



**BIOLOGIA  
PARASITÁRIA  
NA AMAZÔNIA**



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA PARASITÁRIA NA  
AMAZÔNIA**

**SIMONE BEVERLY NASCIMENTO COSTA**

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EPIDEMIOLÓGICA DA LEISHMANIOSE  
TEGUMENTAR AMERICANA E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES  
AMBIENTAIS, SOCIOECONÔMICAS E DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM SAÚDE  
NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL NO PERÍODO DE 2011-2022**

Belém – Pará  
2024

**SIMONE BEVERLY NASCIMENTO COSTA**

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EPIDEMIOLÓGICA DA LEISHMANIOSE  
TEGUMENTAR AMERICANA E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES  
AMBIENTAIS, SOCIOECONÔMICOS E DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM SAÚDE  
NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL PERÍODO DE 2011-2022**

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Biologia Parasitária da Amazônia, Linha de pesquisa: Epidemiologia de microrganismos e parasitas, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) da Universidade do Estado do Pará (UEPA) como requisito para obtenção do título de Doutor.  
Orientador: Prof. Dr. Nelson Veiga Gonçalves  
Coorientadora: Profa. Claudia do Socorro Carvalho Miranda

BELÉM-PARÁ  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará**

---

C837d Costa, Simone Beverly Nascimento

A distribuição espacial da leishmaniose tegumentar americana e sua relação com condicionantes ambientais, socioeconômicas e de políticas em saúde no estado do Pará, Brasil no período de 2011-2022/ Simone Beverly Nascimento Costa. — Belém-PA: UEPA, 2024.

72 f.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Veiga Gonçalves

Tese (Doutorado em Biologia Parasitária na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia, Belém, 2024.

1. Leishmaniose. 2. Epidemiologia. 3. Vigilância epidemiológica. 4. Políticas públicas em saúde. I. Gonçalves, Nelson Veiga, orient. II. Universidade do Estado do Pará. III. Título.

CDD 22.ed. 616.9364

---

SIMONE BEVERLY NASCIMENTO COSTA

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EPIDEMIOLÓGICA DA LEISHMANIOSE  
TEGUMENTAR AMERICANA E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES  
AMBIENTAIS, SOCIOECONÔMICAS E DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM SAÚDE  
NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, Doutorado em Biologia Parasitária da Amazônia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), como requisito para obtenção do grau de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Veiga Gonçalves

Coorientadora: Profa. Dra. Claudia do Socorro Carvalho Miranda.

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2024.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Nelson Veiga Gonçalves – Orientador – UEPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marília Brasil Xavier – UEPA

---

Prof. Dr. Luis Fábio Magno Falcão – Membro Titular Interno – UEPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mary Elizabeth de Santana – Membro Titular Externo – UFPA

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Marques de Carvalho – Membro Titular Interno - UEPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patricia Danielle Lima de Lima – Membro Suplente Interno – UEPA

BELÉM - PA  
2024

## EPÍGRAFE

Disse-lhes Jesus: se tu podes crê, tudo é possível aquele que crer.  
Marcos 9:23

## DEDICATÓRIA

Dedico a minha mãe Merian Nascimento Costa (*in memoriam*) por me ensinar a valorizar a vida e as oportunidades; a minha sobrinha neta Sofia por trazer alegria nesta fase especial da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus toda honra e glória pelos séculos dos séculos;

Ao meu orientador Prof. Dr. Nelson Veiga Gonçalves por toda a sua generosidade, dedicação e profissionalismo;

À minha coorientadora Profa. Dra. Claudia do Socorro Miranda pelo apoio e colaboração;

À equipe do laboratório EPIGEO por realizar a parte técnica de geoprocessamento em especial Bruni Yudi e Bruna Souza

À minha família pelo suporte emocional necessário e dispensado nos momentos de dúvidas;

À estimada amiga Renata Cunha Silva pelo tempo dispensado e colaboração para a construção desta pesquisa;

Aos meus colegas de trabalho: Prof. Emanuel de Jesus Sousa, Jane Santos, Glenda Ribeiro Melo de Barros, Ederson Calos de Sousa, Tereza Cristina Farias, Maria de Fátima Pinheiro Carrera, Profa. Ivonete Peixoto e Gilvania Mendes Sirotheau Correa pelo suporte e companheirismo cotidiano.

À Universidade do Estado do Pará pela oportunidade;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia pelas orientações e possibilidades especialmente a servidora Silvânia pela presteza nas informações;

Aos meus colegas de turma, gratidão pela parceria, em especial Tatiana Panzetti, Lidiane Vasconcelos e Stanley Xavier.

À banca avaliadora pelas valiosas contribuições.

## RESUMO

A leishmaniose tegumentar americana (LTA) é uma doença infecciosa parasitária causada por um protozoário do gênero *Leishmania* pertencente a família *Trypanosomatidae*, classificada como uma doença tropical negligenciada que está associada à pobreza e às más condições de vida. O Brasil lidera o rank dos países com o maior número de notificações, sendo que a região norte é líder, seguida da região nordeste, sudeste e sul. O estado do Pará apresenta o maior número de casos da doença na região norte, com ocorrência heterogênea nas suas microrregiões, com menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nacional, relacionado à educação, saúde e renda enquanto importante indicador de qualidade de vida. O objetivo deste estudo visa compreender o cenário epidemiológico da LTA e sua relação com condicionantes socioeconômicas, ambientais e de políticas públicas em saúde no estado do Pará no período de 2011 a 2022. O estudo foi do tipo ecológico, exploratório, transversal e descritivo, com a utilização de dados secundários obtidos no Ministério da Saúde, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foram realizadas análises estatísticas e espaciais com o uso dos softwares Bioestat 5.4 e Arcgis 10.5.1, assim como foi utilizado um sistema *fuzzy* para identificação de fatores de risco para a doença, utilizando linguagens de programação Python e a técnica de análise espacial bivariada Global Moran. Os resultados apontam que a microrregião de Altamira apresentou o maior percentual de risco para a doença, enquanto a de Breves apresentou o menor, com diferenças significativas na relevância de seus condicionantes ambientais, IDHM-M e oferta de serviços. Além disso, evidenciou-se que a distribuição espacial e epidemiológica da doença no município de Castanhal apresenta uma alta densidade de casos de LTA na sede do município. Também foi observado uma dependência espacial das diferentes classificações da prevalência da doença em relação aos gradientes do IDHM-Médio das microrregiões e o conhecimento dos profissionais de saúde sobre a ocorrência, diagnóstico e fatores de risco. Esses dados sugerem a relação direta da leishmaniose tegumentar americana com seus fatores de risco ambientais, socioeconômicos e de políticas públicas, evidenciando a necessidade de intensificação de vigilância epidemiológica, ambiental e de educação permanente em saúde nas áreas estudadas.

**Palavras-chave:** Leishmaniose Tegumentar Americana, Fatores de risco, Vigilância epidemiológica, Lógica *Fuzzy*, Políticas públicas, Educação permanente.

## **ABSTRACT**

### **A SPATIAL DISTRIBUTION, EPIDEMIOLOGICAL, SOCIOECONOMIC, AMBIENTAL AND POLITICS OF AMERICAN CUTANEOUS LEISHMANIASIS IN THE STATE OF PARÁ, BRAZIL**

American cutaneous leishmaniasis (ATL) is an infectious parasitic disease caused by a protozoan of the genus *Leishmania* belonging to the Trypanosomatidae family, classified as a neglected tropical disease that is associated with poverty and poor living conditions. Brazil ranks the countries with the most notifications, with the northern region being the leader, followed by the northeast, southeast and south regions. The state of Pará has the highest number of cases of the disease in the northern region, with heterogeneous occurrence in its microregions, with a lower national Human Development Index (HDI), related to education, health and income as an important indicator of quality of life. The objective of this study aims to understand the epidemiological scenario of ATL and its relationship with socioeconomic, environmental and public health policy conditions in the state of Pará in the period from 2011 to 2022. The study was ecological, exploratory, transversal and descriptive, with the use of secondary data obtained from the Ministry of Health, the National Institute for Space Research and the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Statistical and spatial analyses were carried out using Bioestat 5.4 and Arcgis 10.5.1 software and a fuzzy system to identify risk factors for the disease using Python programming languages and the Global Moran bivariate spatial analysis technique. The results indicate that the microregion of Altamira presented the highest percentage of risk for the disease, while that of Breves presented the lowest, with significant differences in the relevance of their environmental conditions, IDHM-M and provision of services. Furthermore, it was evident that the spatial and epidemiological distribution of the disease in the municipality of Castanhal presents a high density of ATL cases in the municipality's headquarters. A spatial dependence of the different classifications of disease prevalence was also observed in relation to the gradients of the MHDI-Medium of the microregions and the knowledge of health professionals about the occurrence, diagnosis and risk factors. These data suggest a direct relationship between American cutaneous leishmaniasis and its environmental, socioeconomic and public policy risk factors, highlighting the need to intensify epidemiological and environmental surveillance and ongoing health education in the areas studied.

Palavras-chave: American cutaneous leishmaniasis, risk factors, epidemiological vigilance , fuzzy logics, Public politics, permanent education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fêmea adulta de *Lutzomyia* spp. Ingerindo sangue sobre a pele humana

Figura 2 Leishmaniose cutânea.

Figura 3 Leishmaniose mucocutânea.

Figura 4 Número de casos notificados de leishmaniose cutânea, Região das Américas, 2001-2021.

Figura 5 Microrregiões paraenses.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Organização Pan-Americana da Saúde. Sistema de Informação Regional de Leishmanioses nas Américas (SisLeish), 2022.

Tabela 2 - Quantitativo populacional por microrregião, no estado do Pará.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APS	Atenção Primária em Saúde
CNES	Cadastro Nacional Estabelecimentos de Saúde
EPIGEO	Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Médio
IDHM-M	Índice de Desenvolvimento Humano Médio Municipal
LTA	Leishmaniose Tegumentar Americana
MA	Meglumina
NMG	<i>N</i> -metil glucamina
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SB	Antimônio
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SUS	Sistema único de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 Leishmaniose tegumentar americana (LTA): Etiologia</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 Formas Clínicas da LTA</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 Diagnóstico da LTA</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4 Tratamento da LTA</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5 Epidemiologia da LTA</b> .....	<b>9</b>
<b>1.6 Fatores relacionados com a ocorrência da LTA</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 Políticas públicas relacionadas com a LTA .....	15
1.1.2 Geoprocessamento em saúde/ Análise espacial.....	17
1.1.3 Inteligência artificial: Lógica <i>fuzzy</i> .....	18
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	20
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	20
<b>3 RESULTADOS (Artigos)</b> .....	<b>21</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>24</b>
<b>APÊNDICE - QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXOS A - QUANTITATIVO POPULACIONAL POR MICRORREGIÃO, NO ESTADO DO PARÁ</b> .....	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Leishmaniose tegumentar americana (LTA): Etiologia

A leishmaniose tegumentar americana (LTA) é uma doença infecciosa parasitária causada por um protozoário do gênero *Leishmania* pertencente à família *Trypanosomatidae*, classificada como uma doença tropical negligenciada que está associada à pobreza e às más condições de vida, sendo considerada como uma das seis doenças infecciosas mais importantes do mundo (Scsesufefe, 2021; Brasil, 2022).

Os vetores da LTA são insetos denominados flebotomíneos pertencentes à Família *Psychodidae* do Gênero *Lutzomyia*, popularmente conhecido como mosquito-palha, birigui, ligeirinho ou tatuquira. No Brasil, já foram identificadas sete espécies, sendo seis do subgenero *Viannia* (V) e uma do subgenero *Leishmania* (L). As três principais espécies são *L. (V.) braziliensis*, *L.(V.) guyanensis* e *L.(L.) amazonensis* e, mais recentemente, as espécies *L. (V.) lainsoni*, *L. (V.) naiffi*, *L. (V.) lindenberg* e *L. (V.) shawi* foram identificadas em estados das regiões Norte e Nordeste (Brasil, 2017; Belo *et al.*, 2023) (Figura 01).



Figura 01: Femea adulta de *Lutzomyia* spp. Ingerindo sangues sobre a pele humana.

Fonte: Maia-Elkhoury, 2021.

Os reservatórios são considerados o conjunto de espécies de mamíferos

responsáveis pela manutenção de uma população de parasitas na natureza, esse conjunto de espécies é definido em uma escala espaço-temporal em que cada espécie hospedeira desempenha um papel na transmissão em um determinado momento como um hospedeiro de manutenção ou hospedeiro amplificador dependendo da expressão de características favoráveis ao parasita, como a manutenção de maior número de parasitas circulando no sangue ou na pele que causam a LTA (Roque; Jansen, 2014; Ávila-Jiménez; Gutiérrez; Altamiranda-Saavedra, 2023).

A *Leishmania spp* tem um ciclo de vida digenético, envolvendo um estágio promastigota que é flagelada e extracelular móvel que parasita o trato digestório de um vetor flebotomíneo e um estágio amastigota imóvel, intracelular e sem movimentos que sobrevive e se replica nos fagolisossomos de fagócitos mononucleares (Brasil, 2017; Cecílio; Cordeiro-da-Silva; Oliveira, 2022).

## 1.2 Formas Clínicas da LTA

As formas clínicas da LTA são descritas como cutânea (localizada, disseminada ou difusa) e mucosa ou mucocutânea, enquanto o desenvolvimento da doença depende da espécie de *Leishmania*, da carga parasitária e de fatores relacionados ao vetor e hospedeiros (Germanó *et al.*, 2022). Na LTA a parasita afeta o revestimento do tecido epitelial, causando lesões cutâneas. Entretanto, dependendo da espécie do patógeno, o parasita pode acessar a via hematogênica (Scorza; Carvalho; Wilson, 2017).

Na forma cutânea, ocorre a presença de lesão com características ulcerativas, com bordas elevadas, limites definidos, formato oval, indolor e de fundo granuloso. Na forma mucosa, há ulcerações em laringe, nasofaringe e cavidade oral (Brasil, 2017; Ngere *et al.*, 2020; Portella; Kraenkel, 2021). As possíveis deformidades decorrentes das ulcerações resultantes da LTA são relevantes, pois impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas com a doença, engendrando o sofrimento das mesmas pelo preconceito social. Estas lesões ocorrem de inúmeras formas, podendo não ser evidentes, ou podem se espalhar afetando a pele e as membranas mucosas (Ferreira *et al.*, 2022). (Figuras 02 e 03).



Figura 02: Leishmaniose cutânea.

Fonte: Maia-Elkhoury, 2021.



Figura 03: Leishmaniose mucocutânea.

Fonte: Maia-Elkhoury, 2021.

### 1.3 Diagnóstico da LTA

O diagnóstico da LTA é complexo e deve considerar o contexto epidemiológico e a necessidade de diferenciação das dermatoses granulomatosas (Tirelli; Vernal; Roselino, 2017). A confiabilidade e a rapidez do diagnóstico diferencial são fundamentais para garantir o tratamento rápido e adequado da pessoa infectada e estabelecer estratégias de intervenção importantes para o controle desta doença (Moreira; Yadon; Cupolillo, 2018). Nas análises laboratoriais, os principais métodos diagnósticos utilizam a detecção de respostas imuno celulares ou humorais à infecção por *Leishmania*, além da presença do parasita ou de seu material genético (Pena *et al.*, 2020; Scsesufele., 2021; Ferreira *et al.*, 2022).

Os testes que detectam as respostas imunes geralmente apresentam alta sensibilidade, mas possuem baixa especificidade. O contrário ocorre com exames que objetivam visualizar o parasita, que apresentam alta especificidade e baixa sensibilidade. Diagnósticos moleculares também têm sido utilizados, embora seu seja limitado pela necessidade de centros especializados para a realização da técnica, bem como pelo seu alto custo (Pena *et al.*, 2020; Scsesufele., 2021; Ferreira *et al.*, 2022). Nos dias atuais, não existe uma estratégia de tratamento eficaz, acessível e seguro nem uma vacina aprovada contra a LTA, e os tratamentos disponíveis apresentam toxicidade (Melo *et al.*, 2020).

## 1.4 Tratamento e profilaxia da LTA

O início de 1900, a LTA foi tratada com sais trivalentes de antimônio (Sb) III, mais especificamente tartarato de antimônio e potássio ou tártaro emético, mas a administração desses compostos foi descontinuada após o desenvolvimento de medicamentos menos tóxicos à base de Sb V. Exemplos de agentes Sb (V) são gluconato de antimônio V de sódio (*sin.* estibogluconato de sódio), que está disponível nos Estados Unidos, Europa e China, e antimoniato de meglumina (MA) (*sin.* N-metil glucamina: NMG), que é a droga de escolha na África e na América Latina. Ambos os agentes Sb (V) têm mecanismos de ação, farmacocinética e eficácia semelhantes (De Vries; Reedijk; Schallig, 2015).

As estratégias para reduzir a leishmaniose tegumentar limitam-se ao controle vetorial e a terapia convencional para leishmaniose cutânea e mucocutânea, e no Brasil é o antimoniato de meglumina (MA) (Scsesufele, 2021), um medicamento de difícil administração e, por ser altamente tóxico, pode induzir efeitos adversos graves (López *et al.*, 2022). O tratamento com anfotericina B lipossomal intravenosa, que é menos tóxica que o MA, é recomendado para indivíduos com mais de 50 anos de idade e aqueles que sofrem de condições clínicas específicas (Brasil, 2017; De Oliveira Rego *et al.*, 2023). Já existem estudos em andamento para o desenvolvimento de vacinas para a doença e sua avaliação em diferentes populações, e um imunizante poderia fornecer uma estratégia adicional para o controle da LTA, reduzindo sua morbidade e mortalidade (Martins, 2020).

Os testes com vacinas de primeira geração *contra Leishmania*, compostas de parasitas inativos não foram eficazes como profilaxia, mas apresentaram resultados satisfatórios em associação com os tratamentos existentes (Younis *et al.*, 2021). As vacinas de segunda geração avaliadas em ensaios clínicos foram poliproteicas recombinantes, formuladas com uma variedade de adjuvantes baseados em lipídios, principalmente voltados para provocar respostas de células TCD4<sup>+</sup>, mas esses estudos não conseguiram demonstrar eficácia terapêutica (Iborra *et al.*, 2018).

## 1.5 Epidemiologia da LTA

Existe uma ampla distribuição mundial da LTA, principalmente no continente americano com registros de casos desde o sul dos Estados Unidos ao norte da

Argentina, com exceção do Chile e do Uruguai (OPAS, 2022). Estima-se que 1 milhão de casos de LTA ocorram anualmente, o que gera problemas socioeconômicos significativos para as populações afetadas (Belo *et al.*, 2023).

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2022), destaca que 17 países da região das américas notificaram 1.105.545 casos de leishmaniose cutânea (LC) e leishmaniose mucosa (LM), com uma média de 52.645 casos, no período de 2001 a 2021. A região andina e o Brasil registaram 896.790 casos, correspondendo respectivamente a 40,79% e 37,60% dos casos das Américas. No entanto, no mesmo período, a sub-região da América Central teve uma incidência média de 32,36 casos por 100.000 habitantes, 83% superior à incidência média da região das Américas de 17,67 casos por 100.000 habitantes, indicando um aumento da doença nesta região.

No decorrer das últimas décadas, foi observada uma tendência de redução do número de casos de LTA (LC e LM) na região das Américas. Porém, nos primeiros cinco anos (2001-2005), a tendência foi crescente, atingindo em 2005 o maior número anual de casos registrados (67.949). A região andina é a sub-região com uma tendência que mais se assemelha à das Américas, ao passo que no Brasil e no Cone Sul ocorreu um decréscimo no número de casos e a América Central demonstrou tendência de estabilidade neste período (OPAS, 2022) (Figura 04).

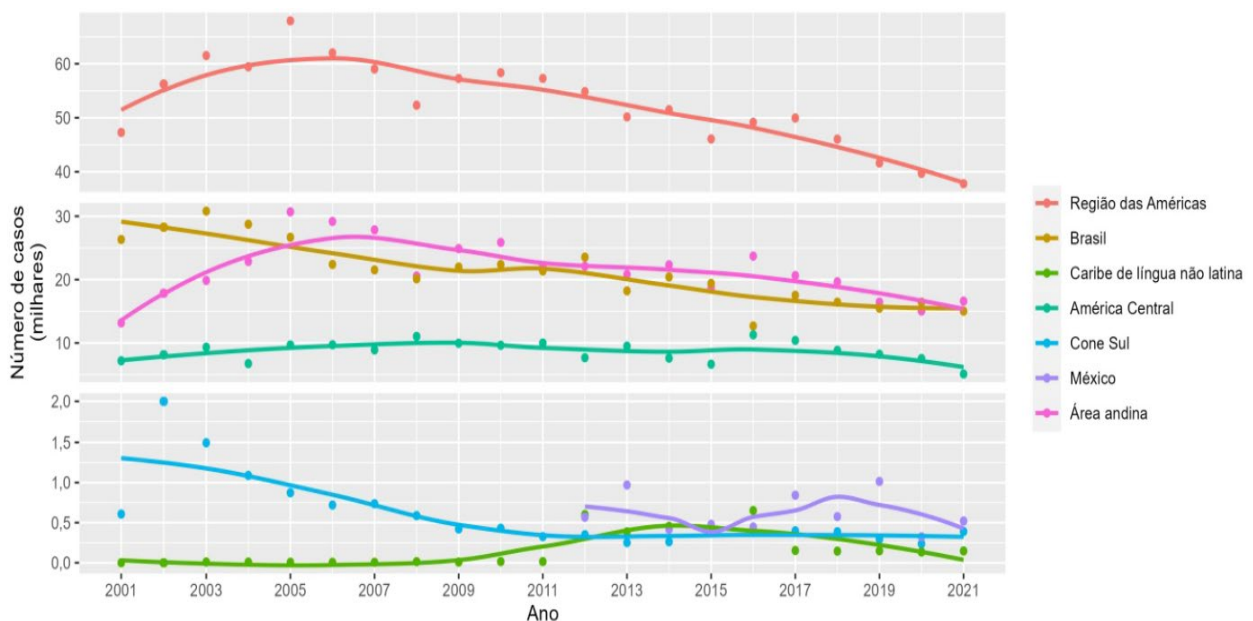


Figura 4: Número de casos notificados de leishmaniose cutânea, Região das Américas, 2001-2021.

