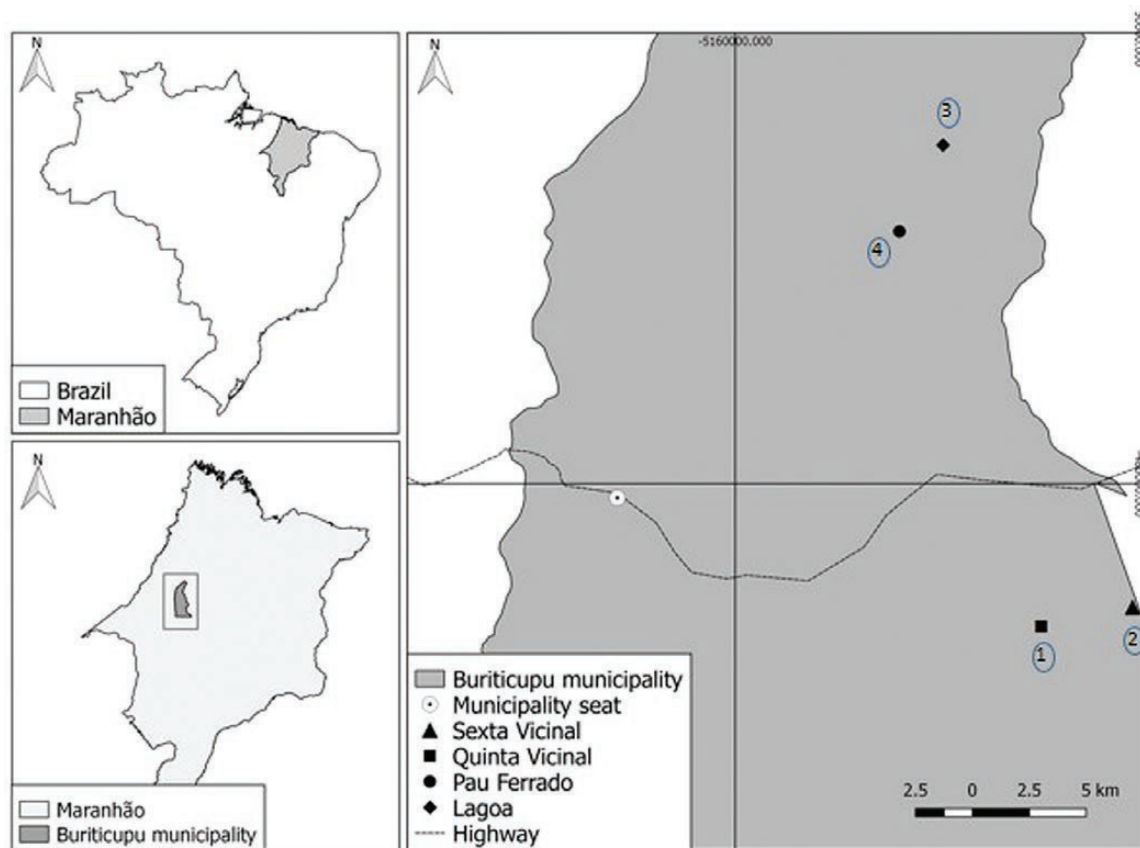
The two long-term occupation localities were established after planned deforestation. The houses, built of wood, were distributed in three parallel streets. In 1995/1996, the Sexta Vicinal settlement had an area of 14 ha and comprised 45 houses and 180 inhabitants. The forest fragment there consisted of 117 ha and was located at a distance of 500 m from the settlement. Quinta Vicinal had an area of 26 ha and contained 70 houses and 280 inhabitants. The forest fragment had an area of 66.3 ha and its distance from the settlement was 3.43 km.

The short-term occupation localities were each established along the margins of a road. In the year of the study (1995/1996), Pau Ferrado had five houses and 20 inhabitants, and its forest fragment had an area of 133 ha and was 100 m from the settlement, while Lagoas had 10 agglomerated houses and 40 inhabitants, and its forest fragment had an area of 93 ha and was 300 m away from the settlement.

### Collection Methods

Phlebotomines were captured from 0600 to 1800 hours, once a month, in forest fragments and in rural localities from January 1996 to December 1997. Two traps were installed inside each of the four forest fragments, and two were installed in the peridomestic areas of each of the four rural localities. Thus, the capture effort was 16 traps × 12 h × 24 mo = 4608 h. In the rural peridomestic areas, the traps were installed in hen coops in the backyards of residents.

All the captured specimens were killed in ethyl acetate chambers and stored in bottles containing 70% alcohol for transport to the Laboratory of Entomology and Vectors of the Federal University



**Fig. 1.** Map of the state of Maranhão showing the location of the municipality of Buriticupu and the settlements studied. January 1996 to December 1997. Phlebotomines were collected in the peridomiciliary (symbols) and in the altered forest of long-term settlement area (1 and 2) and in the conserved forest of short-term settlement area (3 and 4).

of Maranhão. After screening, male and female specimens were mounted between slides and coverslips. Specimens were identified using the key of [Young and Duncan \(1994\)](#).

### Statistical Analysis

The index of [Kato et al. \(1952\)](#) was used to determine the dominant species in each locality, which were defined as those that had a lower confidence limit of abundance greater than the upper confidence limit of the absent species. IndVal analysis ([De Cáceres and Legendre 2009](#)) was used to determine the ecological indicator species of each of the communities or environment types. Diversity profiles were analyzed and generalized using the Rényi series, in which curves describing simultaneous values of a set of diversity indices place greater emphasis on the dominant species as the parameter  $\alpha$  increases ([Hill 1973](#)). When the curves of different communities do not intersect at any point, one can be said to be (unequivocally) more diverse than the other, and the two communities are said to be 'separable'; otherwise, they are considered to be 'non-separable' ([Tóthmérész 1995, Liu et al. 2007](#)).