Fonte: Organização Pan-Americana da Saúde. Sistema de Informação Regional de Leishmanioses nas Américas (SisLeish). Washington, DC: OPAS; 2022.

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2022), no período de 2017-2021 foi observada uma redução no número de casos de LC e LM (24%) decorrente da diminuição de 14,3% no Brasil, 20,5% na Colômbia, 71,2% na Nicarágua e 21,6% no Peru (Tabela 01).

Tabela 1 - Série histórica do número de casos de leishmanioses cutânea e mucosa, Região das Américas, 2001-2021.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Região das Américas	47 286	56 243	61 518	59 439	67 949	62 017	59 027	52 324	57 265	58 347	57 287	54 842	50 163	51 491	46 074	49 165	49 949	46 041	41 617	39 705	37 786	
Argentina	157	748	348	358	282	257	201	208	163	166	140	173	90	138	334	241	306	303	241	182	337	
[Estado Plurinacional da] Bolívia	2043	2518	2452	2819	2657	3152	3153	1838	1218	1809	1636	1767	2016	1683	2231	2222	2283	3127	2052	2059	2166	
Brasil	26 328	28 268	30 812	28 737	26 685	22 397	21 530	20 123	21 989	22 387	21 306	23 547	18 226	20 418	19 395	12 690	17 526	16 432	15 484	16 432	15 023	
Colômbia	4130	7038	9267	10 698	18 043	16 241	13 331	9595	15 420	14 818	9684	9757	9353	11 586	7541	10 966	7764	6362	5907	6161	6175	
Costa Rica	425	690	948	1061	1676	1870	1807	818	2025	1143	1376	1453	1950	2150	1171	1148	2224	1247	601	528	563	
Equador	1754	1253	1336	2494	1925	1536	1185	1479	1735	1629	965	1512	873	1175	1479	1197	1632	1237	1104	1047	1251	
El Salvador	18	46	24	76	24	46	36	31	SD	4	17	21	16	29	20	13	44	50	230	39	50	
Guatemala	SD	1549	1143	870	1243	602	287	494	519	410	549	572	664	258	562	835	775	1044	1167	1121	836	
Guiana	SD	SD	10	9	7	6	6	14	9	15	15	7	4	64	132	396	21	27	19	12	3	
Honduras	957	1260	1684	797	1574	1300	855	1759	1502	1362	1736	1927	2074	1936	2040	2671	1854	1636	1985	1467	1119	
México	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	468	567	970	418	479	447	842	576	1014	324	520		
Nicarágua	2924	2200	3716	2103	3521	2125	3719	5826	4047	3497	3235	1884	3035	1649	1925	5423	4343	3722	3321	3443	1251	
Panamá	2862	2390	1821	1837	1649	3774	2199	2109	1866	3221	3221	1811	1762	1581	930	1198	1164	1143	920	938	1286	
Paraguai	450	1251	1148	731	591	463	535	380	259	264	184	177	162	124	122	135	92	84	52	54	53	
Peru	5238	7032	6809	6849	8072	8248	10183	7650	6512	7612	11204	6969	6948	6231	5459	7271	6631	6321	5349	4178	5201	
Suriname	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	594	382	390	241	255	132	118	130	122	144
[República Boliviana da] Venezuela	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1551	2104	1638	1661	2013	2057	2326	2612	2041	1598	1808	

Fonte: Organização Pan-Americana da Saúde. Sistema de Informação Regional de Leishmanioses nas Américas (SisLeish), 2022.

A eliminação da LTA é prioridade para a Organização Mundial da Saúde (OMS), mas a indisponibilidade de informações sobre os casos em países, como Colômbia e Argentina, prejudica o combate a essa patologia (OPAS, 2022). Apesar de ser endêmica em 90 países em todo o mundo, mais de 85% dos casos da doença ocorrem em apenas 10 países, sendo um destes o Brasil, onde a doença é considerada um grave problema de saúde pública, pois o mesmo é líder em notificações de casos na América, seguido pelo Peru, Nicarágua e Bolívia (OPAS, 2022). No território brasileiro, essa zoonose é considerada de notificação compulsória, conforme preconiza a Portaria MS. Nº 264 de 17 de fevereiro de 2020, que tem como objetivo assegurar a vigilância epidemiológica e ambiental necessária para compreender a epidemiologia da doença no país (Brasil, 2020).

De acordo com o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN),

foram registrados 213.369 casos confirmados de leishmaniose tegumentar americana no Brasil entre os anos de 2011 e 2021, com tendência de decréscimo, com redução de 44% no registro de casos. A região Norte lidera o ranking de notificações, seguida das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Brasil, 2023).

Na região Norte, ocorreram 45% dos casos positivos do território nacional (96.635), com destaque para o estado do Pará, com cerca de 38% dos casos (36.894) da região. Na região Nordeste, ocorreram 27% dos casos (58.643), dos quais cerca de 46% dos casos (27.340) foram originários do estado da Bahia. Na região Centro-Oeste, foram diagnosticados 31.059 casos (14 % dos registros), dos quais cerca de 78% das notificações (24.223 casos) pertencem ao estado do Mato Grosso. Na região Sudeste, foram notificados 23.237 casos (18,6% dos casos do Brasil), sendo aproximadamente 74% dos registros (17.126 casos), advindos do estado de Minas Gerais. Na região Sul, cerca de 1,7% casos ocorreram (3.795), dos quais cerca de 92% (3.486 casos) são originários do estado do Paraná (Brasil, 2023).

Segundo o SINAN, o estado do Pará lidera o número de casos de Leishmaniose cutânea na região Norte do Brasil, sendo que o número de casos da doença apresenta grande disparidade quando consideramos a sua distribuição nos diversos municípios que pertencem a esse estado. Nesse período foi registrada redução de cerca de 52%, com tendência de decréscimo, sendo a maior parte das notificações da forma cutânea (36.003 casos), seguida pela forma mucosa (889 casos) (Brasil, 2023).

O estado do Pará está dividido em 22 microrregiões, que englobam os seus 144 municípios, conforme pode ser observado na figura 05, com uma população total de 8.120.131 habitantes, Anexo A (IBGE, 2022). Esta divisão geopolítica e administrativa é utilizada para referenciar características geográficas dos municípios que formam estes territórios, bem como analisar as diferenças dos seus indicadores socioeconômicos e ambientais (Andrade, 2021), estes indicadores podem influenciar diretamente na ocorrência de várias nosologias, tais como a LTA.

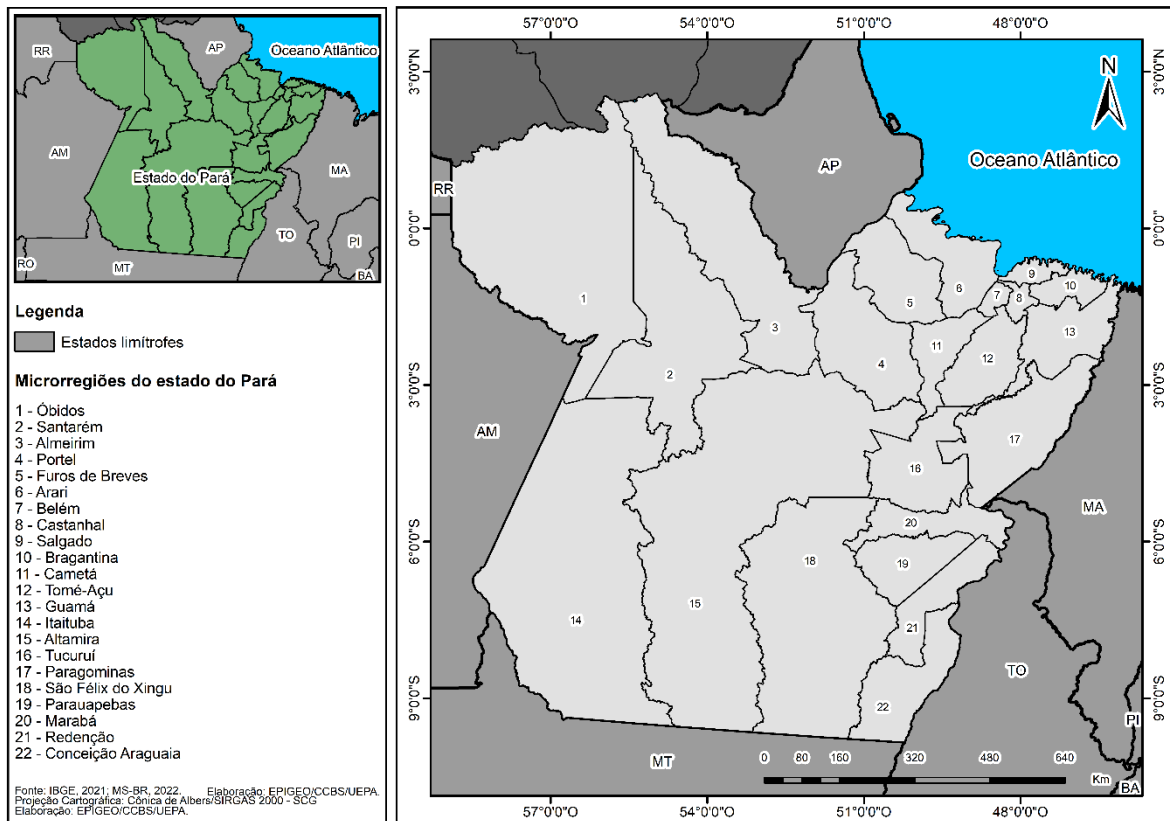


Figura 05: Microrregiões do estado do Pará, Brasil.

Fonte: IBGE, 2021; MS-BR, 2022.

Neste contexto, este estado com um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) nacional, relacionado à educação, saúde e renda, enquanto importantes indicadores de qualidade de vida, tem se tornado emblemático no processo de criação de cenários epidemiológicos de diversas doenças infecciosas, como a LTA, onde a conjunção de maneira formal, sistêmica e processual destes critérios de avaliação pode possibilitar o evidenciamento de diversas situações nosológicas da doença (Gonçalves *et al.*, 2021).

A ocorrência da LTA no estado do Pará tem sido associada diretamente às ocupações desordenadas do ambiente urbano, exposição ocupacional e ao desmatamento (Oliveira *et al.*, 2020). Além disso, o controle dos seus diversos vetores é um processo complexo, onde a ampla diversidade social, econômica e ambiental nas áreas afetadas deve ser considerada (De Mello; De Lima Junior; Marques, 2020).

Em decorrência da heterogeneidade social e ambiental que caracterizam as microrregiões do Pará as ações dirigidas ao combate do vetor visando o controle da LTA não têm sido efetivas em sua plenitude (Araujo *et al.*, 2016; Abraão *et al.*, 2020). O desenvolvimento de estratégias para o controle da doença deve ser elaborado para cada microrregião, considerando a especificidade e necessidade de cada uma, objetivando evitar a manutenção do ciclo de transmissão da LTA, levando em consideração a sua epidemiologia.

### **1.6 Fatores relacionados com a ocorrência da LTA**

A observação de que alterações climáticas originadas pela urbanização, uso e ocupação da terra, agricultura, pastagem, construção de estradas, exploração madeireira, mineração e construção hidrelétrica estão sendo associadas à ocorrência de doenças em vários territórios brasileiros, incluindo nas microrregiões do estado do Pará (Rodrigues *et al.*, 2019) Estudos ecológicos como esse têm mostrado que o desmatamento de florestas primárias está relacionado as mudanças ambientais que influenciam diretamente o ciclo da água, a emissão de carbono e no microclima, elementos que impactam no ciclo de transmissão de doenças com presença de vetor como a leishmaniose tegumentar.

Estes fatores ambientais têm influenciado o evento da LTA no estado do Pará, provocando mudanças no padrão de relatos com ocorrência em zonas periurbanas e urbanas das suas microrregiões, relacionadas à expansão de atividades produtivas de caráter extrativista, que causam um intenso impacto socioambiental pelo desmatamento da floresta nativa, em decorrência da implementação de projetos governamentais que objetivavam ocupar o território e explorar economicamente o estado, estimulando uma intensa migração desordenada para exercer atividades laborais associadas à exploração madeireira, mineradora, a expansão da fronteira agropecuária, a abertura de rodovias e a urbanização ao longo das mesmas, que causou um desequilíbrio nos diversos biomas paraenses (Gonçalves *et al.*, 2020).

Os fatores socioeconômicos relacionados às condições de vida da população podem aumentar a carga da doença, prolongando o seu curso clínico. Estudos ecológicos têm apontado a dimensão complexa da pobreza, sendo um grande fator de risco para a ocorrência da LTA com inclusão das desigualdades e

vulnerabilidades sociais, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ocupação e educação.

O Pará apresenta um dos menores indicadores de desenvolvimento Humano do país, apresentando um panorama propício ao desenvolvimento de enfermidades relacionadas à pobreza. O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), em uma escala de 0 - 1, classifica o desenvolvimento humano, com base no IDH, em muito baixo (0,000 e 0,499), baixo (0,500 a 0,599), médio (0,600 a 0,699), alto (0,700 a 0,799) e muito alto ( $\geq 0,800$ ), ou seja, quanto mais próximo de zero menor o IDH, mais próximo de 1 mais alto. Com isto, as desigualdades sociais e de saúde são mensuradas, pois o IDH é composto por três indicadores, como longevidade, educação e renda, que denotam as condições para uma sociedade ter qualidade de vida, com acesso ao conhecimento e aos recursos necessários do seu padrão de vida (Baldan; Ferraudo; Andrade, 2017; Brasil, 2022). Outrossim, os determinantes sociais da LTA estão intimamente ligados à dinâmica espacial, como as características da área e os padrões de agregação geográfica (Gonçalves *et al.*, 2020).

### 1.1.1 Políticas públicas relacionadas com a LTA

A Atenção Primária em Saúde (APS), enquanto uma política pública, tem se constituído a porta de entrada da população brasileira para os serviços ofertados pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Dentre os seus principais objetivos, destaca-se a promoção e a prevenção dos agravos que impactam na qualidade de vida de populações, tendo enfrentado grande desafio para a sua implementação efetiva, dada a precariedade da oferta e cobertura dos serviços de saúde nos territórios, o que constitui um fator de risco para a vigilância em saúde de diversas doenças infecciosas, tais como a LTA (Fialho *et al.*, 2022; García *et al.*, 2022).

Destaca-se a necessidade de implementação de políticas públicas através da oferta e cobertura de serviços direcionadas ao acompanhamento de oferta e cobertura de serviços direcionadas ao acompanhamento da transmissão da LTA no território paraense, considerando um conjunto de ações estratégicas para a tomada de decisão que devem priorizar esforços no sentido de mitigar a doença no estado (Gonçalves *et al.*, 2019). Assim sendo, as políticas públicas de financiamento para promoção e prevenção de doença devem objetivar maior oferta de serviços e

estabelecimentos de saúde habilitadas e qualificadas pelas secretarias municipais para a maior cobertura e alcance populacional, visando o fortalecimento de ações de vigilância e monitoramento da leishmaniose tegumentar americana nas microrregiões do estado do Pará (Souza *et al.*, 2023).

Ressalta-se ainda a necessidade do conhecimento sobre a ocorrência, diagnóstico e os fatores de risco da doença por parte dos profissionais de saúde que atuam na rede de atenção em saúde - RAS dos municípios, como sendo primordial para o alinhamento entre atenção primária, secundária e a vigilância epidemiológica em saúde, com o intuito de minimizar os impactos sociais e econômicos da doença para o poder público (Andrade, 2021).

Desta maneira, tem sido observada a precariedade da oferta de profissionais de saúde para desenvolver ações eficazes relacionadas à vigilância em saúde de doenças negligenciadas, como a LTA, implementando políticas públicas de educação permanente direcionadas para o conhecimento do processo de transmissão, diagnóstico e tratamento desta doença, se constitui de um grande desafio para a gestão pública em saúde, principalmente no que diz respeito à identificação de necessidade de educação continuada em escalas locais como as microrregiões do estado (Rodrigues, 2023; Da Silva; Jorge, 2023).

Desta forma, a qualificação dos profissionais de saúde, enquanto ação estratégica para a tomada de decisão, pode possibilitar a mitigação da doença (Gonçalves *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2023). Deste modo, as políticas de educação permanente precisam ser desenvolvidas pelas secretarias municipais, sobretudo para a atenção primária visando o conhecimento da doença, representando uma estratégia para o enfrentamento da LTA (Da Silva; Jorge, 2023).

Outra política relevante é a de provimento e fixação de médicos, enfermeiros, biomédicos, fisioterapeutas e outros profissionais de nível superior a frente dos serviços de saúde para o preenchimento de lacunas denominadas de “vazios sanitários”, constitui de uma grande estratégia sustentável para cobertura em áreas rurais e remotas, buscando incentivo para a retenção destes profissionais na atenção primária em saúde, visando maior compreensão do cenário epidemiológico existentes nesses territórios longínquos e de pouco acesso, considerando os princípios de universalidade, integralidade e equidade do Sistema Único de Saúde – SUS (De Andrade., *et al* 2019).

### 1.1.2 Geoprocessamento em saúde/ Análise espacial

O geoprocessamento e a estatística espacial são atualmente amplamente utilizadas na Vigilância Epidemiológica e Ambiental da LTA, porém, a dimensão determinística de suas técnicas limita a produção de informações contextualizadas por possíveis imprecisões geradas na relação entre a doença e variáveis ambientais e socioeconômicas, bem como por elementos indutores (fluxo migratório e aumento da urbanização desordenada) cujas consequências são observados em diferentes escalas geográficas (De Oliveira *et al.*, 2021).

Nesta conjunção, a análise da distribuição espacial da LTA pode além de mostrar a realidade, facilitar a realização de pesquisas e auxiliar no planejamento e controle da doença em todas as áreas. É um recurso que tem sido amplamente utilizado na área da saúde e seus resultados têm contribuído para a detecção de áreas de transmissão da doença e para a redefinição de distribuição da rede de assistência de saúde dentro de uma determinada localidade visando a sua mitigação (Gonçalves *et al.*, 2019).

Em destaque, a análise espacial de dados tem sido utilizada nas últimas décadas de forma expressiva em estudos epidemiológicos, devido à mesma permitir a caracterização da distribuição geográfica de doenças e seus fatores de risco, além da abrangência territorial de políticas públicas em saúde, como por exemplo, a cobertura de serviços e Cadastro Nacional Estabelecimentos de Saúde (CNES), nos municípios adstritos pelas microrregiões do estado (Gonçalves *et al.*, 2021).

A estatística espacial constitui-se como um estudo envolvendo a caracterização, modelagem e a análise de variáveis aleatórias que possuem uma estrutura espacial ou espaço-temporal. Seu principal objetivo é determinar a possibilidade de ocorrência de um fenômeno em um determinado espaço geográfico ao longo do tempo (Guimarães-e-Silva *et al.*, 2023).

Configura-se como a utilização das relações e espaço em cálculos matemáticos, como área, volume, distancia, altura, comprimento, orientação e centralidade, considerando a localização e a posição exata do espaço e do acontecimento. Neste sentido, evidencia-se a identificação do evento ou fenômeno como pontos localizados no espaço (Troleis *et al.*, 2015). Dentre as ferramentas da

estatística espacial destaca-se o índice de Moran proposto por Luc Ancelin em 1994 para a testagem da autocorreção local e detecção de objetos espaciais com influência no indicador, ou seja, valores significativamente altos e positivos apontam a presença de um “cluster”, tanto de valores iguais, tanto altos como baixo; valores significativamente baixos indicam um regime espacial de desigualdade na região e um padrão específico (Matsumoto *et al.*, 2022; Guimarães-e-Silva *et al.*, 2023).

### 1.1.3 Inteligência artificial: Lógica *fuzzy*

Atualmente, outra forma de analisar os dados epidemiológicos tem sido através da Inteligência Artificial, que é definida como uma abordagem moderna baseada na ciência da computação, desenvolvendo programas e algoritmos que tornaram os dispositivos inteligentes e eficientes na execução de tarefas que outrora dependiam exclusivamente da inteligência humana qualificada. A inteligência artificial envolve diferentes subconjuntos, incluindo aprendizado de máquina, aprendizado profundo, redes neurais convencionais e lógica *fuzzy* (Manickam *et al.*, 2022; Engineering *et al.*, 2023).

A lógica *fuzzy* como técnica da inteligência artificial é capaz de facilitar a compreensão da ocorrência das doenças e suas relações com os seus diversos fatores de risco ambientais e socioeconômicos (Engineering *et al.*, 2023). Em estudos ecológicos a lógica *fuzzy* é usada para modelar a incerteza e a variabilidade presentes nos dados ambientais, podendo ajudar a gerenciar sistemas complexos onde as relações entre variáveis nem sempre são claras ou têm limites confusos. Nesses estudos, a referida técnica tem sido usada na análise de riscos relacionados ao uso e ocupação da terra, como mineração, desmatamento e pastagem, além daqueles relacionados à escolaridade, renda e qualidade de vida. Além disso, a utilização dessa técnica pode contribuir no processo de tomada de decisão em saúde (Chaves *et al.*, 2017; Andrade; Andrade, 2022; De Souza *et al.*, 2023).

Neste sentido, a utilização de sistemas baseados em lógica *fuzzy* pode contribuir para a produção de informações mais significativas sobre a ocorrência da doença no estado do Pará. Isto é especialmente verdadeiro quando comparado a sistemas determinísticos que operam com lógica binária e apresentam limitações ao processamento de dados qualitativos imprecisos, como a classificação do desmatamento como muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto (Manickam et

al., 2022; De Souza *et al.*, 2023; Costa *et al.*,2024). Esta técnica, originalmente desenvolvida na área da Inteligência Artificial, permite o processamento de dados imprecisos e tem sido utilizada em sistemas de diagnóstico e prognóstico na área da saúde, mais recentemente, na epidemiologia (Jensen *et al.*, 2012).

A partir do exposto foi evidenciada a necessidade de estudos sobre a distribuição espacial da LTA, com a utilização da lógica *fuzzy* considerando a sua ocorrência nos municípios paraenses adstritos por microrregiões, e sua relação com fatores condicionantes para o seu estabelecimento, já que esta doença constitui um importante agravo à saúde pública, o que torna relevante aprofundar o conhecimento dos seus condicionantes a fim de elucidar a real situação nos territórios, com a estratificação da vulnerabilidade social dos mesmos (De Souza *et al.*, 2023).

Ressalta-se ainda que, a expressão gráfica destas relações em termos de mapas temáticos e ou coropléticos contribuirá para o estabelecimento de uma memória epidemiológica sistemática da doença, em conformidade com as necessidades do tempo presente, sobretudo por se tratar de uma doença cujos indicadores apresentam diferenças significativas relacionadas aos municípios adstritos por microrregião no estado , que possuem características demográficas, socioeconômicas, territoriais e epidemiológicas diferenciadas (Da Costa *et al.*,2023).

Neste contexto, a análise da ocorrência da leishmaniose tegumentar e sua relação com condicionantes ambientais, socioeconômicas e de políticas públicas em saúde como a implementação de programas e oferta de serviços para diagnóstico e assistência da doença, nos diversos municípios adstritos nas microrregiões do Pará constitui-se de um grande desafio para a geração de insumos informacionais voltados para a gestão estratégica, tática e operacional da doença, visando o seu acompanhamento e controle.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Compreender o cenário epidemiológico da LTA e sua relação com condicionantes socioeconômicas, ambientais e de políticas públicas em saúde no estado do Pará no período de 2011 a 2022.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analisar as relações entre o risco de estabelecimento da LTA e as condicionantes epidemiológicas, ambientais e socioeconômicas nas microrregiões do estado do Pará;
- Analisar a distribuição espacial da LTA e sua epidemiologia em um município com cenário dinâmico da doença e representativo de uma microrregião do estado do Pará;
- Identificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde a respeito da ocorrência, diagnóstico e fatores de risco da LTA e sua relação com a prevalência da doença nas microrregiões do estado do Pará.

### 3 RESULTADOS

Objetivo 1: Analisar a distribuição espacial da LTA e sua epidemiologia em um município com cenário dinâmico da doença e representativo de uma microrregião do estado do Pará, originou o artigo intitulado “Fuzzy and spatial analysis of cutaneous leishmaniasis in Pará State, Brazilian Amazon: an ecological and exploratory study” que foi publicado na revista *The Journal of Infection in Developing Countries*, indexada na plataforma scopus, Qualis B2 para Ciências Biológicas III.

Objetivo 2: Analisar as relações entre o risco de estabelecimento da LTA e as condicionantes epidemiológicas, ambientais e socioeconômicas nas microrregiões do estado do Pará, originou o artigo intitulado “A Leishmaniose Tegumentar Americana e seus Fatores de Risco Ambientais e de Políticas Públicas em Saúde, em Castanhal, Pará, Brasil” foi publicado na revista *Revista Amazônia Science & Health* indexada na plataforma Scopus.

Objetivo 3 visou identificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde a respeito da ocorrência, diagnóstico e fatores de risco da LTA e sua relação com a prevalência da doença nas microrregiões do estado do Pará, deu origem ao artigo intitulado “O NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE SOBRE A LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA, NO ESTADO DO PARÁ: ANÁLISE EXPLORATÓRIA, DESCRITIVA E TRANSVERSAL”, foi submetido ao periódico *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, indexada na plataforma scopus com Qualis B1 para Ciências Biológicas III.

Destaca-se a apresentação dos artigos a seguir:

## Original Article

**Fuzzy and spatial analysis of cutaneous leishmaniasis in Pará State, Brazilian Amazon: an ecological and exploratory study**

Simone BN Costa<sup>1</sup>, Claudia do SC Miranda<sup>1</sup>, Bruna C de Souza<sup>1</sup>, Heloisa Maria M e S Guimarães<sup>1</sup>, Camylle MC Faria<sup>1</sup>, Pedro S da S Campos<sup>2</sup>, Taiana MA Koury<sup>1</sup>, José Gabriel M da Paixão<sup>1</sup>, Alessandra L Leal<sup>1</sup>, Maria de Fátima P Carrera<sup>1</sup>, Silvana R de Brito<sup>2</sup>, Nelson V Gonçalves<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Amazon Epidemiology and Geoprocessing Laboratory, Faculty of Medicine, Pará State University, Belém, Brazil

<sup>2</sup> Cyberspace Institute, Amazon Rural Federal University, Belém, Brazil

**Abstract**

**Introduction:** This study sought to analyze the relationships between cutaneous leishmaniasis and its epidemiological, environmental and socioeconomic conditions, in the 22 microregions of Pará state, Brazil, for the period from 2017 to 2022.

**Methodology:** In this ecological and exploratory study, the microregions were used as spatial units because they are formed by contiguous municipalities with similar characteristics. The epidemiological, environmental, socioeconomic, and public health policy data employed were obtained from the official information systems at the Ministry of Health, National Institute for Space Research, and Brazilian Institute of Geography and Statistics. A fuzzy system was developed to identify risk factors for the disease, using Python programming language. The results were analyzed with the bivariate Global Moran spatial analysis technique.

**Results:** It was observed that the Altamira microregion had the highest risk percentage for the disease, while Breves had the lowest, with significant differences in the relevance of its conditioning factors, mainly related to land use and cover patterns, in addition to demography and living conditions index, education and public health policies.

**Conclusions:** The fuzzy system associated with the geostatistical technique was satisfactory for identifying areas with health vulnerability gradients related to deforestation, pasture, poverty, illiteracy, and health services coverage, as its conditioning variables. Thus, it was demonstrated that deforestation was the main risk factor for the disease. The system can also be used in environmental and epidemiological surveillance.

**Key words:** Cutaneous leishmaniasis; epidemiology; spatial analysis; fuzzy logic.

*J Infect Dev Ctries* 2024; 18(7):1124-1131. doi:10.3855/jidc.18639

(Received 29 May 2023 – Accepted 24 October 2023)

Copyright © 2024 Costa *et al.* This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Introduction**

Cutaneous leishmaniasis (CL) is an infectious disease caused by protozoans of the genus *Leishmania*. The main vectors for this disease are phlebotomine flies of the genus *Lutzomyia*, usually known in English as sandflies. CL is considered a major public health problem due to the work disabilities that it causes and its relationship with environmental and socioeconomic conditions [1,2].

In recent decades over 1,000,000 cases of CL have been recorded in Latin America, with an average of 53,387 per year and a decreasing trend, although in 2020 Brazil saw a slight increase in cases, which may be related to the COVID-19 pandemic [3]. During the same period, the state of Pará, which has 7,581,051 inhabitants and is located in the northern region of Brazil has undergone major environmental and socioeconomic changes due to the implementation of developmental policies that entail adverse

epidemiological scenarios in its territory. These changes may be observed at distinct levels in its 144 municipalities, which make up 22 microregions [4].

In that context, a significant increase in risk factors for CL was found, such as deforestation, mining, and pastures associated with the establishment of settlements that have precarious infrastructure and public services, including health coverage and health establishments (CHE). These conditions are found at different levels in the municipalities that form the microregions of Pará. It is thus possible that their association is related to the unequal occurrence of the disease in these territories [5].

Digital cartography and spatial statistics are currently widely employed in Epidemiological and Environmental Surveillance for CL. However, the deterministic dimension of their techniques limits the production of contextualized information because of possible inaccuracies generated in the relation between

the disease and environmental and socioeconomic variables [6], as well as inducing elements (migratory flow and increase in disorderly urbanization) whose consequences are observed at different geographical scales.

In this context, the use of systems based on fuzzy logic can contribute to the production of more significant information about the occurrence of the disease in the state of Pará. This is especially true when compared to deterministic systems that operate with binary logic and present limitations to the processing of imprecise qualitative data, such as the classification of deforestation as very low, low, moderate, high and very high [7]. This technique, that was originally developed in Artificial Intelligence science, enables the processing of imprecise data and has been used for diagnostic and prognostic systems in the health field, and more recently in epidemiology [8-10].

In light of the facts presented above and in order to contribute to the production of an epidemiological memory of the environmental production of CL in the Amazon, the purpose of this study was to analyze the relation between the risk of CL establishment (RCLE) and the epidemiological, environmental and socioeconomic conditionings in microregions of the state of Pará, for the 2017 to 2022 period, using a fuzzy system.

## Methodology

In this ecological and exploratory study, a fuzzy system entitled EPISIS – FUZZY V. Alpha was developed for estimating the risk factors for CL in 22 microregions of the state of Pará. For that purpose, data on environmental variables (deforestation, forest cover, pasture/mining, and secondary vegetation) were obtained from the TerraClass project of the Brazilian Space Research Institute [11]. Socioeconomic data on education and income were obtained from the 2010 Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Epidemiological data on the disease endemicity based on prevalence and CHE in the microregions were obtained from the Notifiable Disease Information System and the National Registry of Health Establishments of the Ministry of Health.

To operationalize the system, it was divided into three modules (input, processing, and output), which executed different routines. Thus, the input module was responsible for fuzzifying the data from the previously specified variables. For the environmental variables, the percentage of their occurrence in the microregions was used. For epidemiological variables, it was necessary to calculate the number of CL cases and of health establishments in relation to their population. For socioeconomic variables, the illiteracy rate and average per capita income per microregion were considered.

In terms of processing, the system was developed to operate with an inference engine based on a Mamdani algorithm [12], whose rules, were modeled by epidemiology specialists and drawn up according to the following syntax: If “antecedent” then “consequence”, with two or more fuzzified data being associated through logical operators and the consequent resulting in output values for the RCLE (Figure 1).

Thus, 10 rules were developed by combining the input variables, in order to correlate them with the output data. This process sought to combine the weights of the consequences of rules that were activated (with a degree of pertinence greater than zero) into a single outlet, through a normal distribution of degrees of activation. Next, defuzzification was performed based on the centroid method to transfer the fuzzy value into a real value (crisp) [12].

In the output module the response variable was the risk of CL establishment (RCLE) for each microregion, classified into five ranges: very low (0.0 – < 0.2), low (0.2 - < 0.4), moderate (0.4 - < 0.6), high (0.6 - < 0.8) and very high (0.8 - < 1.0), according to the percentage of occurrence of the variables, considering the gaussian output function. The system was developed in the Google Colab virtual environment, using the scikit-fuzzy 0.4.2 library of the Python version 3.7 programming language. The source code is available at the library repository of the Federal Rural University of the Amazon.

In order to identify the spatial context related to the results obtained by the fuzzy system, the Global Moran’s bivariate index (I) technique was used, which correlated the input system variables considering their occurrence in the municipalities that form the

**Figure 1.** Example of a rule developed for assessing high RCLE.

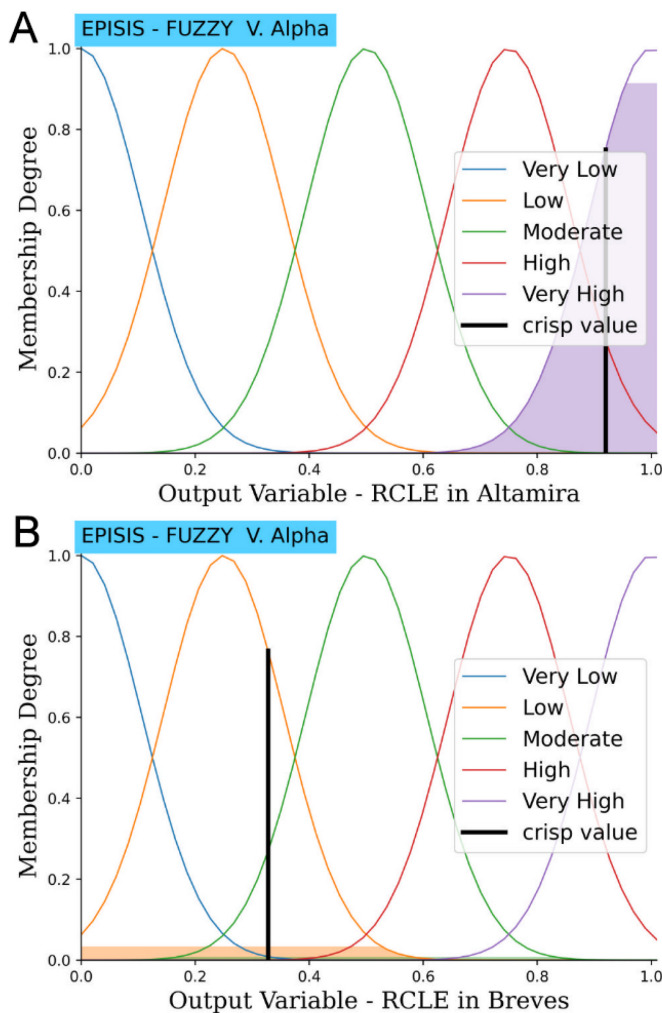
**IF** endemicity is high **OR** moderate **AND** (forest is low **OR** moderate **AND** (deforestation is high **OR** (mining is high **OR** moderate) **OR** (pasture is high **OR** moderate) **OR** secondary\_veg is high) **AND** ((income is low **OR** moderate) **OR** (illiteracy is low **OR** moderate) **OR** (CSES is low **OR** moderate))  
**THEN** FR\_lesh is high

Description of a fuzzy code from the rule base.

microregions associated with the highest and lowest RCLE. In this way, the relationships between the areas with the occurrence of CL cases and with the environmental, socioeconomic, and epidemiological variables were analyzed intraregionally, considering a direct relationship for  $I > 0$ , an inverse relationship for  $I < 0$ , and a strong relationship for close values of the variation limits (-1 and 1). The indexes were expressed in a thematic map produced with ArcGIS 10.5.1 software.

Seeking to contextualize the results obtained, two observational fieldwork activities were carried out to confirm the relationships identified. This study was approved (no. 3.245.271/2019) by the Research Ethics Committee of the Universidade do Estado do Pará (Pará State University), in accordance with the norms of Resolution no. 466/12 of the National Health Council.

**Figure 2.** RCLE per microregion in the state of Pará: A) highest; B) lowest.



Membership functions: very low, low, moderate, high, very high, crisp values.

**Results**

After the fuzzy processing of environmental, socioeconomic, and epidemiological data for the 22 microregions in the state of Pará it was noted that the Altamira microregion, presented the highest risk for CL establishment (0.9195) and Breves presented the lowest (0.3275), as shown in Figure 2.

The Altamira microregion identified as having the highest RCLE in the state presented the following output variables values as the result of defuzzification: moderate-income (0.6130), high illiteracy (0.8540), high pasture/mining (0.7810), high secondary vegetation (0.8050), low forest (0.4023), high deforestation (0.7838), very high endemicity (0.8015) and high CHE (0.7243) (Figure 3).

As for the Breves microregion where the lowest RCLE in the state was found, the results of defuzzifying the output variables were: very low income (0.1254), very high illiteracy (0.9533), very low pasture/mining (0.1745), very low secondary vegetation (0.1898), very high forest (0.9787), very low deforestation (0.1567), very low endemicity (0.1098) and moderate CHE (0.4276) (Figure 4).

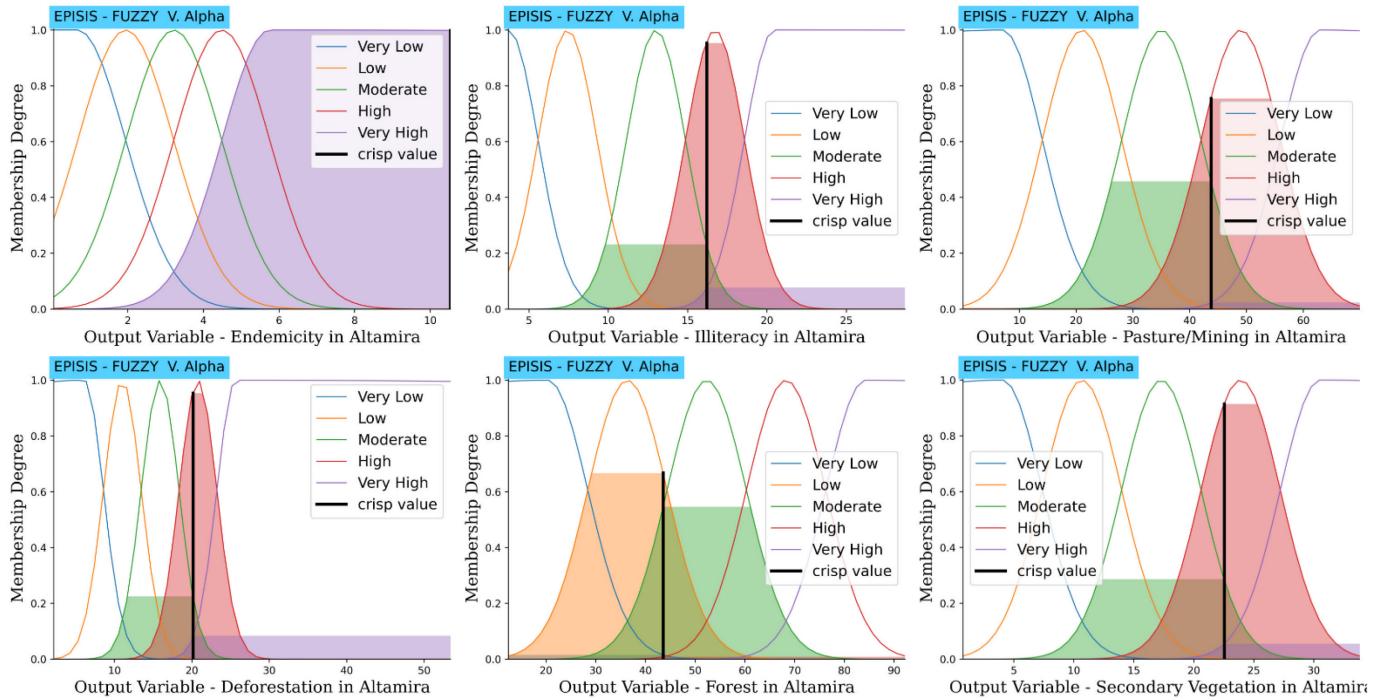
The spatial analysis, using the Moran technique, considering the occurrence of the disease in relation to the epidemiological, environmental, and socioeconomic variables from the municipalities that make up the Altamira microregion showed a weak direct autocorrelation for all variables. In contrast, in Breves the CHE, income, pasture/mining, and deforestation variables showed an inverse and weak relation while education was inverse and strong. As for secondary vegetation and forest, a direct and weak spatial dependence was observed, as shown in the Moran’s index scale in Figure 5.

**Discussion**

The occurrences of a higher risk for CL in Altamira and a lower percentage in Breves generally follow the indicators for the occurrence of the disease in the state of Pará over the last two decades [13]. That scenario may be related to the evidence for similar land use and cover patterns, the implementation of public health policies and the living conditions of the populations in those two microregions, as observed in the analysis of spatial autocorrelation between them using the Moran technique and the fieldwork.