Analysis of similarity (ANOSIM) ([Clarke 1993](#)), based on Bray-Curtis similarity index values, was used to verify whether the composition of the species was significantly influenced by the age of the settlements (recent or old) and/or by the environment (forest or peridomicile). Similarity percentage analysis (SIMPER) ([Clarke 1993](#)) was used to identify the taxa that contributed the most to differences between treatments (settlements or environment). Nonmetric multidimensional scaling (NMDS) was used to graphically visualize both these relationships. The composition of the community was

**Table 1.** Number of sandfly species found in the municipality of Buriticupu, Amazonia, State of Maranhão, Brazil, between January 1996 to December 1997, according to subgenus or group

Subgenus/Groups	Number of species	Number percent
<i>Brumptomyia</i>	1	2.3
<i>Evandromyia</i>	2	4.6
<i>Lutzomyia</i>	4	9.3
<i>Nyssomyia</i>	2	4.6
<i>Pressatia</i>	3	7.0
<i>Psathyromyia</i>	5	11.6
<i>Psychodopygus</i>	11	23.6
<i>Sciopemyia</i>	2	4.6
<i>Viannamyia</i>	1	2.3
Group		
<i>Aragaoi</i>	1	2.3
<i>Migonei</i>	5	11.6
<i>Oswaldoi</i>	3	7.0
<i>Saulensis</i>	1	2.3
<i>Verrucarum</i>	2	4.6
Total	43	100.0

analyzed using the base-10 logarithmic abundance of each species plus one ( $x + 1$ ). Cluster analysis (CLUSTER) of species abundances (Bray-Curtis index values) was used to verify the similarity or difference between the different environments' communities. This analysis enabled the generation of a hierarchical ordering that indicated possible groups or subgroups within the environments. IndVal analysis ([De Cáceres and Legendre 2009](#)) was used to

**Table 2.** Numbers of sandfly specimens captured in forests and peridomestic areas of long-term and short-term settlements, in the municipality of Buriticupu, Amazonia, State of Maranhão, Brazil

Localities	Short-term settlements						Long-term settlements					
	Pau Ferrado		Lagoa		Total		Quinta Vicinal		Sexta Vicinal		Total	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
<i>L. abourensi</i>	3		1		4							
<i>L. arbuti</i>	2		1		3							
<i>L. ayrozoai</i>	2		1		3							
<i>L. brasiliensis</i>	2		1		3							
<i>L. carrieri</i>	3		1		4							
<i>L. carvalhoi</i>	5				5							
<i>L. complexa</i>			1		1							
<i>L. corossontensis</i>			2		2							
<i>L. geniculata</i>	34		3		37							
<i>L. paraensis</i>	1		1		2							
<i>L. saulensis</i>	1		2		3							
<i>L. scaff</i>	4		1		5							
<i>L. servulolimai</i>			1		1							
<i>L. nevesi</i>				1		1						
<i>L. punctigemiculata</i>			1		1							
<i>B. avellari</i>	21		6		27							
<i>L. brachyphalla</i>	5		4		9							
<i>L. choti</i>	1		1	3	2	3						
<i>L. clauserei</i>	15		66	3	81	3	1	8	4	3	2	12
<i>L. davis</i>		1				1		2	3	2	5	
<i>L. dendrophila</i>	8		12		20			2	2	2	2	4
<i>L. evandroi</i>	59	103	29	770	88	873		119	243			362
<i>L. furcata</i>			12	2	12	2	4	3	2	3	7	5
<i>L. goiana</i>	1		2		3			1	3	2	4	
<i>L. gomezi</i>			1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
<i>L. b. hirsuta</i>	1,101	56	6	2	1,107	56		2	1	1	3	
<i>L. longipalpis</i>	3		4		7	2		25	2	2	27	
<i>L. niigonei</i>	7	284	2,246	50	2,253	334	5	17	61	16	78	
<i>L. osvaldoi</i>	8	16	8		16	16		3	2	3	2	
<i>L. serrana</i>	44	2	303	1	347	3	90	8	61	151	41	
<i>L. shamoni</i>	37		80	1	117	1	21	3	53	35	56	
<i>L. sordellii</i>			1		1			1	1	1		
<i>L. spathotrichia</i>	4		2		6			1	1	1		
<i>L. termitophila</i>	3	2	7	20	10	22	4	24	7	11	43	
<i>L. trinidadensis</i>	1		2		3		1	3	3	1	3	
<i>L. trispinosa</i>				1		1	5	3		5	3	
<i>L. umbratilis</i>	43	1	107		150	1	14	14	6	24	20	
<i>L. whitmani</i>	643	2,018	5,382	242	6,025	2,260	16	270	2,353	16	2,623	
<i>L. bacula</i>								1	3	4		
<i>L. lenti</i>								1	40	41		
<i>L. lloydi</i>								1	1	1		
<i>L. monstrosa</i>								1	1	2		
<i>L. triacantha</i>								116	3,012	118	3,012	
Total of individuals	2,060	2,483	8,290	1,098	10,350	3,581	199	563	499	698	13,190	
Total of species	27	9	33	14	35	18	15	24	12	18	26	

January 1996 to December 1997. Forest (F); Peridomicile (P).

determine the ecological indicator species of each environment. All analyses were performed in R 3.4.0 (R Development Core Team 2017) using the 'vegan' statistical package (Oksanen et al. 2017) and 'indicspecies' (De Cáceres and Legendre 2009).

## Results

In this study, 43 species of sand flies were found from two genera: *Brumptomyia* (1) and *Lutzomyia* (42). Species of the genus *Lutzomyia* were distributed among eight subgenera and five groups. The subgenus *Psychodopygus* (11 species) and the group Migonei (5) were the most diverse (Table 1). The species richness was higher in the areas of short-term occupation (38 species) than in the areas of long-term occupation (27) (Table 2).

The Rényi Series showed that the peridomicile and forest species in areas of short-term and long-term occupation formed communities that were considered 'separable', so that Quinta Vicinal was unequivocally identified as having the greatest diversity among all the studied localities (Fig. 2).

Nine species were identified that were found in all the studied environments: *Lutzomyia choti*, *L. clautrei*, *L. migonei*, *L. serrana*, *L. shannoni*, *L. termitophila*, *L. umbratilis*, *L. whitmani*, and *L. furcata*. Sixteen species were found exclusively in areas of short-term occupation, and five were exclusive to long-term occupation areas (Table 2). However, the ANOSIM among sites indicated that forest and peridomicile areas formed two distinct groups, irrespective of settlement age (Fig. 3).

The type of environment (forest or peridomicile) significantly influenced the species composition at each site ( $R = 0.33$ ;  $P = 0.02$ ), and these differences were primarily driven by the species *L. evandroi*, *L. whitmani*, *L. choti*, *L. serrana*, *L. triacantha*, *L. migonei*, *L. shannoni*, and *L. brachyphylla*, which together accounted for more than 54% of the differences among environments (Table 3). However, despite the separation of the two groups (Fig. 4), there was no significant difference in species composition when we used the age of the settlements (long-term and short-term) as an explanatory variable ( $R = 0.31$ ,  $P = 0.05$ ).

Of the 38 species recorded in areas of short-term settlement, 15 occurred in both types of environments (forest and peridomicile), 20 were exclusive to forests, and 3 were exclusive to peridomicile areas. In the forest fragments, 10,350 specimens were collected, representing 74.3% of the total sample in this study. The dominant forest species were *L. whitmani* (58.2%), *L. migonei* (21.8%), and *L. hirsutus* (10.7%) (Fig. 5a). The remaining species represented 9.3% of the total sample. A total of 3,581 specimens (25.7%) were collected in the peridomestic areas, among which *L. whitmani* (63.1%), *L. evandroi* (24.4%), and *L. migonei* (9.3%) were the dominant species (Fig. 5b). The remaining species represented 3.2% of the total sample for this environment.

Of the 28 species found in areas of long-term settlements, 2 were distributed only in forest fragments, 9 occurred only in the peridomiciles, and 16 occurred in both environments (Table 2). The abundance of individuals was higher in the peridomicile areas (95%; 13,190 specimens) than in the forest fragments (5%; 698). In the altered forest environments, the dominant species were *L. choti* (35.2%), *L. serrana* (21.6%), and *L. triacantha* (16.9%), with the remaining species representing 26.3% of the sample (Fig. 5c); while the dominant peridomestic species were *L. choti* (51.8%), *L. triacantha* (22.8%), and *L. whitmani* (19.9%), with the remaining species contributing 5.5% of the total sample (Fig. 5d) in the peridomestic areas.

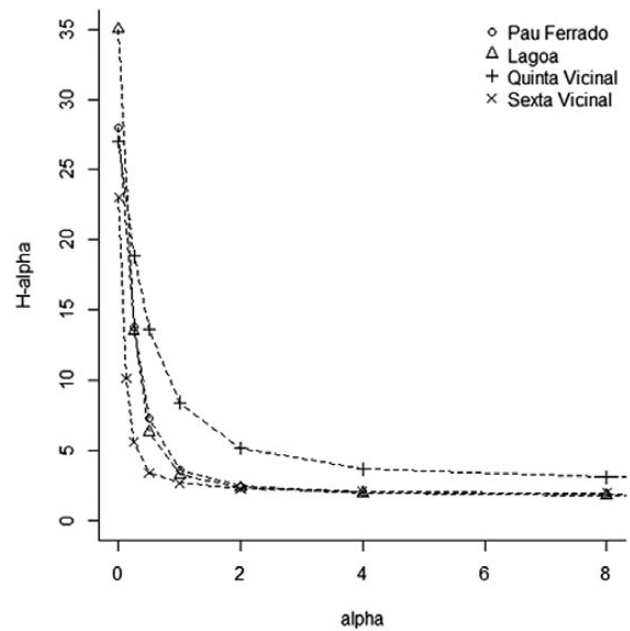


Fig. 2. Diversity profiles by ordering the Rényi series for each sampled locality in Buriticupu, Maranhão. January 1996 to December 1997.