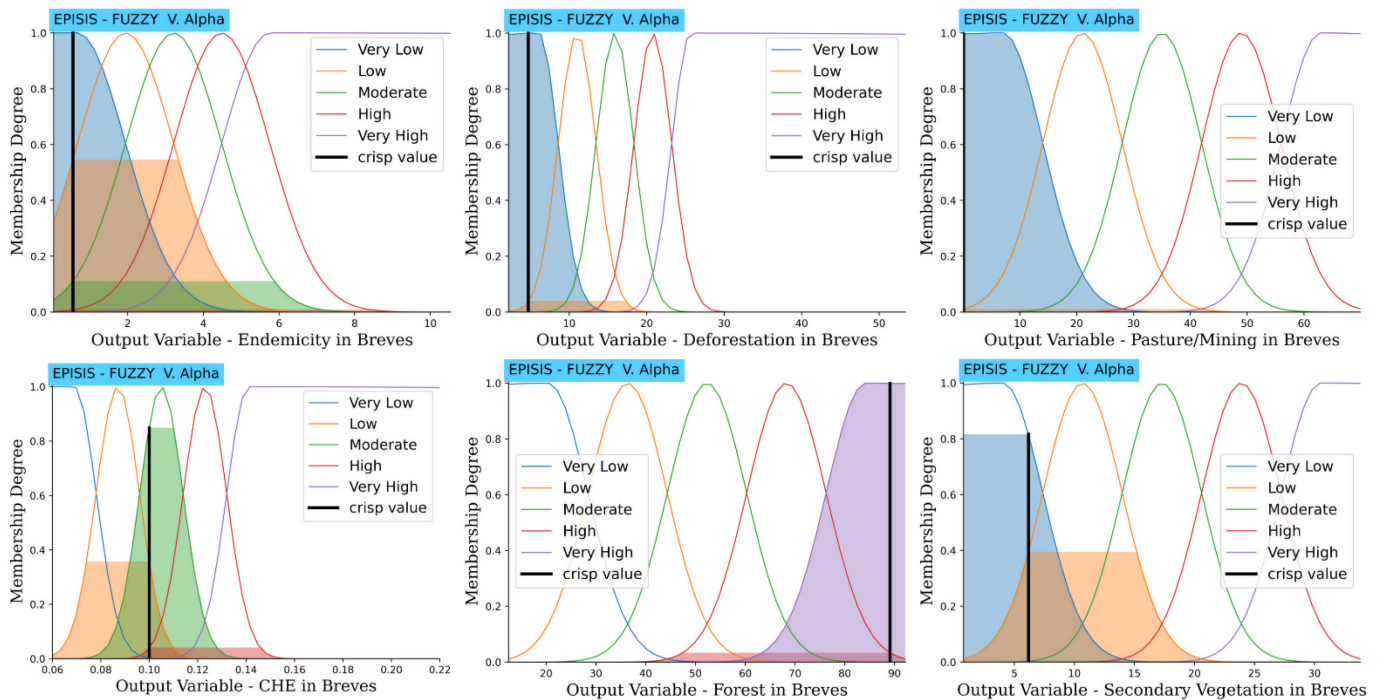
In the Altamira Microregion, which has one of the largest populations in the state, the fuzzy system showed a low percentage of forest cover and high percentages of both deforestation and secondary vegetation.

**Figure 3.** Defuzzification of the most expressive RCLE socioeconomic, environmental and epidemiological variables for the Altamira microregion, state of Pará.



Membership functions: very low, low, moderate, high, very high, crisp values.

**Figure 4.** Defuzzification of the most expressive RCLE socioeconomic, environmental and epidemiological variables for the Breves microregion, state of Pará.



Membership functions: very low, low, moderate, high, very high, crisp values.

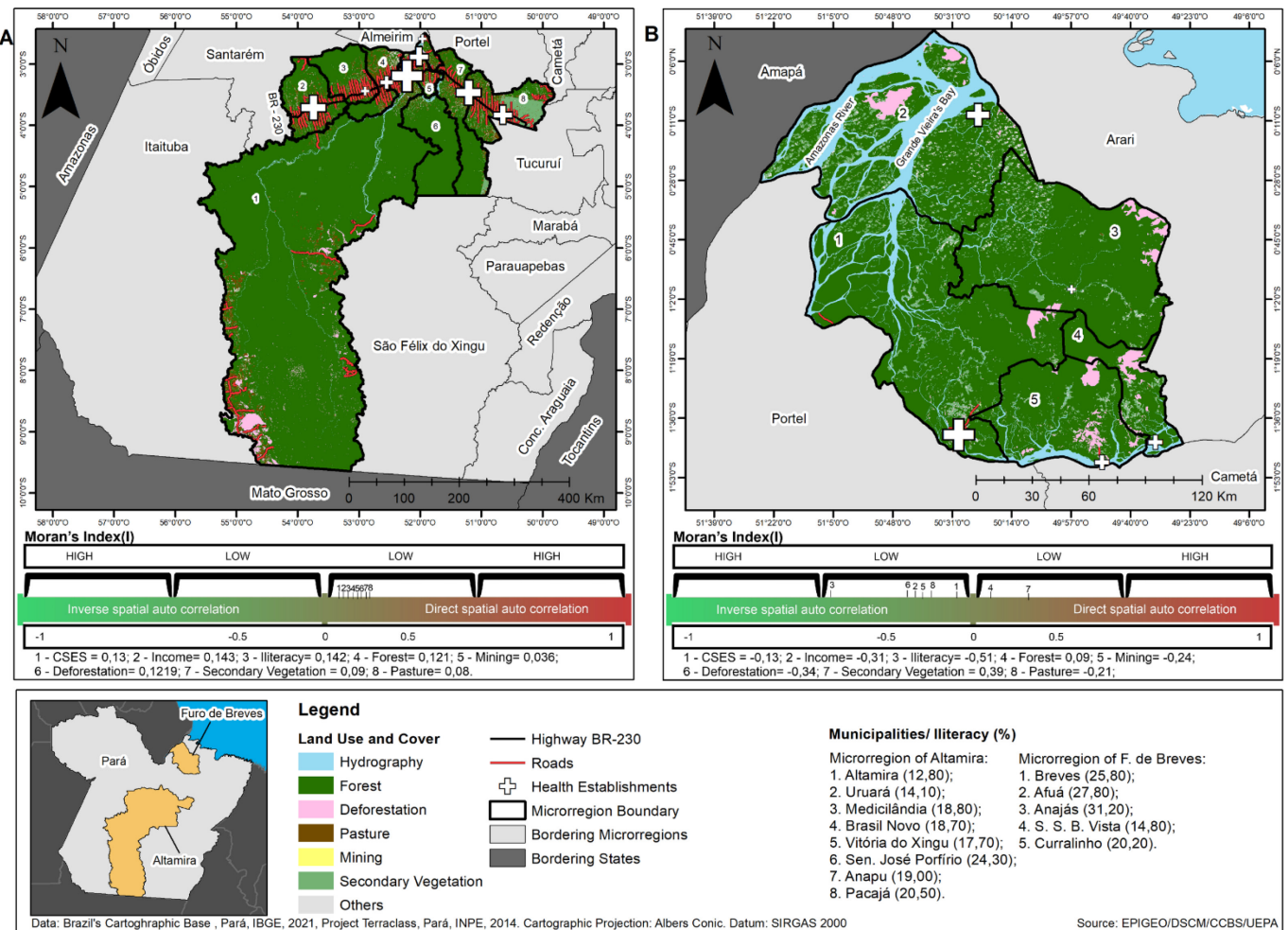
Those human impacts in the municipalities that make up this microregion may be associated with its historical occupation process that occurred more significantly after the construction of the BR-230 highway known as the Transamazônica, which sparked an intense and continuous migratory inflow in the region, encouraged by a macro-developmental colonization policy [14,15]. That activity brought impacts on public health in that region, especially an increase in infectious diseases [5].

This process was accompanied by aggressive deforestation that led to the continuous removal of vegetation cover and the disorganized establishment of urban centers. As a result of those activities, large areas may be found in the municipalities of this region that have ecological succession processes characterized by early and advanced stages of secondary vegetation. This scenario may be associated with an expansion of sites

with active transmission of CL as their vectors adapt to the human-impacted environment, as has been observed in several other territories that have the same characteristics [16,17].

In the Altamira Microregion, one may also observe a high percentage of areas in pasture/mining activities, which illustrates the anthropic pressure that these municipalities have faced because of their economic potential, as illustrated by the expansion of agroindustry and mining [18]. In that context, the existence of large areas of placer gold mining and pastures in municipalities such as Altamira and Pacajá have produced risk factors for CL and have exposed their populations to that disease. This fact highlights the inefficiency of public policies for sustainable forest use, which encourage the environmental production of CL, as well as illustrating the need for environmental surveillance in such areas.

Figure 5. Land use and cover: A) Altamira Microregion; B) Breves Microregion.



Land use and Cover: Hydrography, Forest, Deforestation, Pasture, Mining, Secondary Vegetation, Others. Highway BR-320, Roads, Health Establishments, Microregion Boundary, Bordering Microregions, Bordering States. Municipalities/Illiteracy (%): Microrregion of Altamira (1. Altamira – 12.80, 2. Uruará – 14.10, 3. Medicilândia – 18.80, 4. Brasil Novo 18.70, 5. Vitória do Xingu – 17.70, 6. Sen. José Porfírio – 24.30, 7. Anapu – 19.00, 8. Pacajá – 20.50); Microrregion of Breves (1. Breves – 25.80, 2. Afuá – 27.80, 3. Anajás – 31.20, 4. S. S. B. Vista – 14.80, 5. Currálinho – 20.20).

In Altamira Microregion high illiteracy and moderate income reflect the socioeconomic vulnerability of the population and are risk factors for CL. The low levels of education observed may be associated with a lack of knowledge regarding the occurrence of the disease and the appropriate prophylactic methods [5]. In light of this reality, health must be expanded in the basic education curriculum, particularly in areas with low education levels and environmental conditions that are favorable for transmitting the disease. This situation is also observed with several other infectious diseases in the Amazon [19].

The high percentage of health coverage services observed in Altamira compared to other microregions may be related to the geographical and demographic conditionings observed in its municipalities, since most of their inhabitants live in urban and peri-urban areas. That circumstance favors the organization of public health services, which tend to concentrate on municipal seats, with access facilitated by the BR-230 highway [20,21]. The relation between demography, geography, and availability of health services is most striking in Altamira, with a population that is 85% urban and an elevated level of health service coverage.

The very high percentage of forest cover and very low rates of deforestation and secondary vegetation in Breves may be related to the low population level. Furthermore, its population is made up largely of traditional riverbank inhabitants, descended mostly from Indigenous and Quilombola groups, whose economic activities have a low level of impact [22]. In this microregion, the respect its inhabitants have for forest conservation leads to an environmental balance, which may limit transmission cycles for CL and other vector-borne diseases that occur due to work practices in natural environments (forest product harvesting, fishing and subsistence agriculture), with exposure to with risk factors for the disease [23].

The very low percentage of pasture/mining in this microregion as large-scale activities may be related to environmental characteristics such as type of soil and geomorphology, which do not favor such activities in the region's municipalities. The low rates of occurrence for those activities thus reduce the production of risk factors for CL compared to other microregions where ranching and mining are more widespread [24,25].

Illiteracy is very high in the Breves microregion, and income levels are very low. This highlights the social inequalities faced by populations in this territory due to precarious implementation of public policies for education and employment to encourage its inhabitants

to remain in the region. This lack has direct implications for health conditions among these populations, who as natives of the region have a profound respect for the forest and the rivers. Access to information on sustainable environmental management in formal education programs may reduce the production of risk factors for the disease [5,19,25].

The moderate percentage of health service coverage services in this microregion may be related to the large distances from population settlements and the difficulties in accessing such centers, since transportation most often occurs via rivers, channels, and creeks. This fact suggests that an epidemiological silence may be occurring in those areas due to difficulties in implementing public health policies such as epidemiological and environmental surveillance for diseases [26,27].

This study differs from others due to its exploratory characteristics in order to estimate the risk of CL, considering the occurrence of the disease risk factors at different magnitudes in the microregions of Pará, and also to be capable of processing linguistic and semantic information. In this way, the system was made suitable for processing information that occurs at different scales. This fact is not observed in the techniques based on logistic regression [28].

Thus, the fuzzy system proved to be satisfactory for processing information related to the occurrence of environmental, socioeconomic, and epidemiological conditions for CL at different scales and to identify the microregions with the highest and lowest risk for the establishment of the disease. This was especially the case when the system was used in conjunction with Moran's spatial statistics technique, which showed the different spatial dependence relationships between the variables studied in the municipalities that form the microregions of Altamira and Breves.

The spatial distribution of the disease conditionings and its geographic extension constituted limitations to more precise analyses, especially at local scales. This problem was solved by carrying out two fieldworks to observe the relationships between the variables that were processed by the fuzzy system in the laboratory. To improve the system, different membership functions e.g., trapezoidal or triangular can be used, thus including a greater number of functions in the processing of input variables, which would imply the need for the development of more rules.

## Conclusions

The fuzzy system proved to be satisfactory for analyzing the different relationships between CL and its

epidemiological, environmental and socioeconomic conditionings in the microregions of the state of Pará, identifying the ones with the highest and lowest risk of disease establishment (RCLE). The joint use of the system with Moran's spatial statistic was effective in explaining vulnerabilities related to land use and cover, such as the gradients of deforestation in the studied areas. However, the computational effort of the developed fuzzy system can be improved with the inclusion of a greater number of input variables and rules seeking to interrelate them more completely. The system can be used in decision-making processes related to environmental and epidemiological surveillance, in order to intensify them, in addition to contributing to the establishment of an epidemiological memory of the environmental production of the parasitic diseases in the Amazon.

### Acknowledgements

To the Laboratory of Epidemiology and Geoprocessing of Amazon (EPIGEO), from Pará State University (UEPA).

### References

- Confalonieri UE, Margonari C, Quintão AF (2014) Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta Trop* 129: 33-41. doi: 10.1016/j.actatropica.2013.09.013.
- Brazilian Ministry of Health (2017) Cutaneous leishmaniasis surveillance manual. Available: [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_vigilancia\\_leishmaniose\\_tegumentar.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_leishmaniose_tegumentar.pdf). Accessed 14 June 2022. [Article in Portuguese]
- Pan American Health Organization (2021) Leishmaniasis: epidemiological report of the Americas, No 10. Available: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55368>. Accessed 30 June 2022.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) 2010 Brazilian census. Available: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Accessed 6 July 2022. [Article in Portuguese]
- Gonçalves NV, Miranda CSC, Da Costa RJF, Guedes JA, Matsumura ESS, Da Costa SBN, Noguchi SKT, Guimarães LHR, Oliveira RAC, Tavares LSA, Palácios VRCM, Xavier MB (2019) Cutaneous leishmaniasis: spatial distribution and environmental risk factors in the state of Pará, Brazilian Eastern Amazon. *J Infect Dev Ctries* 13: 939-944. doi: 10.3855/jidc.11573.
- Oliveira RAC, Miranda CSC, Guedes JA, Filgueiras TGM, Bichara CNC, Araújo MS, Martins CNSAT, Nunes EFC, Cabeça ALLCR, Rezende MAC, Noguchi SKT, Gonçalves NV (2021) Cutaneous leishmaniasis in protected environmental areas in the Eastern Amazon: the case of São Félix do Xingu, Pará, Brazil. *J Infect Dev Ctries* 15: 1724-1730. doi: 10.3855/jidc.13936.
- Russell S, Norvig P (2013) *Inteligência Artificial*. 3<sup>rd</sup> edition. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Jensen R, Lopes MHB, Silveira PSP, Ortega NRS (2012) Development and evaluation of software that verifies diagnostic accuracy. *Rev Esc Enferm USP* 46: 184-191. doi: 10.1590/S0080-62342012000100025. [Article in Portuguese]
- Soufi MD, Samad-Soltani T, Vahdati SS, Rezaei-Hachesu P (2018) Decision support system for triage management: A hybrid approach using rule-based reasoning and fuzzy logic. *Int J Med Inform* 114: 35-44. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2018.03.008.
- Kumar PM, Lokesh S, Varatharajan R, Babu GC, Parthasarathy P (2018) Cloud and IoT based disease prediction and diagnosis system for healthcare using Fuzzy neural classifier. *Future Gen Comp Sys* 86: 527-534. doi: 10.1016/j.future.2018.04.036.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2014) TerraClass project. Available: [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/dados\\_terraClass.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraClass.php). Accessed 19 May 2022. [Article in Portuguese]
- Sivanandam SN, Sumathi S, Deepa SN (2007) *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*, 1<sup>st</sup> edition. Heidelberg: Springer Berlin.
- Brazilian Ministry of Health (2021) Epidemiological bulletin - neglected tropical diseases. Available: <https://shre.ink/CwE>. Accessed 29 July 2022. [Article in Portuguese]
- Silva M, Oliveira F, Santana A (2018) Socio-environmental changes in land use in Altamira, Eastern Amazon. *Nov Cad NAEA* 20: 181-202. doi: 10.5801/ncn.v20i3.4270. [Article in Portuguese]
- Bistene MVRS, Guimarães JLC (2019) Deforestation, population and economic development in western Pará along the Santarém-Cuiabá and Transamazônica Highways. *Natural Resources* 9: 19-35. doi: 10.6008/CBPC2237-9290.2019.002.0003.
- Buzanovsky LP, Sanchez-Vazquez MJ, Maia-Elkhoury ANS, Werneck GL (2020) Major environmental and socioeconomic determinants of cutaneous leishmaniasis in Brazil - a systematic literature review. *Rev da Soc Bras Med Trop* 53: e20190291. doi: 10.1590/0037-8682-0291-2019.
- Costa SM, Cordeiro JLP, Rangel EF (2018) Environmental suitability for *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *whitmani* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) and the occurrence of American cutaneous leishmaniasis in Brazil. *Parasites Vectors* 11. doi: 10.1186/s13071-018-2742-7.
- Pará State Secretariat for Agricultural and Fisheries Development (2019) *Livestock panorama of Pará – cattle herd*. Available: <https://shre.ink/CE2>. Accessed 3 August 2022. [Article in Portuguese]
- Miranda CSC, Bonito J, De Oliveira RAC, Guedes JA, Santos C, Oliveira JSS, Filgueiras TG, Oliveira TA, Filgueiras TG, Gonçalves NV (2021) Spatial distribution of human visceral leishmaniasis cases in Cametá, Pará, Eastern Amazon, Brazil. *Rev da Soc Bras Med Trop* 54: e0220-2021. doi: 10.1590/0037-8682-0220-2021.
- Abreu DMX, Pinheiro PC, Queiroz BL, Lopes EAS, Machado ATGM, De Lima AMLD, Santos AF, Rocha HA (2018) Spatial analysis of the quality of primary health care in Brazil. *Saude Debate* 42: 67-80.
- Garnelo L, Lima JG, Rocha ESC, Herkrath FJ (2018) Access and coverage of primary health care for rural and urban populations in the northern region of Brazil. *Saude Debate* 42: 81-99.
- Confalonieri UEC (2005) Health in the Amazon: a conceptual model for analyzing landscapes and diseases. *Estud Av* 19: 221-236. [Article in Portuguese]

23. Santos TV, Galardo AKR, Póvoa MM, Rangel EF (2016) Increasing potential risk for American visceral leishmaniasis in Amapá, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 49: 772-773. doi: 10.1590/0037-8682-0308-2016.
24. Júnior ASS, Gonçalves NV, Miranda CSC, Santos BO, De Oliveira RAC, Da Costa RJF, Noguchi SKT, Oliveira JSS, Matsumura ESS, Palácios VRCM (2020) Cutaneous leishmaniasis spatial distribution and epidemiological and environmental risk factors in Cametá, state of Pará, Brazil. *Braz J Infect Dis* 24: 330-336. doi: 10.1016/j.bjid.2020.06.008.
25. Pereira ALRR, Miranda CSC, Guedes JA, De Oliveira RAC, Campos PSS, Palácios VRCM, Faria CMC, Filgueiras TCGM, Figueiredo RC, Gonçalves NV (2021) The socio-environmental production of malaria in three municipalities in the Carajás region, Pará, Brazil. *Rev Saude Publica* 55. doi: 10.11606/s1518-8787.2021055003463.
26. Peixoto MCS, Miranda CSC, Campos PSS, Pereira ALRR, Araujo MS, Moraes EC, Figueiredo RC, Silva AVC, Oliveira JSS, Gonçalves NV (2022) Spatial distribution of malaria and primary healthcare in Cametá and Tucuruí, Pará state, Brazil. *J Infect Dev Ctries* 16: 206-212. doi: 10.3855/jidc.15260.
27. Gonçalves NV, Miranda CSC, Guedes JA, Da Silva LCT, Barros EM, Tavares CGM, Palácios VRCM, Costa SBN, Oliveira HC, Xavier MB (2019) Hepatitis B and C in the areas of three regional health centers of Pará State, Brazil: a spatial, epidemiological and socioeconomic analysis. *Cad Saude Colet* 27: 1-10. doi: 10.1590/1414-462X201900010394.
28. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF (2021) Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol* 38: 643-655. doi: 10.1590/S1806-37132012000500015. [Article in Portuguese]

**Corresponding author**

Nelson Veiga Gonçalves, PhD  
Laboratory of Epidemiology and Geoprocessing, Department of Community Health,  
Center for Biological and Health Sciences, Pará State University, Belém, Pará, Brazil / Cyberspace Institute,  
Federal Rural University of Amazon, Belém, Pará, Brazil. Tv. Perebebuí, no. 2623 - Marco, Belém -PA, CEP: 66087-670  
Tel: +55 (91) 3131-1759  
Email: nelsoncg2009@gmail.com

**Conflict of interests:** No conflict of interests is declared.

## A Leishmaniose Tegumentar Americana e seus Fatores de Risco Ambientais e de Políticas Públicas em Saúde, em Castanhal, Pará, Brasil

*Cutaneous Leishmaniasis and its Environmental and Public Health Policies Risk Factors in Castanhal, Pará, Brazil*

Simone Beverly Nascimento da Costa<sup>1</sup>, Claudia do Socorro Carvalho Miranda<sup>2</sup>, Bruna Costa de Souza<sup>3</sup>, Bruno Yudi Shimomaebara Sousa<sup>4</sup>, Carlos Felipe dos Santos de Campos Ribeiro<sup>5</sup>, Thaisy Luane Gomes Pereira Braga<sup>6</sup>, Matheus Pereira do Couto Rocha<sup>7</sup>, Nelson Veiga Gonçalves<sup>8</sup>

### RESUMO

A Leishmaniose Tegumentar Americana é uma antropozoonose endêmica na região Amazônica e considerada um grande problema de saúde pública. Este estudo analisou a distribuição espacial dessa doença e sua epidemiologia no município de Castanhal, estado do Pará, de 2011 a 2020. O estudo foi transversal e ecológico, sendo realizado com dados secundários obtidos no Ministério da Saúde, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foram realizadas análises estatísticas e espaciais com o uso dos softwares Bioestat 5.4 e Arcgis 10.5.1. Foram avaliados 114 casos autóctones do município, sendo os indivíduos mais afetados homens, adultos, pardos, com ensino fundamental, trabalhadores rurais, moradores da zona urbana e com evolução para cura. A distribuição espacial evidenciou uma alta densidade de casos na sede do município. Dado o exposto, foi observado que a doença está relacionada a antropização e a atividade laboral. Ressaltamos a necessidade de intensificação da vigilância ambiental e epidemiológica da doença na área.