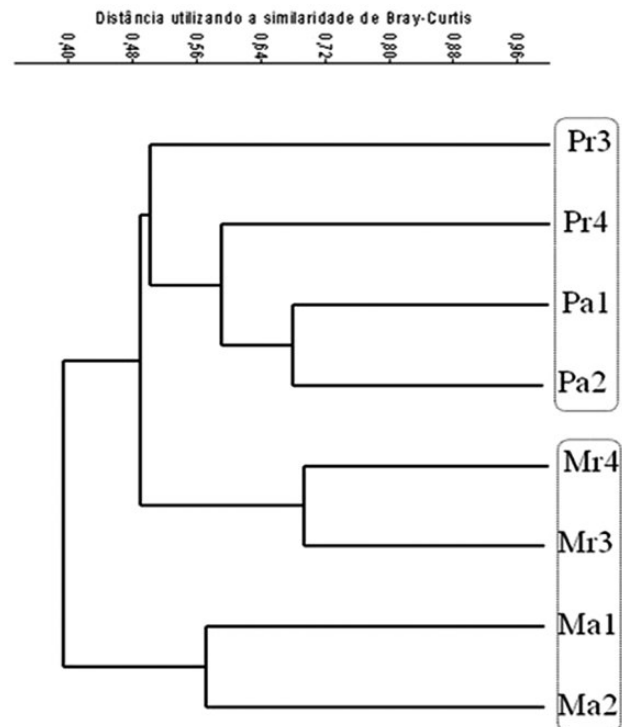


Fig. 3. Dendrogram resulting from the Bray-Curtis similarity indicating the proximity relationship between the environments studied in the municipality of Buriticupu, Amazonia, Maranhão State, Brazil. January 1996 to December 1997. P = Peridomicile; M = forest; a = Old (long-term) settlement area; r = Recent (short-term) settlement area. 1 = Quintal Vicinal; 2 = Sexta Vicinal; 3 Lagoa. 4 Pau Ferrado.

Despite the high species richness in each of the different environments, only two of the species found were indicative of forest environments (*L. brachyphylla* [IndVal = 0.9565,  $P = 0.0277$ ] and

**Table 3.** Average abundance of sandflies captured in forests and peridomestic areas of long-term and short-term settlements, in Burititupu, Amazonia, Maranhão State, Brazil between January 1996 to December 1997

Species	Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)	Mean abundance	
				Forest	Peridomicile
<i>L. evandroi</i>	4.7720	8.504	8.504	0.814	2.340
<i>L. whitmani</i>	4.4610	7.950	16.45	1.94	2.870
<i>L. choti</i>	3.7670	6.713	23.17	0.749	1.540
<i>L. serrana</i>	3.3730	6.012	29.18	1.97	0.8160
<i>L. triacantha</i>	3.1690	5.648	34.83	0.636	0.870
<i>L. migonei</i>	2.8790	5.131	39.96	1.53	1.800
<i>L. b. Hirsuta</i>	2.8480	5.076	45.03	0.972	0.634
<i>L. shannoni</i>	2.8120	5.012	50.05	1.5	0.659
<i>L. brachyphalla</i>	2.7090	4.827	54.87	1.06	0.195
<i>L. umbratilis</i>	2.5810	4.601	59.47	1.27	0.581
<i>L. claustrai</i>	1.7300	3.084	62.56	0.908	0.564
<i>L. oswaldoi</i>	1.4290	2.547	65.10	0.389	0.427
<i>L. longipalpis</i>	1.4140	2.520	67.62	0.325	0.592
<i>B. avellari</i>	1.3790	2.458	70.08	0.666	0.239
<i>L. termitophila</i>	1.3550	2.415	72.50	0.777	1.120
<i>L. dendrophila</i>	1.2240	2.182	74.68	0.517	0.239
<i>L. geniculata</i>	1.1820	2.107	76.79	0.537	0
<i>L. furcata</i>	1.0880	1.939	78.72	0.604	0.389
<i>L. lenti</i>	1.0420	1.857	80.58	0	0.478
<i>L. trispinosa</i>	0.9162	1.633	82.21	0.195	0.226
<i>L. spathotrichia</i>	0.9076	1.618	83.83	0.369	0
<i>L. davisi</i>	0.8653	1.542	85.37	0	0.345
<i>L. trinidadensis</i>	0.7526	1.341	86.71	0.27	0.151
<i>L. goiana</i>	0.6053	1.079	87.79	0.195	0.226
<i>L. scaffi</i>	0.5501	0.9804	88.77	0.25	0
<i>L. bacula</i>	0.5098	0.9086	89.68	0	0.226
<i>L. abonnenci</i>	0.4959	0.8839	90.57	0.226	0
<i>L. carrerai</i>	0.4959	0.8839	91.45	0.226	0
<i>L. carvalhoi</i>	0.4352	0.7756	92.23	0.195	0
<i>L. arthuri</i>	0.4261	0.7593	93.74	0.195	0
<i>L. ayrozai</i>	0.4261	0.7593	92.99	0.195	0
<i>L. brasiliensis</i>	0.4261	0.7593	94.50	0.195	0
<i>L. sordellii</i>	0.4235	0.7548	95.26	0.151	0
<i>L. saulensis</i>	0.4207	0.7498	96.01	0.195	0
<i>L. gomezi</i>	0.4091	0.7291	96.74	0.226	0.270
<i>L. monstruosa</i>	0.3513	0.6261	97.36	0	0.151
<i>L. punctigeniculata</i>	0.3132	0.5582	97.92	0.075	0.075
<i>L. corossoniensis</i>	0.2523	0.4497	98.37	0.119	0
<i>L. nevesi</i>	0.2432	0.4334	98.81	0	0.075
<i>L. lloydi</i>	0.1928	0.3436	99.15	0	0.075
<i>L. paraensis</i>	0.1592	0.2837	100	0.075	0
<i>L. servulolimai</i>	0.1592	0.2837	99.72	0.075	0
<i>L. complexa</i>	0.1592	0.2837	99.43	0.075	0

*L. serrana* [Indval = 0.9188,  $P = 0.0309$ ]), and only one species was indicative of the peridomicile areas (*L. evandroi* [Indval = 0.9335,  $P = 0.0297$ ]).

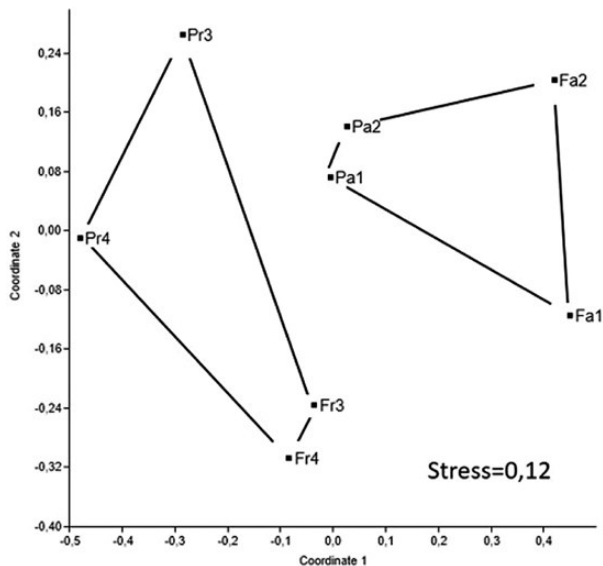
## Discussion

In the last three decades, deforestation in the Amazon has not only increased in rate, but also in scale. This period has also been accompanied by a high incidence of tegumentary leishmaniasis in the Amazon region. According to the [Ministério da Saúde \(2018\)](#), 257,979 cases have been reported in the Amazon, distributed among the 1990s (96,811 cases), 2000–2009 (102,441), and 2010–2016 (58,727). Over time, the scientific literature has confirmed that environmental imbalances, particularly those related to deforestation,

can increase the incidence of diseases like leishmaniasis ([Patz et al. 2000](#), [Chaves et al. 2008](#), [Vora 2008](#), [Barcellos et al. 2009](#), [Gottwalt 2013](#), [Confalonieri et al. 2014](#)). Such situations may also be intrinsically related to the dynamics of sandfly populations and their responses to changes in the environment.

In this study, we verified that species composition, richness, and abundance differed among areas with different periods of human occupation and degrees of deforestation. In the most well-conserved forest fragments, located in areas of short-term occupation, the richness of sand fly species was higher than that in the more altered forest fragments in areas of long-term occupation.

This result is probably due to the fact that the conserved forests provide more resources for the proliferation of sand fly populations. For example, there may be more mammals available as a blood source



**Fig. 4.** Non-Metric Multidimensional Scheduling for association between settlement age, short-term and long-term and composition of phlebotomine species collected in the municipality of Buriticupu, Amazonia, State of Maranhão, Brazil. January 1996 to December 1997. Despite the segregation between the ages of the settlements, there was no significant difference between the phlebotomine communities (Anosim:  $R = 0.31$ ,  $P = 0.05$ ). P = Peridomicile; F = forest; a = Long-term settlement area; r = Short-term settlement area. 1 = Quinta Vicinal; 2 = Sexta Vicinal; 3 Lagoas. 4 Pau Ferrado.

for the hematophagous female sand flies. They require blood for reproduction and mammals are their preferred hosts (Lainson 2010). In addition, conserved forests provide more shelter and appropriate breeding sites. Many species found in Amazonian forests are primarily associated with trunks, hollows and roots of trees, leaves fallen on soil, hole of armadillo, and other animals (Castellón et al. 1994, Cabanillas et al. 1995, Cabanillas and Castellón 1999, Aguiar and Medeiros 2003). So much so, it is possible to find more than 30 species of sandflies even in a small Amazonian area (Alexander 2000), as was found in the most conserved forest fragment at Lagoa in this study.

Deforestation and other types of changes caused by anthropogenic activities reduce these resources (shelters and breeding sites) and affect the populations of wild mammals on which they depend, especially large mammals that require extensive foraging areas or territories and are more exposed to further disturbances (Pardini et al. 2003). This process contributes to the disappearance of sand fly species from altered forests, since there are those that cannot adapt to the new environmental conditions of forest remnants. For example, *L. carvalhoi*, *L. carrerai*, *L. brasiliensis*, *L. ayrozai*, *L. arthuri*, *L. abomenci*, *L. corossoiensis*, *L. complexa*, *L. geniculata*, *L. paraensis*, *L. saulensis*, *L. scaffi*, and *L. servulolimai*, present in the conserved forest fragments, were not found in the areas where the primary forest underwent alteration nor in the modified areas for the establishment of human settlements. It is possible that several of these sand fly may never again be found in these modified areas.

Some species that were absent in the altered forests reappeared in the peridomicile environments of the old settlements. In these environments, humans and domestic and synanthropic animals may provide options for blood meals (Dias et al. 2003), allowing the occurrence of opportunistic sand fly species, such as *L. choti*,

*L. whitmani*, *L. triacantha*, and *L. evandroi*, which were indicative of the peridomicile areas in this study.