**Palavras-chave:** Leishmaniose Tegumentar Americana. Análise Espacial. Geoprocessamento. Epidemiologia. Saúde Pública.

### ABSTRACT

Cutaneous Leishmaniasis is an endemic anthrozoosis in the Amazon region and considered a major public health problem. This study analyzed the spatial distribution of this disease and its epidemiology in the municipality of Castanhal, state of Pará, from 2011 to 2020. The study was cross-sectional and ecological with secondary data obtained from the Ministry of Health, the National Institute for Space Research and at the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Statistical and spatial analyzes were performed using Bioestat 5.4 and Arcgis 10.5.1 software. One-hundred fourteen autochthonous cases in the municipality were evaluated, with the most affected individuals being men, adults, brown, with primary education, rural workers, residents of the urban area and with evolution to cure. The spatial distribution showed a high density of cases in the municipal seat. In the light of above, it was observed that the disease is related to anthropization and labour activities in the municipality. We emphasize the need to intensify the environmental and epidemiological surveillance of the disease in the study area.

**Keywords:** Cutaneous Leishmaniasis. Spatial Analysis. Geoprocessing. Epidemiology. Public Health.

1 Discente de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia e Docente da Faculdade de Enfermagem, ambos na Universidade do Estado do Pará.  
Orcid: 0000-0002-9817-0790  
E-mail: simone.bervely@uepa.br

2 Doutora em Biologia Parasitária; Docente na Universidade do Estado do Pará e na Escola Superior da Amazônia.  
Orcid: 0000-0002-1913-7176  
E-mail: cllaumiranda@gmail.com

3 Discente de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva na Amazônia da Universidade Federal do Pará; Assistente de pesquisa no Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia.  
Orcid: 0000-0001-7202-1423  
E-mail: bruna.souza@uepa.br

4 Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, na Universidade do Estado do Pará; Assistente de pesquisa no Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia.  
Orcid: 0009-0008-7461-9259  
E-mail: bruno.sousa@aluno.uepa.br

5 Médico pela Universidade do Estado do Pará.  
Orcid: 0000-0001-5607-5026  
E-mail: carlos.decampos.med@gmail.com

6 Discente de Medicina na Universidade do Estado do Pará.  
Orcid: 0000-0003-0300-2696  
E-mail: thaisy.luane@gmail.com

7 Discente de Medicina na Universidade do Estado do Pará.  
Orcid: 0009-0002-0961-4175  
E-mail: matheus.rocha@aluno.uepa.br

8 Doutor em Ciências da Informação; Docente na Universidade Federal Rural da Amazônia e na Universidade do Estado do Pará; Coordenador do Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia.  
Orcid: 0000-0003-0276-9318  
E-mail: nelsoncg2009@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) é uma doença dermatológica, infectoparasitária, negligenciada e não contagiosa, causada pelo protozoário intracelular obrigatório do gênero *Leishmania*<sup>1</sup>. Essa doença é transmitida ao ser humano ou animais silvestres e sinantrópicos por meio da picada da fêmea infectada de mosquitos flebotomíneos do gênero *Lutzomyia*, principalmente no crepúsculo<sup>1,2</sup>. Tradicionalmente a infecção ocorre em áreas de floresta preservada e zonas rurais e ocasionalmente acomete indivíduos que frequentam as mesmas<sup>2</sup>.

A LTA se manifesta principalmente nas formas cutânea, mucosa ou mucocutânea<sup>1,2</sup>. A patologia se caracteriza pela presença de lesões ulcerosas no local da picada, única ou múltiplas, localizada ou disseminada e recidivante<sup>2</sup>. Na forma cutânea geralmente é indolor, de formato arredondado ou ovalado, inicialmente a pápula evolui para úlcera de bordas elevadas e bem delimitadas, fundo eritematoso e granuloso, similar à um vulcão<sup>1,2</sup>. Enquanto a forma mucosa, forma mais incapacitante, caracteriza-se por lesões destrutivas ou deformantes em mucosas de vias aerodigestivas superiores<sup>2</sup>. Em humanos, o período de incubação dura em média de dois a três meses, podendo variar de duas semanas a dois anos<sup>2</sup>.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>3</sup>, a LTA está em 92 países com aproximadamente 1 milhão de novos casos por ano. Cerca de 85%, se concentram em nove nações<sup>3</sup>, das quais, três se encontram na América do Sul<sup>3,4</sup>. A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) relatou cerca de 1,1 milhão de casos nas Américas, entre 2001 e 2021<sup>4</sup>. No Brasil, a LTA é endêmica com registros desde 1909, descrevendo acometimento em indivíduos que trabalhavam na expansão da malha rodoviária no interior de São Paulo<sup>2,5</sup>. Segundo o Ministério da Saúde, notificam-se em média 21 mil casos por ano, com maior número na região Norte.

Os registros de casos destacam-se também pela mudança no padrão de relatos com ocorrência em zonas periurbanas e urbanas da Amazônia, relacionadas à expansão de atividades produtivas de caráter extrativista, que causam um intenso impacto socioambiental, pelo desmatamento da floresta nativa, em decorrência da implementação de projetos governamentais que objetivavam ocupar o território e explorar economicamente a região, estimulando uma intensa migração desordenada para exercer atividades laborais

associadas à exploração madeireira, de mineração, a expansão da fronteira agropecuária, a abertura de rodovias e a urbanização ao longo das mesmas, que causou um desequilíbrio nos diversos biomas brasileiros <sup>5</sup>.

O Pará é o estado que mais notificou casos de LTA nas últimas décadas <sup>6</sup>. Em relação aos casos confirmados por município de residência, Castanhal, apesar do baixo risco, é a cidade da Região Metropolitana de Belém com maior número de casos notificados <sup>7</sup>. Este município tem a população eminentemente urbanizada <sup>8</sup>, que desenvolveu seu núcleo urbano em decorrência da Estrada de Ferro Belém-Bragança e após o seu encerramento ao longo das rodovias BR-316, PA-136 e PA-320 e se destaca principalmente devido às atividades do setor de bens e serviços, em torno das mesmas <sup>9,10</sup>. Também apresenta relevância no setor industrial e na exportação de produtos primários, como da pecuária extensiva de bovinos e a cultura do açaí <sup>11</sup>. Assim, a compreensão da distribuição da LTA no município constitui-se de um desafio para a epidemiologia, sobretudo quando consideramos as condicionantes da doença, em termos de variáveis ambientais e políticas públicas em saúde.

Neste contexto, a análise de dados espaciais em saúde tem sido amplamente utilizada para formular correlações entre dados de uso e ocupação do solo, cobertura de serviços de saúde e ocorrência de doenças infecciosas, principalmente as parasitárias como a LTA <sup>12</sup>. No sentido de possibilitar uma melhor compreensão da distribuição geográfica desta doença e de seus fatores de risco <sup>12</sup>. Dado o exposto, este trabalho objetivou analisar a ocorrência da LTA e sua relação com fatores condicionantes ambientais no município de Castanhal, estado do Pará, no período de 2011 a 2020.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo transversal e ecológico utilizou dados sobre notificação de casos de LTA em Castanhal, Pará, Brasil, no período de 2011 a 2020. Este município está localizado na mesorregião metropolitana de Belém, possuindo uma área total de 1.029,300 km<sup>2</sup> com população de aproximadamente 205 mil habitantes em 2021 e densidade demográfica de 168,29 hab/km<sup>2</sup> <sup>8</sup>.

As variáveis epidemiológicas (sexo, faixa etária, etnia, escolaridade, ocupação, zona de residência e evolução) e as de políticas públicas em saúde (Serviços e estabelecimentos de saúde) foram obtidas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e

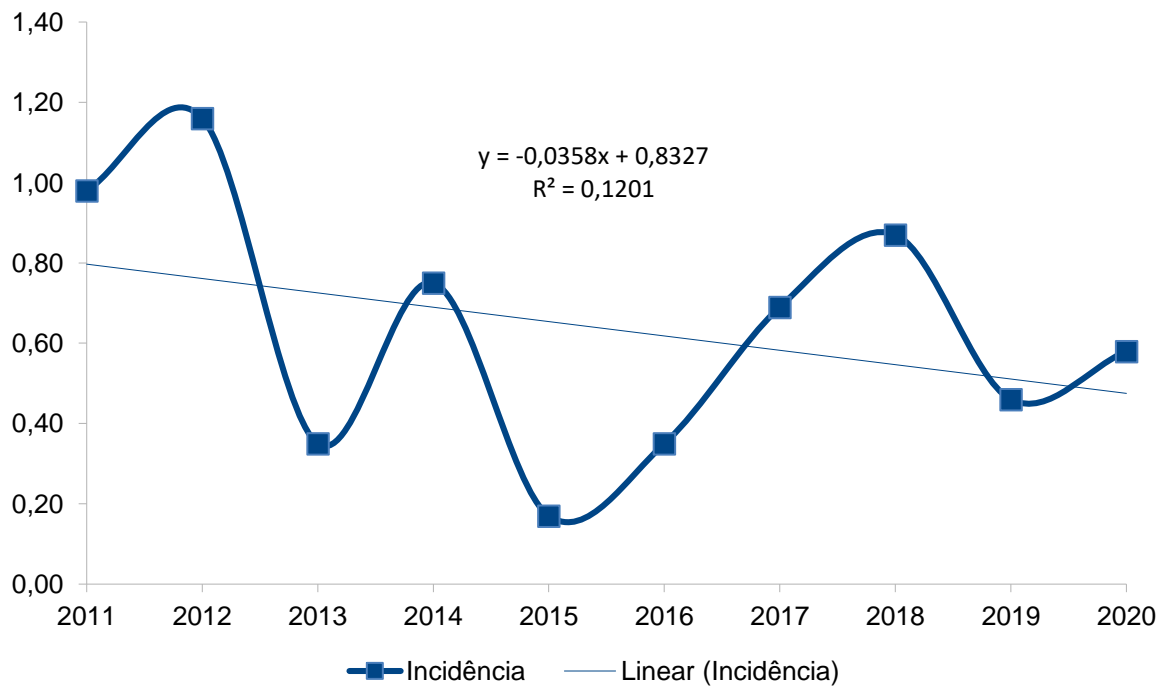
no Cadastro Nacional de Estabelecimentos e Serviços de Saúde (CNES), respectivamente, ambos do Ministério da Saúde. Já as ambientais (Uso e Ocupação do Solo) foram adquiridas no projeto TerraClass, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados cartográficos e demográficos (Limites Municipais e População) foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na sequência foram removidas as inconsistências e incompletudes para posterior indexação dos dados em um Banco de Dados Geográficos. Na análise estatística descritiva das variáveis relacionadas ao indivíduo foram aplicados cálculos de incidência, porcentagem e o teste estatístico não paramétrico qui-quadrado de proporções esperadas iguais, com significância de 0,05%. Considerando a ocorrência da LTA no município foi realizada a observação da tendência linear da mesma, no período de estudo. Ambas as análises utilizaram o software Bioestat 5.4.

Na Análise de Dados Espaciais (ADES), a distribuição da doença foi identificada a partir do uso da técnica de Kernel, para observar as áreas com maiores concentrações de casos no município. Os resultados obtidos foram expressos em mapas temáticos, elaborados com o software Arcgis 10.5.1. Este estudo utilizou dados secundários e foi realizado sob parecer favorável nº 3.245.271/2019, do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Pará, de acordo com as normas da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

### 3. RESULTADOS

Foram analisados 114 casos de LTA no município de Castanhal no período de 2011 a 2020. Foi observada uma oscilação da incidência da doença, com aumento e diminuição do número de casos ao longo de toda a série de estudo, associada a uma tendência linear de queda da mesma (Figura 1). O perfil epidemiológico evidenciou que os indivíduos mais acometidos pela LTA foram do sexo masculino (80,70%), adultos (68%), de etnia parda (74,56%), com ensino fundamental (60,53%), trabalhadores rurais ou extrativistas (50,00%), moradores da zona urbana (70,18%) e com desfecho evoluindo para cura (80,70%). Todas as variáveis apresentaram significância estatística ( $p$ -valor  $<0,05$ ), conforme a Tabela 1.



**Figura 1.** Incidência anual de LTA em Castanhal, Pará, Brasil, de 2011 a 2020.

**Tabela 1 –** Perfil epidemiológico da LTA no município de Castanhal, estado do Pará, de 2011 a 2020.

Variável	Categoria	Frequência (n= 114)	Proporção (%)	P-valor*
Sexo	<b>Masculino</b>	<b>92</b>	<b>80,70</b>	< 0.0001
	Feminino	22	19,30	
Faixa Etária	Criança (0 - 12 anos)	1	0,88	< 0.0001
	Adolescente (13 – 17 anos)	6	5,26	
	<b>Adulto (18 – 59 anos)</b>	<b>84</b>	<b>73,68</b>	
	Idoso (>= 60 anos)	23	20,18	
Etnia	Branca	17	14,91	< 0.0001
	Preta	8	7,02	
	<b>Parda</b>	<b>85</b>	<b>74,56</b>	
	Ignorado	4	3,51	
Escolaridade	<b>Ensino fundamental</b>	<b>69</b>	<b>60,53</b>	< 0.0001
	Ensino médio	17	14,91	
	Ensino superior	3	2,63	
	Ignorado	24	21,05	
	Não se aplica	1	0,88	
Ocupação	Garimpeiro	4	3,51	< 0.0001

	Ignorado	9	7,89	
	<b>Trabalhador Rural/Extrativista</b>	<b>57</b>	<b>50,00</b>	
	Comerciante/Prestador de Serviços	22	19,30	
	Outros	22	19,30	
Zona de Residência	Ignorado	2	1,75	
	Rural	32	28,07	< 0.0001
	<b>Urbana</b>	<b>80</b>	<b>70,18</b>	
Evolução	<b>Cura</b>	<b>92</b>	<b>80,70</b>	
	Abandono	1	0,88	< 0.0001
	Ignorado	21	18,42	

\*  $p < 0.05$  (qui-quadrado de proporções esperadas iguais). n: número absoluto de casos.

A técnica de Kernel mostrou que a distribuição espacial da LTA não foi homogênea no município com densidade de casos muito alta na área central da sua sede e alta nas agrovilas Bom Jesus, Castelo Branco, Luis Duarte, Anita Garibaldi, Calúcia e São Sebastião, próximas das rodovias BR-316, PA-320, PA-127 e PA-136. Com relação aos estabelecimentos de saúde foi observada uma alta concentração dos mesmos na sede do município (Figura 2).

Considerando a localização da moradia dos casos notificados em relação ao uso e ocupação do solo do município de Castanhal foi observado que a maioria dos mesmos reside em áreas construídas na sua sede, cuja periferia é marcada pela presença de pastagens, vegetação secundária e manchas de florestas. Contudo, uma grande parcela dos indivíduos com a doença mora em áreas de assentamentos e agrovilas, onde desenvolvem atividades relacionadas a agricultura de subsistência, pecuária e extrativismo, na zona rural do município (Figura 3).

Foi observado também a presença de uma densa rede rodoviária estadual (PA-136, PA-320 e PA-127), federal (BR-316) e de vicinais, que cobrem toda a área municipal, no que diz respeito a seus distritos e localidades. Esta característica do município associada a autodeclaração de atividade ocupacional de trabalhador rural/extrativista sugere o estabelecimento de um fluxo pendular, que pode caracterizar uma possível mobilidade urbano-rural da população notificada com a doença (Figura 3).

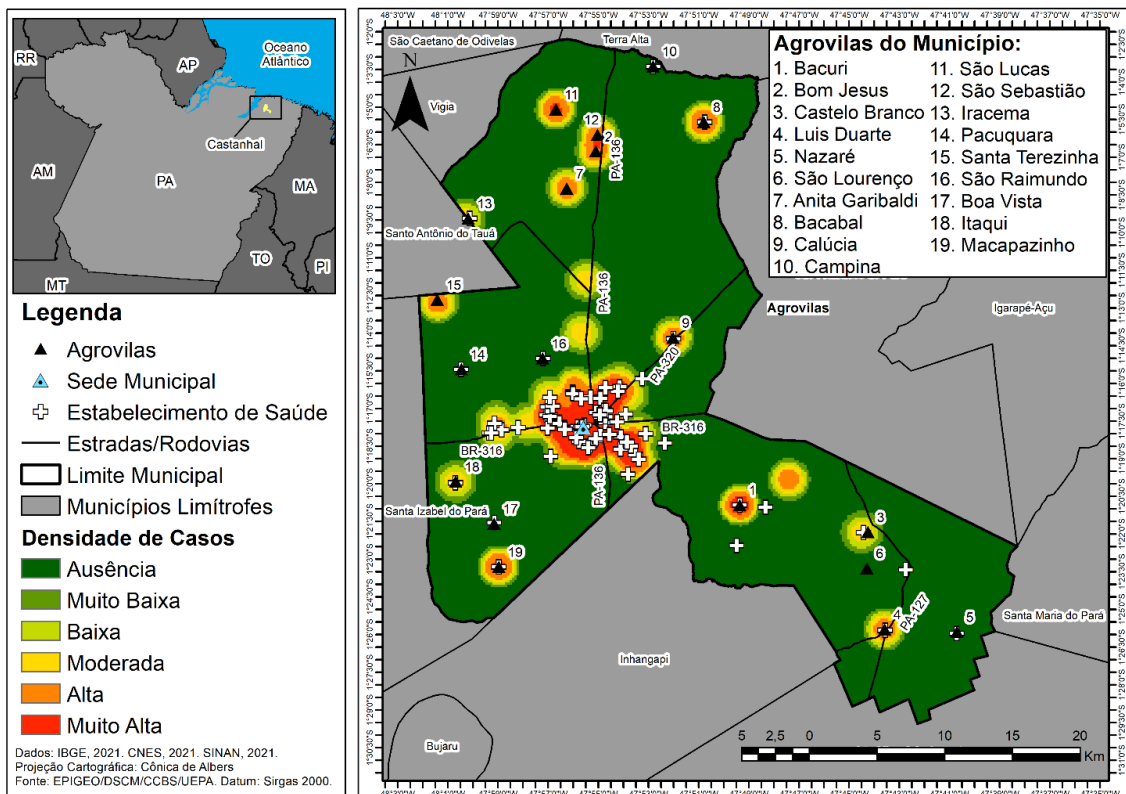
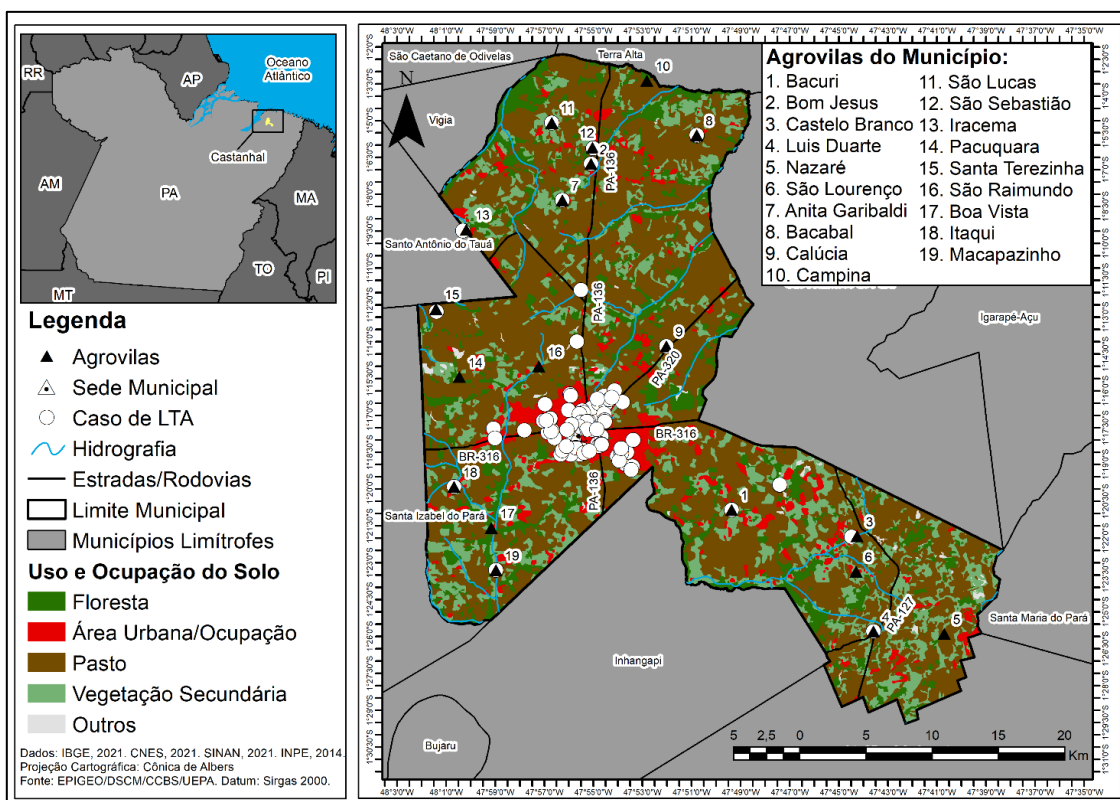


Figura 2 – Distribuição Espacial da LTA no município de Castanhal, Estado do Pará, de 2011 a 2020.



**Figura 3** – Distribuição Espacial da LTA, Uso e Cobertura do Solo no Município de Castanhal, estado do Pará, de 2011 a 2020.

#### 4. DISCUSSÃO

De forma geral, a análise dos resultados mostrou que durante o período de estudo a LTA em Castanhal seguiu o padrão de ocorrência da doença nos diversos municípios da região Amazônica, principalmente em relação a observação de uma flutuação da incidência da doença associada a uma tendência linear de queda da mesma, possivelmente relacionada a redução de ações de vigilância em saúde devido a pandemia de covid-19 <sup>4,5</sup>. O fato da doença ter ocorrido de forma mais expressiva em homens e trabalhadores rurais pode estar relacionada as condições insalubres de trabalho de agricultura de subsistência, pecuária e extrativismo destes indivíduos, que é realizado majoritariamente sem equipamentos de proteção individual contra a agressão de vetores da doença <sup>5,12</sup>.

Desta forma, a ocorrência da doença no município pode estar associada a um provável padrão epidemiológico ocupacional, visto que a maioria dos casos estudados exercia atividades laborais como trabalhadores rurais do setor primário. Esta situação constitui-se potencialmente de um fator de risco para a LTA, pois provavelmente nestes locais ocorre a exposição de pessoas ao vetor da doença, conforme observado em pesquisas similares realizados em outros municípios da Amazônia <sup>12-14</sup>.

Neste contexto, o fato da faixa etária mais acometida ser de indivíduos adultos em idade produtiva ou economicamente ativa aponta para o problema socioeconômico ao qual a ocorrência da LTA está associada, pois a mesma ocasiona um alto índice de necessidade de afastamento do trabalho, reforçando assim o seu caráter laboral. Outro aspecto relacionado a incidência da doença, neste momento da vida dos indivíduos, está relacionado ao seu estigma social pois as pessoas acometidas sofrem preconceito, decorrente da visibilidade das suas manifestações clínica-dermatológica. Esta situação tem sido amplamente observada em diversos estudos de doenças parasitárias realizados no território nacional <sup>5,15,16</sup>.

Já em relação a escolaridade dos casos notificados, verificou-se que a predominância foi de ensino fundamental. Este fato aponta para o contexto de vulnerabilidade socioeconômica na qual os indivíduos acometidos pela LTA estão inseridos. A associação entre a escolaridade baixa e a ocorrência da doença pode ser observada

também em diversos outros processos infecciosos de etiologia parasitária considerados negligenciados <sup>13</sup>. O fato do maior percentual de casos de LTA ser em pardos pode estar relacionado ao alto índice de pessoas que se autodeclaram pertencentes a esta etnia, correspondendo a aproximadamente 73% da população do estado do Pará <sup>17,18</sup>. Essa característica do povo paraense é devida a miscigenação histórica de negros, índios e brancos, que são as suas ascendências étnicas e ancestrais <sup>19</sup>.

A observação do maior percentual dos casos localizado em área urbana, diverge do padrão do perfil epidemiológico da LTA descrito em outros municípios da Amazônia <sup>20</sup>, apresentando-se como uma especificidade de Castanhal. Este fato pode ser devido a demografia do município que apresenta aproximadamente somente 10% da sua população residindo em área rural <sup>21</sup>. Outra situação que pode estar associada é o movimento pendular entre a zona urbana e a rural, que os trabalhadores executam diariamente para realizar as suas atividades laborais em agrovilas e pastagens.

Este cenário pode estar associado a observação da relação espacial entre as áreas de pastagens, vegetação secundária e manchas de florestas (matas ciliares) nos limites da sede do município, derivada da pressão que a expansão urbana desordenada exerce sobre os ambientes vulneráveis, estabelecendo circuitos de transmissão da doença, com possível adaptação do vetor ao ambiente urbano e periurbano, conforme observado em outros estudos <sup>22</sup>. Contudo, estas evidências precisam ser aprimoradas em trabalhos de campo, onde será observada a complexidade do cenário epidemiológico da doença.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi analisada a relação da LTA e seus fatores de risco no município de Castanhal, estado do Pará, Amazônia oriental brasileira. Foi observado que as relações antrópicas nos limites da sede do município e as atividades laborais foram fatores de risco relevantes ligados à ocorrência dos casos. Foi evidenciado também a possibilidade de um movimento pendular urbano-rural relacionado ao fluxo do local de moradia para o de trabalho como condicionante da distribuição espacial da doença. Assim, ressaltamos a necessidade de intensificação das ações de vigilância epidemiológica e ambiental da LTA na área de estudo, a fim de monitorar sua expansão, bem como a continuidade de projetos de pesquisa na interface da saúde e meio ambiente em áreas suscetíveis.

## REFERÊNCIAS

1. Ministério da Saúde (Brasil). *Manual de Vigilância da Leishmaniose Tegumentar*. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2017.
2. Godoy B, Cunha JCG, Teixeira MC, Carmo SS, Santana LC, Guimarães RC. Perfil Epidemiológico de Leishmaniose Tegumentar Americana na População Pediátrica no Estado do Tocantins, de 2009 a 2019. *Rev Pat Tocantins*. 2022;9(1):41-5.
3. World Health Organization (WHO). *Control of the leishmaniases: report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis*. Geneva: World Health Organization; 2010.
4. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). *Leishmanioses: Informe Epidemiológico das Américas, No. 11 (Dezembro 2022)*. Washington (DC); 2022.
5. Gonçalves NV, Miranda CSC, Costa RJF, Guedes JA, Matsumura ESS, Costa SBN et al. Cutaneous leishmaniasis: Spatial distribution and environmental risk factors in the state of Pará, Brazilian Eastern Amazon. *J Infect Dev Ctries* 2019;13(10):939–944.
6. Ministério da Saúde (Brasil). *Leishmaniose tegumentar americana - casos confirmados notificados no sistema de informações de agravos de notificação*. Belém: SESPA; 2023.
7. Pompeu LL, Caldeira RD. *Leishmaniose Tegumentar, Casos Notificados entre 2017 e 2019 no Estado do Pará*. In: *Medicina: campo teórico, métodos e geração de conhecimento / Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto*. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.
8. Carvalho AS, Silva JCM, Carrera RVO, Ribeiro WO. Segregação Socioespacial e Direito à Cidade: Uma Análise do Setor Sudeste de Castanhal-Pa. *Rev Inst Hist Geo Pará*. 2019;06(02):41-60.
9. Santos AB. *Análise espacial do vetor de expansão urbana do município de Castanhal/Pará. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, ICIBE; 2021.
10. Leandro LML, Silva FC. A estrada de ferro de Bragança e a colonização da zona bragantina no estado do Pará. *Nov Cad NAEA*. 2013;15(2): 143-174.
11. Amaral MDB, Corrêa EGS, Sabino TAG, Santos RV. A Relação Campo-Cidade em Castanhal-Pa: uma Análise Através da Presença de Serviços Voltados ao Consumo do Campo. *Rev Presença Geo*. 2016;3(1): 3-25.

12. Oliveira RAC, Miranda CSC, Guedes JA, Filgueiras TGM, Bichara CNC, Araújo MS, et al. Cutaneous leishmaniasis in protected environmental areas in the Eastern Amazon: the case of São Félix do Xingu, Pará, Brazil. *J Infect Dev Ctries.* 2021;15:1724–1730.
13. Sousa Júnior AS, Gonçalves NV, Miranda CSC, Santos BO, Oliveira RAC, da Costa RJF, et al. Cutaneous leishmaniasis spatial distribution and epidemiological and environmental risk factors in Cametá, state of Pará, Brazil. *Braz J Infect Dis.* 2020;24(4):330–6.
14. Gonçalves NV, Souza BC, Araújo MS, Morais EC, Melo BG, Brito SR, et al. Malaria and environmental, socioeconomic and public health conditions in the municipality of São Félix do Xingu, Pará, Eastern Amazon, Brazil: An ecological and cross-sectional study. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2023;56:e0502–2022.
15. Miranda CSC, Souza BC, Filgueiras TCGM, Sousa AM, Peixoto MCS, Filgueiras TCGM, et al. Visceral Leishmaniasis and Land Use and Cover in the Carajás Integration Region, Eastern Amazon, Brazil. *Tropical Medicine and Infectious Disease.* 2022;7(10):255.
16. Santos BO, Pinto PDC, Oliveira RAC, Leão LA, Mesquita CR, Gonçalves NV. Análise da situação epidemiológica da leishmaniose tegumentar americana no município de Tucuruí-PA. *Rev Bras Educ Saude.* 2021;11(3):350-356.
17. Miranda CSC, Bonito J, Oliveira RAC, Guedes JA, Santos C, Oliveira JS de S, et al. Spatial distribution of human visceral leishmaniasis cases in Cametá, Pará, Eastern Amazon, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2021;54:e0220–2021.
18. Peixoto MCS, Miranda CSC, Campos PSS, Pereira ALRR, Araújo MS, Morais EC, et al. Spatial distribution of malaria and primary healthcare in Cametá and Tucuruí, Pará state, Brazil. *J Infect Dev Ctries.* 2022;6:206–212.
19. Monteiro A. O “mito indígena” da formação social da Amazônia no conto “O rebelde”, de Inglês de Sousa. *Palimpsesto.* 2021;20(35):491-510.
20. Ferreira FC, Ferreira NR. Perfil epidemiológico da leishmaniose tegumentar americana na Região Amazônica, Brasil, entre 2010 e 2019. *Sci Med.* 2022;32(1):1-7.
21. Lima GVBA, Pereira MM, Crispim DL, Fernandes LL. Análise Quali-Quantitativa da Sustentabilidade de Castanhal (Pa) de Acordo com seu Plano Diretor Participativo (2007-2016). *Rev Geonorte.* 2019;10(36):52-76.
22. Chaves LF, Cohen JM, Pascual M, Wilson ML. Social exclusion modifies climate and deforestation impacts on a vector-borne disease. *PLoS Negl Trop Dis.* 2008;2(2): e176.

# O NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE SOBRE A LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA, NO ESTADO DO PARÁ: ANÁLISE EXPLORATÓRIA, DESCRITIVA E TRANSVERSAL

THE LEVEL OF KNOWLEDGE OF HEALTH PROFESSIONALS ABOUT CUTANEOUS LEISHMANIASIS IN THE STATE OF PARÁ: AN EXPLORATORY, DESCRIPTIVE AND CROSS-SECTIONAL ANALYSIS

EL NÍVEL DE CONOCIMIENTO DE LOS PROFESIONALES DE SALUD SOBRE LA LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA EN ESTADO DE PARÁ: ANALISIS EXPLORATORIO, DESCRIPTIVA Y TRANSVERSAL.

Simone Beverly Nascimento da Costa<sup>1,2</sup>, Renata Cunha Silva<sup>1</sup>, Taiana Moita Koury Alves<sup>1,2</sup>, Gabryella Karoline Ponte Souza da Silva<sup>1</sup>, Bruno Yudi Shimomaebara Sousa<sup>1</sup>, José Gabriel Miranda da Paixão<sup>1,3</sup>, Heloísa Maria Melo e Silva Guimarães<sup>1,3</sup>, Beatriz Carrera Costa<sup>1</sup>, Claudia do Socorro Carvalho Miranda<sup>1,3</sup>, Nelson Veiga Gonçalves<sup>1,2,3,4\*</sup>.

## RESUMO

**Objetivo:** Identificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde a respeito da ocorrência, diagnóstico e fatores de risco da Leishmaniose Tegumentar Americana e sua relação com a prevalência da doença, nas microrregiões do estado do Pará, de 2011 a 2022. **Métodos:** Estudo do tipo exploratório, descritivo e transversal, sendo realizado com dados secundários obtidos no Ministério da Saúde e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foram realizadas análises estatísticas inferenciais e descritivas, além de espaciais utilizando os softwares Bioestat e ArcGIS 10.5.1. **Resultados:** Foram analisados 40.274 casos da doença, sendo observada uma dependência espacial das diferentes classificações da prevalência da mesma em relação aos gradientes do IDHM-Médio das microrregiões e dos resultados da pesquisa relacionados à ocorrência, diagnóstico e fatores de risco, na área e período de estudo. **Conclusão/Considerações finais:** Foi identificado na pesquisa que o nível do conhecimento dos profissionais entrevistados está relacionado as características socioeconômicas e ambientais das microrregiões onde atuam. Assim sendo, ressalta-se a necessidade de ampliação da educação permanente em saúde, como um desafio estratégico para a melhoria da qualidade da vigilância da doença.

**Palavras-chave:** Leishmaniose Tegumentar Americana, Fatores de risco, Prevalência, Políticas públicas, Educação permanente.

## ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to identify the level of knowledge of health professionals regarding the occurrence, diagnosis and risk factors of Cutaneous Leishmaniasis and its relationship with the prevalence of

<sup>1</sup> Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém-PA. \*E-mail: nelsoncg2009@gmail.com.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém-PA.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva na Amazônia. Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém-PA.

<sup>4</sup> Instituto Ciberespacial. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém-PA.

the disease, in the microregions of the state of Pará, from 2011 to 2022. **Methods:** This exploratory, descriptive and cross-sectional study used secondary data obtained from the Ministry of Health and the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Inferential and descriptive statistical analyses were carried out, as well as spatial analyses using Bioestat 5.4 and ArcGIS 10.5.1 softwares. **Results:** Forty thousand two hundred and seventy-four cases of the disease were analyzed, and a spatial dependence of the different classifications of the prevalence of the disease was observed in relation to the gradients of the Average MHDH of the microregions and the results of the research related to occurrence, diagnosis and risk factors, in the area and period of study. **Conclusion:** The study found that the level of knowledge of the professionals interviewed is related to the socio-economic and environmental characteristics of the micro-regions where they work. This highlights the need to expand continuing health education as a strategic challenge for improving the quality of disease surveillance.

**Key words:** Cutaneous Leishmaniasis, Risk Factors, Prevalence, Public Policy, Continuing Education.

---

## RESUMEN

**Objetivo:** Identificar el nivel de conocimiento de los profesionales de salud sobre la ocurrencia diagnóstico y factores de riesgo de Leishmaniose Tegumentar Americana y su relación con la prevalencia de la enfermedad en las microrregiones del Estado de Pará de 2011 hasta 2022. **Métodos:** Estudio del tipo exploratorio descriptivo y transversal realizado con datos secundarios obtenidos en el ministerio de la salud y en el Instituto Brasileño de geográfico y estadístico. Fueron realizados análisis estadísticas inferenciales y decriptivas, además de espaciales utilizando los softwares Bioestat y ARCGis. **Resultados:** Fueron analizados 40.274 casos de enfermedad siendo observados una dependencia espacial de las diferentes clasificaciones. Com predominio de la misma en relación a los gradientes IDHM-mediano de las microrregiones y de los resultados de las investigaciones relacionadas a la ocurrencia diagnóstica y factores de riesgo em el area y periodo de estudio. **Conclusión:** Fue identificado em la investigación que el nivel del conocimiento de los profesionales encuestados está relacionado las características socioeconômicas y ambientales de las microrregiones donde actuan. Siendo así se destaca. La necesidad de ampliación de la educación permanente em salud como um desafio estratégico para la mejora de la calidad de la vigilancia de la enfermedad.

**Palabras clave:** Leishmaniasis Cutánea, Factores de Riesgo, Prevalencia, Política Pública, Educación Permanente.

---

## INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) é uma doença infecciosa parasitária causada por um protozoário do gênero *Leishmania* pertencente à família *Trypanosomatidae*, classificada como uma doença tropical negligenciada que está associada à pobreza e às más condições de vida, sendo considerada como uma das seis doenças infecciosas mais importantes do mundo (Scheufele CJ, et al., 2021; OPAS, 2022). Estima-se que 1 milhão de casos de LTA ocorram anualmente, o que gera problemas socioeconômicos significativos para as populações afetadas (BELO VS, et al., 2023). Essa parasitose é endêmica em mais de 90 países, sendo que 85% dos casos estão distribuídos em dez países, e dentre eles está o Brasil com elevados índices da doença (SCHEUFELE CJ, et al., 2021; GUIMARÃES-E-SILVA AS, et al., 2023; BELO VS, et al., 2023).

No território brasileiro a LTA é considerada uma nosologia de notificação compulsória em todo o território nacional, sendo classificada como uma zoonose de transmissão vetorial que apresenta ampla distribuição territorial com casos autóctones, principalmente na Região Norte (Abraão LSO, et al., 2020). O estado do Pará apresenta um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) nacional, relacionado à educação, saúde e renda, com importantes indicadores de qualidade de vida. Esse estado tem se tornado emblemático no processo de estabelecimento de cenários epidemiológicos de diversas doenças infecciosas, como a LTA (Gadelha CAG, et al., 2011; Gonçalves NV, et al., 2021). A ocorrência da doença no território

paraense tem sido associada às ocupações desordenadas do ambiente urbano, exposição ocupacional e ao desmatamento (Oliveira RAC, et al., 2020). Além disso, o controle dos seus vetores é um processo complexo, onde a ampla diversidade socioeconômica e ambiental nas áreas afetadas deve ser considerada (DE MELLO DLM, et al., 2022).

Neste contexto, nas diversas microrregiões desse estado tem sido observada a precariedade da oferta de profissionais de saúde para desenvolver ações eficazes relacionadas à vigilância em saúde de doenças infecciosas, como a LTA. Assim sendo, a necessidade de implementação de políticas públicas direcionadas para o conhecimento do processo de transmissão, diagnóstico e tratamento dessa doença se constitui de um grande desafio para a gestão pública em saúde, principalmente no que diz respeito à identificação de necessidade de educação continuada em escalas locais como as microrregiões do estado (RODRIGUES MP, 2023; SILVA CLF e JORGE TM, 2023).

Desta forma, a qualificação dos profissionais de saúde, enquanto ação estratégica para a tomada de decisão, pode possibilitar a mitigação da doença (Gonçalves NV, et al., 2019; Souza BC, et al., 2023). Deste modo, as políticas de educação permanente precisam ser desenvolvidas pelas secretarias municipais, sobretudo para a atenção primária visando o conhecimento da doença, representando uma estratégia para o enfrentamento da LTA nas microrregiões do estado (SILVA CLF e JORGE TM, 2023).

A utilização de métodos participativos de levantamento de dados como entrevistas estruturadas, mediados pela tecnologia de informação e comunicação, tem sido largamente utilizada na área da saúde para a identificação do conhecimento sobre a ocorrência de doenças por parte de profissionais de saúde, principalmente que atuam na rede de atenção dos municípios. Esta possibilidade de construção de um diagnóstico situacional em saúde tem se tornado indispensável para o aprimoramento da atenção primária e secundária, no que diz respeito à vigilância epidemiológica em saúde, com o intuito de minimizar os impactos sociais e econômicos da doença (LUZ ZMP, 2016; BARBOSA MN, et al., 2016; ANDRADE MC, et al., 2021; BRASIL GVS, et al., 2023).

Neste contexto, a utilização de mapas coropléticos relacionados ao nível de conhecimento dos profissionais de saúde em relação à LTA pode contribuir para o estabelecimento de uma memória epidemiológica sistemática da doença, em conformidade com as necessidades do tempo presente, sobretudo por se tratar de uma doença cujas condicionantes apresentam diferenças significativas relacionadas a sua ocorrência nas microrregiões paraenses, por possuírem características demográficas, socioeconômicas, territoriais e epidemiológicas diversas (SOUZA BC, et al., 2023).

Dado o exposto, o presente estudo procurou identificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde a respeito da ocorrência, diagnóstico e fatores de risco da LTA e sua relação com a prevalência da doença, nas microrregiões do estado do Pará, de 2011 a 2022.

## MÉTODOS

Este estudo exploratório, descritivo e transversal foi baseado na aplicação de um instrumento de levantamento de dados do tipo formulário eletrônico e no uso de dados secundários relacionados à ocorrência da LTA no período de 2011 a 2022. A população utilizada foi 40.274 indivíduos acometidos pela doença neste período, tendo como unidades espaciais de análises as microrregiões do estado do Pará.

Os dados epidemiológicos sobre o número de casos de LTA por microrregião foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), o qual pertence ao Ministério da Saúde (MS). Esses dados foram analisados apenas para representar a situação epidemiológica relacionada à LTA na área e período de estudo. O formulário eletrônico foi desenvolvido por meio da plataforma *Google Forms*®, onde foram definidas perguntas sobre o município de atuação do participante da pesquisa, bem como de sua escolaridade e profissão/ocupação, além do nível de conhecimento da LTA, do seu diagnóstico, fatores de risco e de recebimento de treinamento para a doença. Esses instrumentos de coleta de dados foram enviados por meio de links para os profissionais de saúde dos municípios que compõem as microrregiões do Pará.