The increased density of domestic animals (mammals and avian) confined in peridomiciliary shelters in rural settlements established close to forests is one of the most important factors for estimating the presence of the vector (Valderrama et al. 2011, Ramos et al. 2014). These settlements become highly receptive environments to the occurrence of leishmaniasis (Feitosa and Castellon 2006), especially the tegumentary form, which can give rise to epidemic outbreaks of this disease (Silva et al. 1979, Costa et al. 1998). Studies of the food source of peridomestic phlebotomines have demonstrated the importance of domestic animals, and also marsupials and rodents, whose blood was found in the stomachs of sand flies such as *L. longipalpis* and *L. whitmani* (Dias et al. 2003). In these study areas, Oliveira-Pereira et al. (2008) detected rodent (40%), bird (24%), dog (9.3%), and equine (9.3%) blood in the stomachs of *L. choti*. Rodent (38.9%), bird (33.3%), and equine (13.9%) blood was also found in the stomachs of *L. triacantha*, and rodent (44.4%) and equine (22.2%) blood was found in those of *L. whitmani*. It is interesting to note that *L. whitmani* females consumed more human blood (11.1%) than did those of *L. choti* (6.7%) or *L. triacantha* (5.5%), confirming its role as a vector of leishmaniasis in Maranhão.

The proliferation of sand fly species in the rural peridomiciles modified the epidemiological profile of tegumentary leishmaniasis in the Buriticupu Amazon. Previously, the infection was acquired in the wild, when loggers and farmers entered the forest (Silva et al. 1979, 1981). Over time, it was also transmitted in rural areas (Costa et al. 1998; Martins et al. 2004). At the turn of the millennium, with the expansion of rural towns and cities, the disease began to occur in periurban areas (Guimarães-Silva et al. 2017), where domesticated animals (dogs, horses, and swine) were the suspected reservoirs. This trend can be observed in the newer settlements, where most species maintained their wild habitat, whereas in the older settlements, the peridomicile species predominated and there was a history of transmission of autochthonous leishmaniasis (Martins et al. 2004).

In summary, this study provides information that should be useful for predicting how changes in forests, over time, due to the selective removal of wood and other types of deforestation (for purposes of agriculture, creating livestock pastures, and human habitation) may change the community structure of sandflies. The composition, richness, and abundance of sand fly species differed between areas with different durations of human occupation and degrees of forest change. The richness was high in the most well-conserved forest fragments, i.e., in those areas of recent occupation, but richness decreased in those altered forest fragments with a longer history of human occupation. The opposite was observed with the time of establishment of rural settlements, i.e., the older the settlement, the greater the species richness found in the peridomicile area. It seems that the infestation of the peridomicile by sand flies is facilitated by the opportune availability of food and shelter (domestic animals, their enclosures, and various objects found in backyards). Thus, the presence of domestic animals and their shelters can be used as indicators to predict the occurrence of vectors in the peridomicile area. Furthermore, infestation of sandflies in the peridomicile can indicate environmental changes in the nearby forests and may provide an important resource for monitoring forest health, as well as for predicting future scenarios of transmission of leishmaniasis, which further helps to guide preventive actions against this disease.