Posteriormente, as respostas coletadas foram agrupadas em microrregiões e os dados sobre o conhecimento da doença, de seu diagnóstico e dos seus fatores de risco foram ordenados em três níveis: alto, médio e baixo. Com relação ao perfil profissional dos participantes da pesquisa, os mesmos foram classificados em Agente Comunitário de Saúde (ACS), enfermeiro, médico, técnico de enfermagem e outros, ou seja, profissionais de outras áreas da saúde diferentes das dispostas no instrumento de coleta. De outra forma, os dados relacionados ao recebimento de treinamento para a LTA foram categorizados em sim e não. Os valores mais expressivos para cada pergunta do instrumento de coleta foram assinalados para as microrregiões correspondentes.

Os dados cartográficos (limites das microrregiões), socioeconômicos (média aritmética dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal dos municípios que compõem as microrregiões) e demográficos (soma do número de habitantes dos municípios que compõem as microrregiões) foram coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na Análise espacial dos dados, a prevalência da LTA (casos de LTA\*100.000/quantitativo populacional da microrregião) e o IDHM-Médio por microrregião foram analisados por meio da utilização de mapas coropléticos, com intervalos gerados a partir do cálculo de quartis com cinco classes as quais foram agrupadas, em um grupo de cores, a saber: azul (muito baixo); verde (baixo); amarelo (moderado); laranja (alto); e vermelho (muito alto), a partir do *software* ArcGIS 10.5.1.

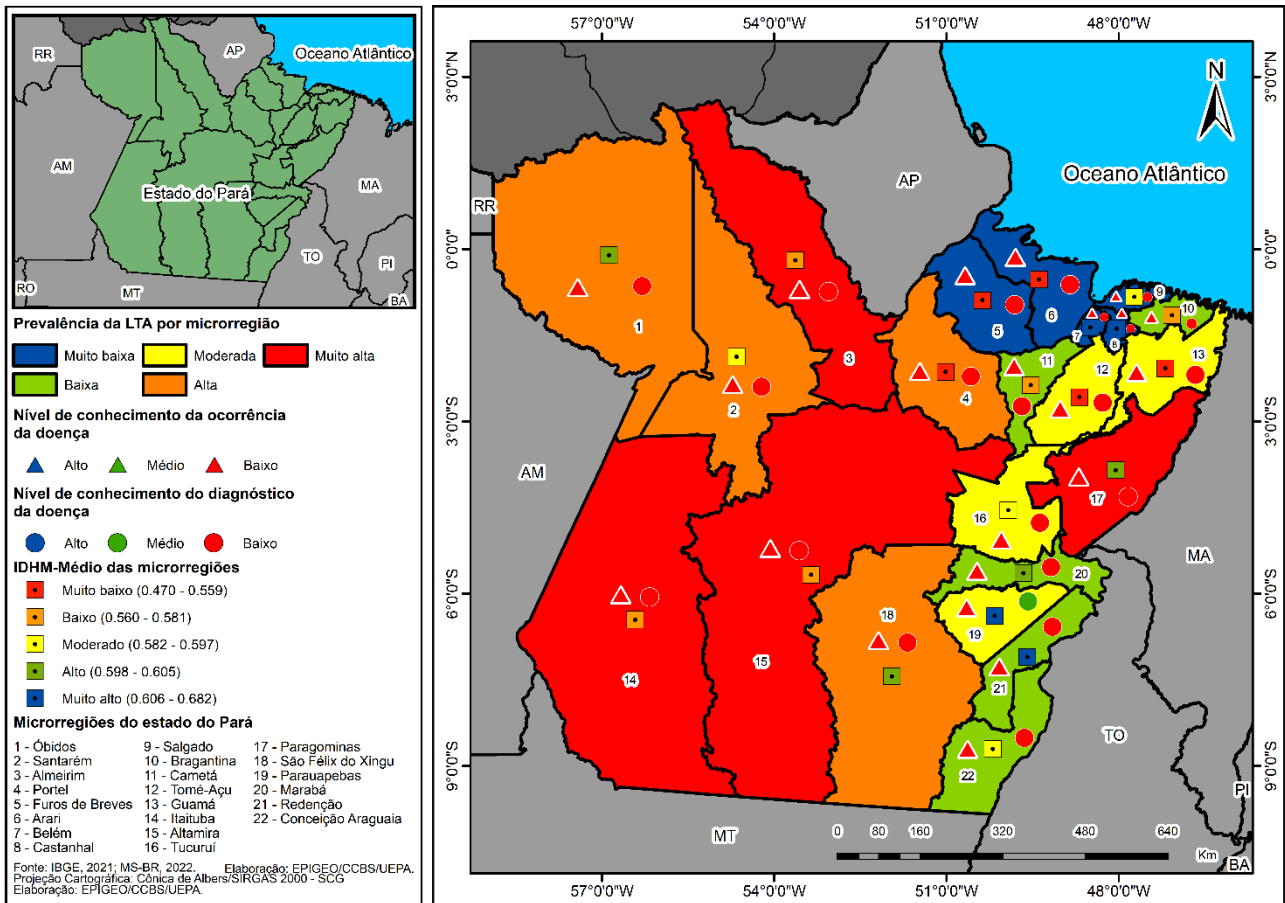
Neste trabalho, foram obtidos dados em fontes secundárias e através de uma ferramenta de tecnologia de informação mediada pela web, sendo aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Estado do Pará, conforme o parecer número 3.245.271/2019.

## RESULTADOS

Foram analisados 40.274 casos de LTA no estado do Pará, sendo observada uma dependência espacial das diferentes classificações da prevalência da doença, enquanto variável dependente, com os diversos gradientes do IDHM-Médio das microrregiões e os resultados das perguntas realizadas aos participantes da pesquisa relacionadas ao conhecimento da doença, enquanto variáveis condicionantes, através do instrumento desenvolvido. Essas associações apresentaram expressividade epidemiológica, conforme as descrições abaixo.

Nas microrregiões que apresentaram prevalência muito alta e alta associados ao IDHM-Médio baixo e muito baixo, de forma majoritária em Almeirim, Itaituba, Altamira e Portel, foi observado que aproximadamente 100% dos participantes da pesquisa relataram baixo conhecimento sobre a doença e, com relação ao seu diagnóstico, também cerca de 100% dos mesmos informaram baixo conhecimento, conforme identificado na **Figura 1**.

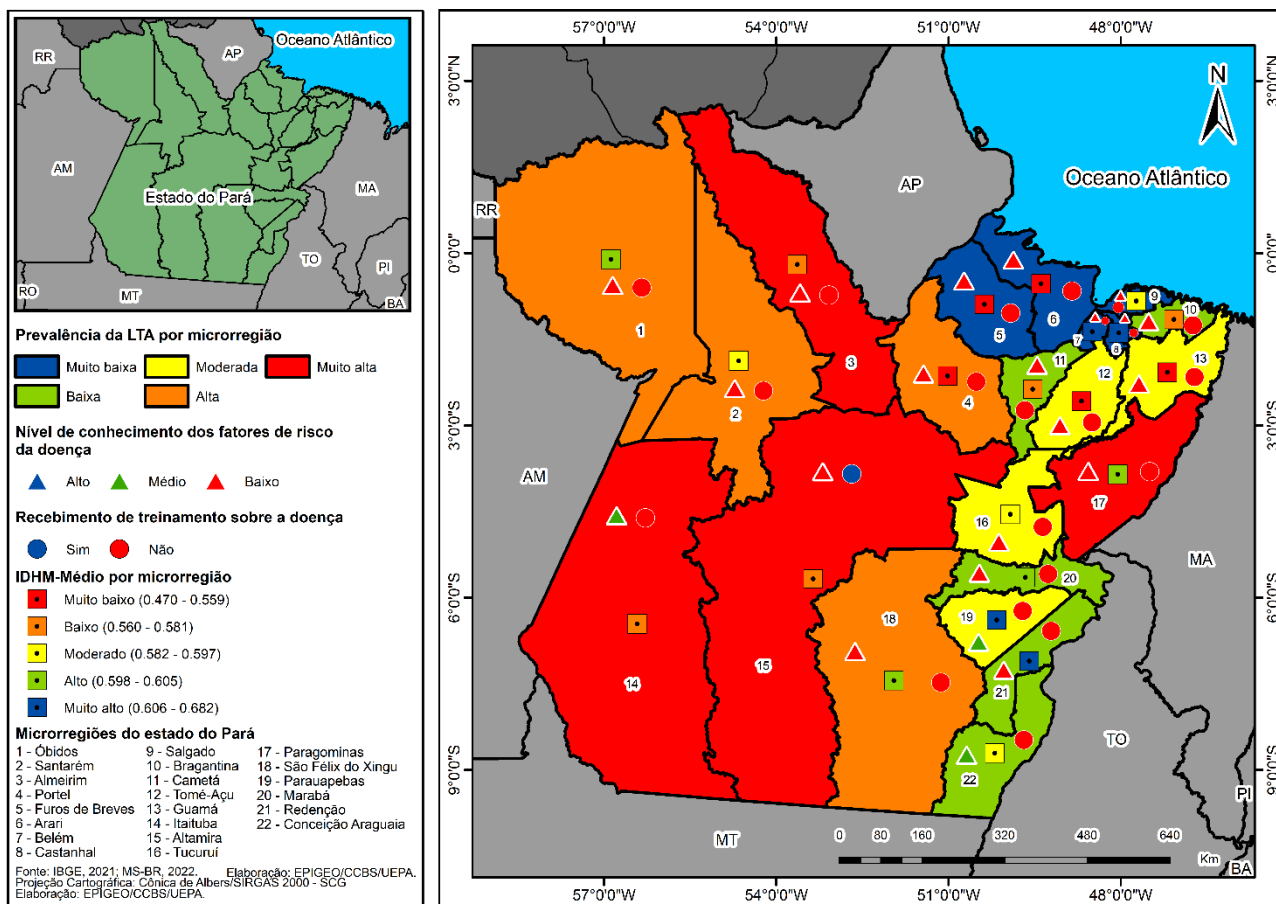
**Figura 1.** Distribuição espacial da LTA (2011-2022) e sua relação com o nível de conhecimento dos participantes da pesquisa sobre a ocorrência e diagnóstico da doença, nas microrregiões do estado do Pará, Brasil.



**Fonte:** COSTA SBN, et al., 2024; dados extraídos do IBGE, do SINAN e do instrumento de coleta elaborado pela autora.

Nos territórios onde foi identificada a prevalência moderada da doença, as mesmas estão associadas ao IDHM-Médio muito baixo, principalmente nas microrregiões Tomé-Açu e Guamá. Nestas áreas, a maioria dos entrevistados declarou possuir conhecimento dos fatores de risco baixo e não ter recebido treinamento para a doença, conforme observado na **Figura 2**.

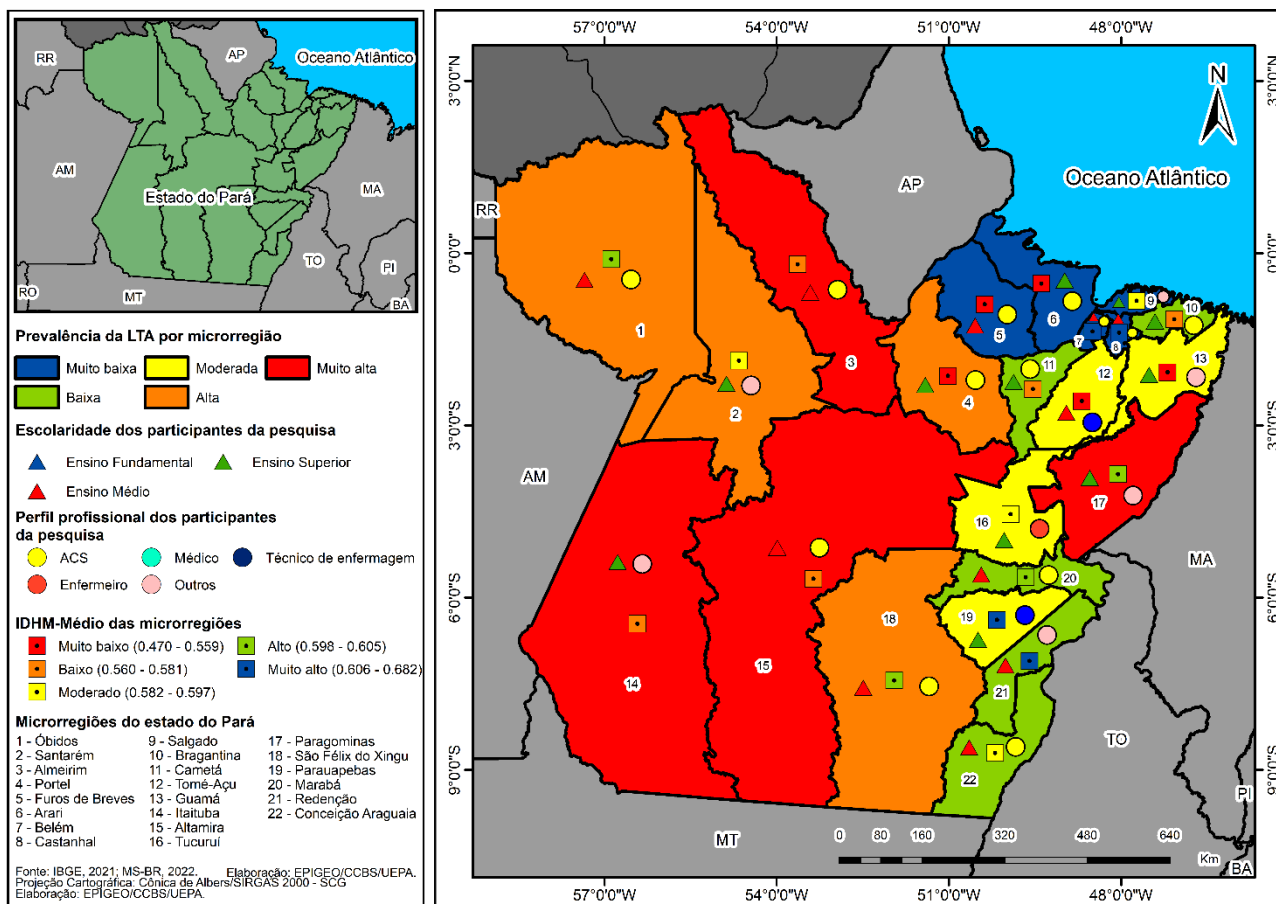
**Figura 2.** Distribuição espacial da LTA (2011-2022) e sua relação com o conhecimento dos seus fatores de risco e recebimento de treinamento em saúde dos participantes da pesquisa, nas microrregiões do estado do Pará, Brasil.



**Fonte:** COSTA SBN, et al., 2024; dados extraídos do IBGE, do SINAN e do instrumento de coleta elaborado pela autora.

Também foi identificado que na microrregião que apresentou prevalência muito baixa e baixa da doença, a mesma está associada ao IDHM-Médio Moderado, de forma mais expressiva na microrregião do Salgado e Conceição do Araguaia. Nestas áreas, a maioria dos entrevistados declarou possuir escolaridade ensino médio e ensino superior e profissão/ocupação do tipo ACS e “outros”, ou seja, são profissionais de outras áreas da saúde diferentes de enfermagem, medicina, técnicos de enfermagem ou ACS, conforme pode ser observado na **Figura 3**.

**Figura 3.** Distribuição espacial da LTA (2011-2022) e sua relação com a escolaridade e a profissão/ocupação dos participantes da pesquisa, nas microrregiões do estado do Pará, Brasil.



**Fonte:** COSTA SBN, et al., 2024; dados extraídos do IBGE, do SINAN e do instrumento de coleta elaborado pela autora.

## DISCUSSÃO

O fato da prevalência alta e muito alta da doença estar associada espacialmente ao IDHM-Médio baixo e muito baixo e ao conhecimento baixo sobre a ocorrência e diagnóstico da mesma nas microrregiões estudadas, principalmente as de Almeirim, Itaituba, Altamira e Portel, pode estar relacionada a impactos socioeconômicos e políticos do cenário epidemiológico da LTA no estado do Pará.

A associação identificada anteriormente, aponta para a necessidade da educação permanente como uma possibilidade de enfrentamento do grande problema de saúde pública evidenciado neste cenário, pois essa ferramenta estratégica pode contribuir para a mitigação do absenteísmo laboral decorrente da doença, além de fortalecer as redes de saúde em escala local, tornando as suas ações mais eficazes, conforme observado em diversos outros estudos no território nacional (SILVA AF, et al., 2010; FRANÇA VH, et al., 2013; RODRIGUES MP, et al., 2023).

Já a observação da prevalência moderada da LTA estar espacialmente associada ao IDHM-Médio muito baixo, conhecimento baixo sobre os fatores de risco socioeconômicos e ambientais dessa doença e a inexistência de treinamento sobre o seu processo de adoecimento, relatado pelos participantes da pesquisa nas microrregiões do estado, indica a necessidade de fortalecimento de ações de vigilância epidemiológica e ambiental da patologia estudada, baseado na educação permanente dos profissionais de saúde.

Esta política pública de enfrentamento necessita ser implementada principalmente em áreas onde foi observada a grande expressividade desse cenário, como as microrregiões de Tomé-Açu e Guamá, sobretudo considerando a possibilidade de um processo de subnotificação de casos em áreas caracterizadas como endêmicas para a doença e que apresentam fatores de riscos ambientais, relacionados ao uso e ocupação

do solo como grandes áreas de pastagens, mineração e desmatamento (TEMPONI AOD, et al., 2018; MURICY VC, et al., 2021).

A evidência da prevalência da doença ocorrer de forma muito baixa e baixa com dependência espacial do IDHM-Médio Moderado, predominância de escolaridade nível médio e superior e ocupação de outros profissionais que não são médicos, enfermeiros e ACS na área de estudo, especialmente no Salgado e Conceição do Araguaia, pode estar associada à qualificação técnica que esses profissionais apresentam. Desta forma, os programas de fixação de profissionais de nível superior como Mais Médicos, Revalida, dentre outros, assumem grande valor de importância estratégica para a saúde pública, na região amazônica e sobretudo no estado do Pará.

Neste contexto, as microrregiões que apresentam os maiores quantitativos de trabalhadores com escolaridade de nível médio e superior, além de outras formações na área da saúde, estão relacionadas com melhores condições de assistência às doenças negligenciadas como a LTA, pois essa patologia requer conhecimento inter e multiprofissional para o seu acompanhamento. Esta observação constitui-se de um grande desafio para as gestões municipais, dada a necessidade de sua expansão para outras microrregiões, onde a mesma não foi identificada.

Este desafio pode ser enfrentado pela implementação de política de educação permanente através de metodologias específicas, visando a mitigação dos impactos da doença com ações eficazes, sobretudo considerando a qualidade de vida das populações humanas e as características ambientais dos locais onde as mesmas habitam. Assim, a observação da predominância de outros profissionais da área da saúde que não são médicos, enfermeiros e ACS, como fisioterapeutas, psicólogos, nutricionistas, biomédicos, assistentes sociais e farmacêuticos, completando as equipes de trabalho, denota o cumprimento da responsabilidade da gestão municipal em propiciar serviços de qualidade para a população (SILVA AF, et al., 2010; SILVA AB, et al., 2021; FIALHO SN, et al., 2022).

Desta forma, garantir a implementação de políticas de educação permanente em saúde considerando as variáveis trabalhadas na pesquisa realizada, como a ocorrência, as evidências clínicas, o diagnóstico e os fatores de risco de uma doença infecciosa como a LTA, pode se constituir de um grande avanço para a consolidação de um Sistema Único de Saúde mais forte, equânime, inclusivo e resolutivo, principalmente nas áreas onde foram observados os indicadores de alta endemicidade da doença e a sua conjunção com a precariedade socioeconômica e relações ambientais favoráveis ao seu estabelecimento. Desta forma, os gestores municipais devem buscar parcerias com instituições de ensino e pesquisa públicas ou privadas, para garantir a qualificação de seus trabalhadores. Este processo pode contribuir para a alteração do cenário epidemiológico da doença, subsidiando processos de tomada de decisão nos diversos fragmentos do aparelho de estado.

## CONCLUSÃO

Após as análises desenvolvidas ao longo deste trabalho, foi identificado que o nível do conhecimento dos profissionais da área da saúde sobre a ocorrência, o diagnóstico e os fatores de risco da Leishmaniose Tegumentar Americana estão relacionados as características socioeconômicas das microrregiões do estado do Pará. Este cenário epidemiológico é agravado pela necessidade de conhecimento sobre as relações ambientais favoráveis à distribuição da doença nos locais onde os mesmos atuam. Foi observado também que os métodos e técnicas utilizados para o levantamento dos dados e realização das análises foram eficazes para a produção dos cenários epidemiológicos identificados.

Nesse trabalho, destaca-se a dificuldade de disseminação da ferramenta de coleta de dados, mediada pela tecnologia de informação e comunicação utilizada, que pode ter limitado a abrangência territorial do seu acesso. Desta forma, ressaltamos a necessidade de aprofundamento das investigações, utilizando tecnologias para maior alcance no que tange ao quantitativo de profissionais da saúde. Assim sendo, ressaltamos a necessidade de ampliação das políticas públicas de educação permanente, como um desafio estratégico para a melhoria da qualidade da vigilância em saúde, principalmente de doenças infecciosas como a LTA, na área e período de estudo.

## AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Ao Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitária na Amazônia, da Universidade do Estado do Pará. Agradecemos também ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva na Amazônia, da Universidade Federal do Pará.