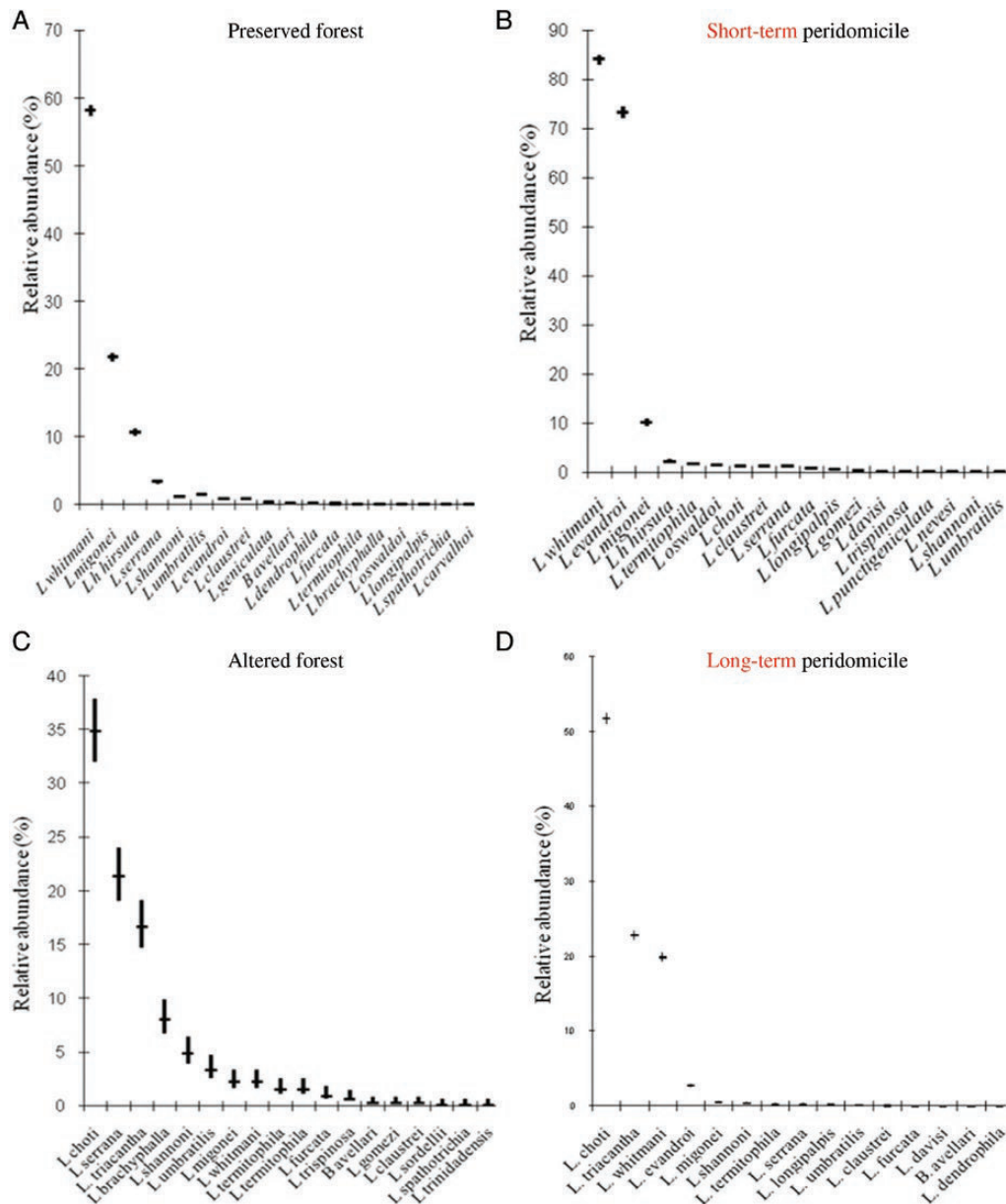


Fig. 5. Dominance rank of sandfly species studied in the forests and peridomicile areas of long-term and short-term settlements in Buriticupu, Amazonia, Maranhão State, Brazil, from January 1996 to December 1997.

## Acknowledgments

We thank the Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the studentships granted and Project funding.

## References Cited

- Aguiar, G. M., and W. M. Medeiros. 2003. Distribuição regional e habitats das espécies de flebotomíneos do Brasil. *In* Rangel EF, Lainson R, (Orgs.), *Flebotomíneos do Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz. p. 207–55.
- Alexander, B. 2000. Sampling methods for phlebotomine sandflies. *Med. Vet. Entomol.* 14: 109–122.
- Barcellos, C., A. M. V. Monteiro, C. Corvalán, H. C. Gurgel, M. S. Carvalho, P. Artaxo, S. Hacon, and V. Ragoni. 2009. Mudanças climáticas e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília. 18: 285–304.
- Cabanillas, M. R. S., and E. G. Castellón. 1999. Distribution of sandflies (Diptera: Psychodidae) on tree-trunks in a non-flooded area of the Ducke Forest Reserve, Manaus, AM, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 94: 289–296.
- Cabanillas, M. R. S., E. G. B. Castellón, and M. Alencar. 1995. Estudo sobre os abrigos naturais dos flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) na Reserva Florestal Ducke Manaus, AM, Brasil. *Bol. Dir. Malariol. y San. Amb.* 35(Suppl 1): 63–76.
- Castellón, E. G., J. R. Arias, R. A. Freitas, and R. D. Naiff. 1994. Os flebotomíneos da região Amazônica, estrada Manaus Humaitá, estado do Amazonas, Brasil (Diptera: Psychodidae; Phlebotominae). *Acta Amaz.* 24: 91–102.
- Chaves, L. E., J. M. Cohen, M. Pascual, and M. L. Wilson. 2008. Social exclusion modifies climate and deforestation impacts on a vector-borne disease. *Plos Negl. Trop. Dis.* 2: e176.

- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austral. Ecol.* 18: 117–143.
- Confalonieri, U. E., C. Margonari, and A. F. Quintão. 2014. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta Trop.* 129: 33–41.
- Costa, J. M. L., I. T. A. Balby, E. J. S. Rocha, A. R. Silva, J. M. M. Rebêlo, and L. A. Ferreira, et al. 1998. Estudo comparativo da Leishmaniose Tegumentar americana em crianças e adolescentes procedentes das áreas endêmicas de Buriticupu (Maranhão) e Corte de Pedra (Bahia), Brasil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 31: 279–288.
- De Cáceres, M., and P. Legendre. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90: 3566–3574.
- Dias, F. O. P., E. S. Lorosa, and J. M. M. Rebêlo. 2003. Fonte alimentar sanguínea e a peridomiciliação de *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Psychodidae, Phlebotominae). *Cad. Saúde. Púb.* 19: 1373–1380.
- Feitosa, M. A. C., and E. G. Castellón. 2006. Fauna de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) em fragmentos de floresta ao redor de conjuntos habitacionais na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. I. Estratificação Vertical. *Acta. Amaz.* 36: 539–548.
- Foneteles, R. S., A. A. Pereira Filho, J. L. P. Moraes, S. R. F. Pereira, B. L. Rodrigues, and J. M. M. Rebêlo. 2018. Detection of *Leishmania* DNA and blood meal identification in Sand Flies (Diptera: Psychodidae) from Lençóis Maranhenses National Park Region, Brazil. *J. Med. Entomol.* 55: 445–451.
- Galati, E. A. B. 2003. Classificação de Phlebotominae, pp. 23–51. In E. F. Rangel and R. Lainson (eds.), *Flebotomíneos do Brasil*. Fiocruz, Rio de Janeiro, Brazil.
- Gottwalt, A. 2013. Impacts of deforestation on vector-borne disease incidence. *Global J. Health Sci.* 3: 16–19.
- Guimarães-e-Silva, A. S., S. O. Silva, R. C. Ribeiro da Silva, V. C. S. Pinheiro, J. M. M. Rebêlo, and M. N. Melo. 2017. *Leishmania* infection and blood food sources of phlebotomines in an area of Brazil endemic for visceral and tegumentary leishmaniasis. *PLoS One* 12: e0179052.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notion and its consequences. *Ecology*. 54: 427–432.
- Kato, M., T. Matsuda, and Z. Yamashita. 1952. Associative ecology of insects found in paddy field cultivated by various planting forms. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 19: 291–301.
- Lainson, R. 2010. Espécies neotropicais de *Leishmania*: uma breve revisão histórica sobre sua descoberta, ecologia e taxonomia. *Rev. Pan-Amaz. Saude.* 1: 13–32.
- Lainson, R., and E. F. Rangel. 2005. *Lutzomyia longipalpis* and the eco-epidemiology of American visceral leishmaniasis, with particular reference to Brazil: a review. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 100: 811–827.
- Lewis, D. J., D. G. Young, G. B. Fairchild, and D. M. Minter. 1977. Proposals for a stable classification of phlebotomine sandflies. *Syst. Entomol.* 2: 319–332.
- Liu, C., R. J. Whittaker, K. Ma, and J. R. Malcolm. 2007. Unifying and distinguishing diversity ordering methods for comparing communities. *Pop. Ecol.* 49: 89–100.
- Martins, L. M., J. M. M. Rebêlo, J. M. L. Costa, A. R. Silva, and L. A. Ferreira. 2004. Ecoepidemiologia da leishmaniose tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia do Maranhão, Brasil 1996 a 1998. *Cad. Saúde. Púb.* 20: 109–118.
- Ministério da Saúde. 2018. Vigilância em Saúde: Leishmaniose Tegumentar Americana. Disponível em: <http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/14/LT-Casos.pdf>
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, et al. 2017. *Vegan: community ecology package* R package version 2.4-2. Available from <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira-Pereira, Y. N., J. L. P. Moraes, E. S. Lorosa, and J. M. M. Rebêlo. 2008. Preferência alimentar sanguínea de flebotomíneos da Amazônia do Maranhão, Brasil. *Cad. Saúde. Pub.* 24: 2183–2186.
- Pardini, R., E. H. Ditt, L. Cullen, C. Bassi, and R. Rudran. 2003. Levantamento rápido de mamíferos terrestres de médio e grande porte, pp.181–201. In L. Cullen Júnior, R. Rudran, and C. Valladares-Padua (Orgs.), *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil.
- Patz, J. A., T. K. Graczyk, N. Geller, and A. Y. Vittor. 2000. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *Inter. J. Parasit.* 30: 1395–1405. PMID: 11113264.
- Pereira-Filho, A. A., R. S. Fonteles, M. D. C. A. Bandeira, J. L. P. Moraes, J. M. M. Rebêlo, and M. N. Melo. 2018. Molecular Identification of *Leishmania* spp. in Sand Flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. *J. Med. Entomol.* 55: 989–994.
- R Development Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from <http://www.R-project.org>
- Ramos W. R., J. F. Medeiros, G. R. Julião, C. M. Ríos-Velásquez, E. F. Marialva, and S. J. M. Desmoulière. 2014. Anthropoc effects on sand fly (Diptera: Psychodidae) abundance and diversity in an Amazonian rural settlement, Brazil. *Acta. Trop.* 139: 44–52.
- Rebêlo J. M. M., S. T. Oliveira, V. L. L. Barros, and F. S. Silva. 2000a. Flebotomíneos da Amazônia maranhense. IV. Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização antiga. *Entomol. Vect.* 7: 61–72.
- Rebêlo, J. M. M., S. T. Oliveira, V. L. L. Barros, and F. S. Silva. 2000b. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de Lagoas, município de Buriticupu, Amazônia maranhense. I - Riqueza e abundância relativa das espécies em área de colonização recente. *Rev. Soc. Bras. Med. Tropical* 33: 11–19.
- Rebêlo, J. M. M., R. V. Rocha, J. L. P. Moraes, C. R. M. Silva, F. S. Leonardo, and G. A. Alves. 2010. The fauna of phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in different phytogeographic regions of the state of Maranhão, Brazil. *Rev. Bras. Ent.* 54: 494–500.
- Shimabukuro, P. H. F., and E. A. B. Galati. 2011. Lista de espécies de Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) do Estado de São Paulo, Brasil, com comentários sobre sua distribuição geográfica. *Biota. Neotrop.* 11: 1–20.
- Silva, A. R., G. Martins, J. E. M. Melo, P. Araújo, and M. G. Mendes. 1979. Surto epidêmico de Leishmaniose Tegumentar americana ocorrido na colonização agrícola de Buriticupu (Estado do Maranhão), Brasil. *Rev. Inst. Med. Trop.* 21: 1–62.
- Silva, A. R., Mendes, J. R., Rodrigues, M. L. M., Carvalho, Z. S., Reis, F. M. P., Melo, J. E. P., Moraes, J. C. O. 1981. Leishmaniose cutânea difusa (LDC). Registro de um caso em Buriticupu (Estado do Maranhão). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 23:1–4.
- Tóthmérész, B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *J. Sci.* 6: 283–290.
- Valderrama, A., M. G. Tavares, and J. D. Andrade Filho. 2011. Anthropogenic influence on the distribution, abundance and diversity of sandfly species (Diptera: Phlebotominae: Psychodidae), vectors of cutaneous leishmaniasis in Panama. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 106: 1024–1031.
- Vora, N. 2008. Impact of anthropogenic environmental alterations on vector-borne diseases. *Medscape J. Med.* 10: 238.
- Young, D. G., and M. A. Ducan. 1994. Guide to the identifications and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in México, the Wes Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Mem Am Ent Inst* 54. Associated Publishers, American Entomological Institute, Gainesville, FL, 881 pp.