## REFERÊNCIAS

1. ABRAÃO LSO, et al. Perfil epidemiológico dos casos de leishmaniose tegumentar americana no estado do Pará, Brasil, entre 2008 e 2017. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 2020; 11: 1-7.
2. ANDRADE MC, et al. COVID-19 Pandemic Causes Increased Clinic Visits with Diagnosis of Tegumentary Leishmaniasis in Brazil in 2020. *International Journal of Infectious Diseases*, 2021; 113: 87-89.
3. BARBOSA MN, et al. Avaliação de estratégia de organização de serviços de saúde para prevenção e controle da leishmaniose visceral. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 2016; 25: 563-574.
4. BELO VS, et al. Temporal patterns, spatial risks, and characteristics of tegumentary leishmaniasis in Brazil in the first twenty years of the 21st Century. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 2023; 17: 1-18.
5. BRASIL GVS, et al. Programa de formação em vigilância em saúde: educação permanente em saúde e o impacto da educação à distância. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 2023; 15: 12112-12129.
6. DE MELLO DLM, et al. Planejamento das ações de vigilância e controle da Leishmaniose Tegumentar Americana baseado na estratificação de risco do Ministério da Saúde na Microrregião de Saúde de Aquidauana-MS. *Brazilian Journal of Development*, 2022; 8: 9264-9281.
7. SOUZA BC, et al. Leishmaniose Cutânea no Estado do Pará, Brasil: Análise Baseada em Lógica Fuzzy. *Journal of Health Informatics*, 2023; 15: 31-37.
8. FIALHO SN, et al. A relação da degradação ambiental e o aumento dos casos da leishmaniose no Brasil: uma revisão integrativa da literatura. *Research, Society and Development*, 2022; 11: 1-13.
9. FRANÇA VH, et al. Percepção de professores do ensino básico em relação as suas práticas educativas sobre leishmanioses: um estudo em área endêmica de Minas Gerais. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 2013; 15: 35-51.
10. GADELHA CAG, et al. Saúde e territorialização na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2011; 16: 3003-3016.
11. GONÇALVES NV, et al. COVID-19 in socially vulnerable quilombola populations in Salvaterra, Pará, Eastern Amazon, Brazil. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 2021; 15: 1066–1073.
12. GONÇALVES NV, et al. Cutaneous leishmaniasis: Spatial distribution and environmental risk factors in the state of Pará, Brazilian Eastern Amazon. *Journal of Infection in Developing Countries*, 2019; 13: 939-944.
13. GUIMARÃES-E-SILVA AS, et al. Spatiotemporal distribution of leishmaniasis in an endemic area of Northeast Brazil: implications for intervention actions. *Journal of Medical Entomology*, 2023; 60: 165-172.
14. JUNIOR SVS, et al. Qualidade de vida relacionada à saúde de pessoas com Leishmaniose Tegumentar Americana. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 2020; 22: 1-11.
15. LUZ ZMP. Participação da população na prevenção da leishmaniose visceral: como superar as lacunas?. *Cadernos de Saúde Pública*, 2016; 32: 1-2.
16. MURICY VC, et al. Leishmaniose tegumentar americana: perfil e controle da doença no extremo oeste do Brasil. *Scientia Naturalis*, 2021; 3: 56-70.
17. OLIVEIRA RAC, et al. A Leishmaniose Tegumentar Americana e seus fatores de riscos socioambientais no município de Tucuruí, Pará, Brasil: análise espacial e epidemiológica. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 2020; 16: 386-396.

18. OPAS. Leishmanioses: Informe epidemiológico das Américas. Nº 11 (Dezembro de 2022). 2022. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/documentos/leishmanioses-informe-epidemiologico-das-americas-no-11-dezembro-2022>. Acessado em: 12 de abril de 2024.
19. RODRIGUES MP, et al. Análise dos indicadores epidemiológicos e operacionais da Leishmaniose Tegumentar em Teófilo Otoni-MG. *Research, Society and Development*, 2023; 12: 1-15.
20. SCHEUFELE CJ, et al. The global, regional, and national burden of leishmaniasis: An ecologic analysis from the Global Burden of Disease Study 1990-2017. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 2021; 84: 1203-1205.
21. SILVA AB, et al. Análise dos fatores que influenciam a ocorrência da Leishmaniose Visceral humana. *Cogitare Enfermagem*, 2021; 26: e75285.
22. SILVA AF, et al. Fatores relacionados à ocorrência de leishmaniose tegumentar no Vale do Ribeira. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2010; 43: 46-51.
23. SILVA CLF, JORGE TM. Educação Permanente em Saúde na atenção primária: percepções de trabalhadores sobre conceito e prática. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 2023; 56: 1-9.
24. TEMPONI AOD, et al. Ocorrência de casos de leishmaniose tegumentar americana: uma análise multivariada dos circuitos espaciais de produção, Minas Gerais, Brasil, 2007 a 2011. *Cadernos de Saúde Pública*, 2018; 34: 1-14.

## 4 CONCLUSÕES

- A ocorrência da LTA apresentou padrões de distribuição espacial heterogêneo nas microrregiões do estado do Pará. A evidência de relação direta da leishmaniose tegumentar americana com seus condicionantes ambientais, socioeconômicos e de políticas públicas nas microrregiões do estado do Pará.
- O sistema *fuzzy* mostrou-se satisfatório para analisar as diferentes relações entre a LTA e seus condicionantes epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos nas microrregiões do estado do Pará, identificando aquelas com maior e menor risco de estabelecimento da doença (RELTA).
- A utilização conjunta do sistema com a estatística espacial de Moran foi eficaz para explicar vulnerabilidades relacionadas ao uso e cobertura da terra, como os gradientes de desmatamento nas áreas estudadas.
- A relação da LTA e seus fatores de risco no município de Castanhal mostrou que as relações antrópicas nos limites da sede do município e as atividades laborais foram fatores de risco relevantes ligados à ocorrência dos casos.
- Há evidências de que o movimento pendular urbano-rural relacionado ao fluxo do local de moradia para o de trabalho como condicionante da distribuição espacial da doença no município de Castanhal, representativo da microrregião.
- A identificação do nível de conhecimento baixo por parte dos profissionais da área da saúde sobre a ocorrência, o diagnóstico e os fatores de risco da Leishmaniose Tegumentar Americana estão relacionadas as características socioeconômicas das microrregiões do estado do Pará.
- Houve significativa relação do nível de conhecimento dos profissionais de saúde com os gradientes da prevalência da doença nas microrregiões.
- Configurou-se a necessidade de implementação de políticas públicas de educação permanente como um desafio estratégico e sustentável para a melhoria da qualidade da vigilância em saúde no acompanhamento das doenças infecciosas como a LTA.
- A aquisição de insumos informacionais para a atualização da memória epidemiológica da doença, em escalas locais como as microrregiões do estado e fomento para subsídios relacionados à tomada de decisão em saúde

pela gestão pública e controle social no sentido de mitigar a doença nas áreas estudadas.

## REFERÊNCIAS

ABRAÃO, Luciano Sami de Oliveira et al. Perfil epidemiológico dos casos de leishmaniose tegumentar americana no estado do Pará, Brasil, entre 2008 e 2017. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 11, 2020.

ANDRADE, Alexandre Silva; ANDRADE, Alexsandra Oliveira. Sistema p-Fuzzy para Modelagem da Covid-19 no Estado da Bahia. **Revista de Ciência da Computação**, v. 4, n. 1, p. 28-33, 2022.

ANDRADE, Marileia Chaves et al. COVID-19 pandemic causes increased clinic visits with diagnosis of tegumentary leishmaniasis in Brazil in 2020. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 113, p. 87-89, 2021.

ARAUJO, Alberon Ribeiro de et al. Risk factors associated with American cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo**, v. 58, 2016.

ÁVILA-JIMÉNEZ, Julián; GUTIÉRREZ, Juan David; ALTAMIRANDA-SAAVEDRA, Mariano. The effect of El Niño and La Niña episodes on the existing niCSES and potential distribution of vector and host species of American Cutaneous Leishmaniasis. **Acta Tropica**, p. 107060, 2023.

BALDAN, Sueli Santiago; FERRAUDO, Antonio Sergio; ANDRADE, Monica de. Características clínico-epidemiológicas da coinfeção por tuberculose e HIV e sua relação com o Índice de Desenvolvimento Humano no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 8, n. 3, p. 59-67, 2017.

BELO, Vinícius Silva et al. Temporal patterns, spatial risks, and characteristics of tegumentary leishmaniasis in Brazil in the first twenty years of the 21st Century. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 17, n. 6, p. e0011405, 2023.

Brasil | United Nations Development Programme, 2022.

BRASIL, M. S. LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA—Casos confirmados Notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação—Sinan Net: 2023. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Manual de vigilância da leishmaniose tegumentar. 2017.

BRASIL. Portaria nº 264, de 17 de fevereiro de 2020. Define as terminologias adotadas em legislação nacional, conforme o disposto no Regulamento Sanitário Internacional 2005 (RSI 2005), a relação de doenças, agravos e eventos em saúde pública de notificação compulsória em todo o território nacional e estabelece fluxo, critérios, responsabilidades e atribuições aos profissionais e serviços de saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, edição 35, p. 97, 2020.

CHAVES, Luciano Eustáquio; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; RIZOL, Paloma Maria Silva Rocha. Modelo fuzzy para estimar o número de internações por asma e pneumonia sob os efeitos da poluição do ar. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, 2017.

CECÍLIO, Pedro; CORDEIRO-DA-SILVA, Anabela; OLIVEIRA, Fabiano. Sand flies: Basic information on the vectors of leishmaniasis and their interactions with Leishmania parasites. **Communications biology**, v. 5, n. 1, p. 305, 2022.

COSTA, Simone BN et al. Fuzzy and spatial analysis of cutaneous leishmaniasis in Pará State, Brazilian Amazon: an ecological and exploratory study. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 18, n. 07, p. 1124-1131, 2024.

DA SILVA JUNIOR, Sergio Vital, et al. Spatial analysis of american cutaneous leishmaniasis between 2007 and 2017/Análise espacial da leishmaniose tegumentar americana entre 2007 2017. **Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online**, 2022, v. 14. n. e10086, p. 1-8.

DA SILVA, Carolina Luiz Ferreira; JORGE, Tatiane Martins. Educação Permanente em Saúde na atenção primária: percepções de trabalhadores sobre conceito e prática. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 56, n. 2, 2023.

DE ANDRADE, Laíse Rezen et al. Provimento e fixação de médicos na atenção primária à saúde no estado da Bahia. **RAP: Revista Brasileira de Administração Pública**, v. 53, n. 3, 2019.

DE MELLO, Déborah Luziana Marcon; DE LIMA JUNIOR, Francisco Edilson Ferreira; MARQUES, Marli. Planejamento das ações de vigilância e controle da Leishmaniose Tegumentar Americana baseado na estratificação de risco do Ministério da Saúde na Microrregião de Saúde de Aquidauana-MS. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 9264-9281, 2022.

DE OLIVEIRA REGO, José Rogério Barbosa et al. Leishmaniose tegumentar americana: características epidemiológicas dos últimos 10 anos de notificação. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5, n. 3, p. 751-765, 2023.

DE OLIVEIRA, Rafael Aleixo Coelho et al. Cutaneous leishmaniasis in protected environmental areas in the Eastern Amazon: the case of São Félix do Xingu, Pará, Brazil. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 15, n. 11, p. 1724-1730, 2021.

DE SOUZA, Bruna Costa et al. Leishmaniose Cutânea no Estado do Pará, Brasil: Análise MELOBaseada em Lógica Fuzzy. **Journal of Health Informatics**, v. 15, n. 1, p. 31-37, 2023.

DE VRIES, Henry JC; REEDIJK, Sophia H.; SCHALLIG, Henk DFH. Cutaneous leishmaniasis: recent developments in diagnosis and management. **American journal of clinical dermatology**, v. 16, p. 99-109, 2015.

ENGINEERING, Journal Of Healthcare. Retracted: Fuzzy Logic System Implementation on the Performance Parameters of Health Data Management Frameworks. **Journal of healthcare engineering**, v. 2023, p. 9816424, 2023.

FERREIRA, Luiz Cláudio et al. Comparison between Colorimetric In Situ

Hybridization, Histopathology, and Immunohistochemistry for the Diagnosis of New World Cutaneous Leishmaniasis in Human Skin Samples. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 7, n. 11, p. 344, 2022.

FIALHO, Saara Neri et al. A relação da degradação ambiental e o aumento dos casos da leishmaniose no Brasil: uma revisão integrativa da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e99111133342-e99111133342, 2022.

GARCÍA, Gabriela Soledad Márdero et al. Território, doenças negligenciadas e ação de agentes comunitários e de combate a endemias. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, p. 27, 2022.

GONÇALVES, Andréa Flávia Luckwü de Santana et al. Spatial dynamics and socioeconomic factors correlated with American cutaneous leishmaniasis in Pernambuco, Brazil from 2008 to 2017. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, p. e20190373, 2020.

GONÇALVES, N. V. et al. COVID-19 in socially vulnerable quilombola populations in Salvaterra, Pará, Eastern Amazon, Brazil. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 15, n. 08, p. 1066–1073, 31 ago. 2021.

GONÇALVES, Nelson Veiga et al. Cutaneous leishmaniasis: spatial distribution and environmental risk factors in the state of Pará, Brazilian Eastern Amazon. **The Journal of Infection in Developing Countries**, v. 13, n. 10, p. 939-944, 2019.

GUIMARÃES-E-SILVA, Antonia Suely et al. Spatiotemporal distribution of leishmaniasis in an endemic area of Northeast Brazil: implications for intervention actions. **Journal of Medical Entomology**, v. 60, n. 1, p. 165-172, 2023.

IBGE. Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBORRA, Salvador et al. Vaccine candidates against leishmania under current research. **Expert review of vaccines**, v. 17, n. 4, p. 323-334, 2018.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2014) Projeto TerraClass. Available from: [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/dados\\_terraclass.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php).

JENSEN, Rodrigo et al. Desenvolvimento e avaliação de um software que verifica a acurácia diagnóstica. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 46, p. 184-191, 2012.

LÓPEZ, L. et al. A phase II multicenter randomized study to evaluate the safety and efficacy of combining thermotherapy and a short course of miltefosine for the treatment of uncomplicated cutaneous leishmaniasis in the New World. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 16, n. 3, p. e0010238, 7 mar. 2022.

MAIA-ELKHOURY, A. N. S. et al. Atlas interativo de leishmaniose nas Américas: aspectos clínicos e diagnósticos diferenciais. ©. 2021.

MANICKAM, Pandiaraj et al. Artificial intelligence (AI) and internet of medical things (IoMT) assisted biomedical systems for intelligent healthcare. **Biosensors**, v. 12, n. 8, p. 562, 2022.

MARÍA JOSÉ GERMANÓ et al. Identification of Immunodominant Antigens From a First-Generation Vaccine Against Cutaneous Leishmaniasis. **Frontiers in immunology**, v. 13, 12 maio 2022.

MARTINS, Keilla Machado. Vacinas contra a Leishmaniose tegumentar americana: revisão sistemática da literatura e metanálise. 2020.

MATSUMOTO, Patricia Sayuri Silvestre et al. The path of canine visceral leishmaniasis versus the path of Center for Zoonoses Control: contributions of spatial analysis to health. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, p. e00272020, 2022.

MELO, Maria Gabriella Nunes de et al. Clinical and epidemiological profiles of patients with American cutaneous leishmaniasis from the states of Pernambuco and Amazonas, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, 2020.

MOREIRA, Otacilio C.; YADON, Zaida E.; CUPOLILLO, Elisa. The applicability of real-time PCR in the diagnostic of cutaneous leishmaniasis and parasite quantification for clinical management: current status and perspectives. **Acta tropica**, v. 184, p. 29-37, 2018.

NGERE, Isaac et al. Burden and risk factors of cutaneous leishmaniasis in a peri-urban settlement in Kenya, 2016. **PloS one**, v. 15, n. 1, p. e0227697, 2020.

OLIVEIRA, R. A. C. et al. A leishmaniose tegumentar americana e seus fatores de riscos socioambientais no município de Tucuruí, Pará, Brasil: análise espacial e epidemiológica. **Hygeia Rev Bras Geogr Med Saude**, v. 16, p. 386-96, 2020.

PENA, Heber Paulino et al. Accuracy of diagnostic tests for American tegumentary leishmaniasis: a systematic literature review with meta-analyses. **Tropical Medicine & International Health**, v. 25, n. 10, p. 1168-1181, 2020.

PORTELLA, T. P.; KRAENKEL, R. A. Spatial-temporal pattern of cutaneous leishmaniasis in Brazil. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 10, n. 1, 16 jun. 2021.

RODRIGUES, M. G. DE A. et al. The role of deforestation on American cutaneous leishmaniasis incidence: spatial-temporal distribution, environmental and socioeconomic factors associated in the Brazilian Amazon. **Tropical Medicine & International Health**, v. 24, n. 3, p. 348–355, 28 jan. 2019.

RODRIGUES, Maryana Prates. Análise dos indicadores epidemiológicos e operacionais da Leishmaniose Tegumentar em Teófilo Otoni-MG. 2023.

ROQUE, André Luiz R.; JANSEN, Ana Maria. Wild and synanthropic reservoirs of Leishmania species in the Americas. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 3, n. 3, p. 251-262, 2014.

SAÚDE, O. P.-A. DA. Leishmanioses: Informe epidemiológico das Américas. No 11 (dezembro de 2022). Leishmaniasis: Epidemiological Report of the Americas; 8 dez. 2022.

SCORZA, B.; CARVALHO, E.; WILSON, M. Cutaneous Manifestations of Human and Murine Leishmaniasis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 6, p. 1296, 18 jun. 2017.

SCSESUFELE, Christian J.; GIESEY, RaCSESI L.; DELOST, Gregory R. The global, regional, and national burden of leishmaniasis: An ecologic analysis from the Global Burden of Disease Study 1990-2017. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 84, n. 4, p. 1203-1205, 2021.

TIRELLI, Fernanda; VERNAL, Sebastian; ROSELINO, Ana Maria. Final diagnosis of 86 cases included in differential diagnosis of American tegumentary leishmaniasis in a Brazilian sample: a retrospective cross-sectional study. **Anais brasileiros de dermatologia**, v. 92, p. 642-648, 2017.

TROLEIS, Adriano Lima et al. A amostragem espacial por quadrícula: uma técnica aplicada para análise de estudos geográficos. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 191-195, 2015.

YOUNIS, Brima M. et al. Safety and immunogenicity of ChAd63-KH vaccine in post-kala-azar dermal leishmaniasis patients in Sudan. **Molecular therapy**, v. 29, n. 7, p. 2366-2377, 2021.

## **APÊNDICE - QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS**

### **UEPA/LABORATÓRIO DE EPIDEMIOLOGIA - QUESTIONÁRIO - LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA - LTA**

Este instrumento de coleta de dados, tipo questionário composto por sete perguntas estruturadas e fechadas faz parte do projeto de pesquisa intitulado: A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EPIDEMIOLÓGICA DA LEISHMANIOSE TEGUMENTAR AMERICANA E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES AMBIENTAIS, SOCIOECONÔMICOS E DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM SAÚDE NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL, tem como um dos objetivos identificar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde a respeito da ocorrência, diagnóstico e fatores de risco da Leishmaniose Tegumentar Americana nas microrregiões do estado do Pará. Não há necessidade de identificação pessoal, somente do município de atuação, ocupação e nível de escolaridade.

Qual o seu município?

-

1. Qual a sua profissão?
  - ACS (Agente Comunitário de Saúde)
  - Técnico de enfermagem
  - Enfermeiro
  - Médico
  - Outros
  
2. Qual a sua escolaridade?
  - Ensino fundamental
  - Ensino médio
  - Ensino Superior

**Por favor, para as questões seguintes (de 3 a 6), preencha o questionário considerando a seguinte escala:**

**0 - Nenhum; 1 - Muito pouco; 2 - Pouco; 3 - Razoável; 4 - Alto; 5 - Muito alto**

3. Qual o seu conhecimento sobre a ocorrência da Leishmaniose Tegumentar Americana no seu município? (Escala de 0 a 5)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4. Qual o conhecimento sobre o diagnóstico da Leishmaniose Tegumentar Americana? (Escala de 0 a 5)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

5. Qual o seu conhecimento sobre os fatores de risco da Leishmaniose Tegumentar Americana? (Escala de 0 a 5)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

6. Qual o seu conhecimento das políticas públicas para o controle da Leishmaniose Tegumentar Americana? (Escala de 0 a 5)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

5

7. Você recebeu treinamento sobre a Leishmaniose Tegumentar Americana nos últimos 4 anos?

SIM

NÃO

**ANEXOS A - QUANTITATIVO POPULACIONAL POR MICRORREGIÃO, NO ESTADO DO PARÁ**

Tabela 2 - Quantitativo populacional por microrregião, no estado do Pará.

<b>Microrregião</b>	<b>População</b>
Almeirim	74.877
Altamira	332.779
Arari	170.868
Belém	2.105.270
Bragantina	404.163
Cametá	499.455
Castanhal	327.444
Conceição do Araguaia	111.476
Furos de Breves	232.29
Guamá	421.138
Itaituba	250.295
Marabá	314.957

---

Óbidos	198.914
Paragominas	305.652
Parauapebas	411.137
Portel	154.062
Redenção	206.739
Salgado	262.578
Santarém	571.293
São Félix do Xingu	155.502
Tomé-Açu	310.076
Tucuruí	299.166
<b>TOTAL</b>	<b>8.120.131</b>

---

Tabela 2 – Quantitativo populacional por microrregião, no estado do Pará.

Fonte: IBGE, 2022.