



Impacto de fatores ambientais na incidência de Leishmaniose Tegumentar Americana no estado do Pará

Impact of environmental factors on the incidence of American Tegumentary Leishmaniasis in the state of Pará

Impacto de factores ambientales en la incidencia de Leishmaniasis Tegumentaria Americana en el estado de Pará

Sanny Helena Valente de Oliveira Alberio¹, Louise Menezes da Cunha¹, Ana Victória Martins Lima¹, Matheus de Sousa Pantoja¹, Victor Menezes da Cunha², Celso Ângelo Martins Lima¹.

RESUMO

Objetivo: Analisar a influência de variáveis climáticas e ambientais (pluviosidade, temperatura, umidade e desmatamento) no número de casos novos de Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) no estado do Pará (Brasil) entre os anos de 2009 a 2014. **Métodos:** Estudo qualitativo e quantitativo, descritivo, realizado nos anos de 2009 a 2014, que utilizou dados secundários LTA, notificados pelo Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificação, e dados secundários de desmatamento, precipitação, temperatura e umidade do ar. Foi usada correlação canônica para avaliar a relação entre as seguintes variáveis: número de casos novos de LTA, precipitação, umidade e temperatura. A relação entre o desmatamento e o número de casos novos de LTA foi avaliada através do teste paramétrico t. **Resultados:** Foi encontrado uma correlação significativa positiva entre o número de casos novos de LTA e umidade, precipitação e desmatamento. Não foi encontrada correlação entre a temperatura e o número de casos de LTA. **Conclusão:** A LTA apresenta caráter sazonal, com maior número de casos nos períodos chuvosos. Diversos fatores ambientais, climáticos e socioeconômicos podem interferir no comportamento da LTA, sendo necessários estudos acerca do tema e análises multifatoriais para melhor compreender a ecoepidemiologia da doença.

Palavras-Chave: Leishmaniose Cutânea, Ecoepidemiologia, Doenças Negligenciadas, Doenças Transmitidas por Vetores.

ABSTRACT

Objective: To analyze the influence of climate and environmental variables (precipitation, temperature, humidity, and deforestation) on the number of new cases of American Tegumentary Leishmaniasis (ATL) in the state of Pará (Brazil), from 2009 to 2014. **Methods:** Qualitative and quantitative descriptive study conducted from 2009 to 2014, using secondary data on ATL new cases reported by the National Notifiable Diseases Information System and secondary data on deforestation, precipitation, temperature, and air humidity. Canonical correlation was used to evaluate the relationship between the following variables: number of ATL new cases, precipitation, humidity, and temperature. The relationship between deforestation and number of ATL cases was evaluated using a parametric t-test. **Results:** A significant positive correlation was found between the number of new ATL cases and humidity, precipitation, and deforestation. No correlation was found between temperature and the number of ATL cases. **Conclusion:** ATL has a seasonal pattern, with a higher number of cases during rainy periods. Various environmental, climatic, and socioeconomic factors can influence the behavior of ATL, and further studies and multifactorial analyses are necessary to better understand the ecoepidemiology of the disease.

Keywords: Cutaneous Leishmaniasis, Ecoepidemiology, Neglected Diseases, Vector Borne Diseases.

¹ Universidade do Estado do Pará. Belém – Pará.

² Centro Universitário do Estado do Pará. Belém – Pará.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la influencia de variables climáticas y ambientales (precipitación, temperatura, humedad y deforestación) en el número de nuevos casos de Leishmaniasis Tegumentaria Americana (LTA) en el estado de Pará (Brasil), entre 2009 y 2014. **Métodos:** Estudio descriptivo cualitativo y cuantitativo realizado entre 2009 y 2014, utilizando datos secundarios sobre nuevos casos de LTA informados por el Sistema Nacional de Información de Enfermedades de Notificación Obligatoria y datos secundarios sobre deforestación, precipitación, temperatura y humedad del aire. Se utilizó la correlación canónica para evaluar la relación entre las siguientes variables: número de nuevos casos de LTA, precipitación, humedad y temperatura. La relación entre la deforestación y el número de casos de LTA se evaluó mediante una prueba t paramétrica. **Resultados:** Se encontró una correlación significativa y positiva entre el número de nuevos casos de LTA y la humedad, la precipitación y la deforestación. No se encontró correlación entre la temperatura y el número de casos de LTA. **Conclusión:** La LTA tiene un patrón estacional, con un mayor número de casos durante los períodos lluviosos. Varios factores ambientales, climáticos y socioeconómicos pueden influir en el comportamiento de la LTA, y se necesitan más estudios y análisis multifactoriales para comprender mejor la ecoepidemiología de la enfermedad.

Palabras clave: Leishmaniasis Cutánea, Ecoepidemiología, Enfermedades Desatendidas, Enfermedades Transmitidas por Vectores.

INTRODUÇÃO

A Leishmaniose é uma doença tropical negligenciada, amplamente distribuída pelo mundo, que possui três formas principais, a visceral, tegumentar e a mucosa, sendo a forma tegumentar a mais comum de todas (WHO, 2023; OPAS, 2019).

Anualmente são registrados no mundo cerca de 0,7 a 1,3 milhão de novos casos de leishmaniose tegumentar americana (LTA), entretanto, considerando haver notificação compulsória em apenas 32 países, o cenário real é certamente mais grave (WHO, 2023; SANTOS GRAC, et al., 2021).

A leishmaniose tegumentar americana está distribuída nos cinco continentes (América do Norte e do Sul, Europa, África e Ásia), sendo considerada um problema de saúde pública em 85 países. Estima-se que 95% de todos os casos de LTA ocorram nas Américas, na Bacia do Mediterrâneo, no Oriente Médio e na Ásia Central e dois terços dos novos casos estão concentrados em apenas seis países: Afeganistão, Argélia, Brasil, Colômbia, Irã e Síria (WHO, 2023; SANTOS GRAC, et al., 2021).

Nas últimas décadas houve uma disseminação espacial da LTA por todo território brasileiro, fazendo com que casos autóctones de LTA tenham sido relatados em todos os estados do país (ANVERSA L, et al., 2018; REIS EF, et al., 2017). Somente em 2020, foram detectados mais de 16 mil novos casos de LTA no Brasil, sendo as regiões Norte e Nordeste do país responsáveis pela maioria das notificações de novos casos. A região norte do Brasil, onde o estado do Pará está inserido, apresenta os maiores coeficientes gerais de detecção desta enfermidade, com coeficientes de até 57,3 por 100.000 habitantes, quase cinco vezes superior ao coeficiente de detecção nacional (MS, 2021).

A LTA é mais comum em áreas tropicais e subtropicais do globo, sendo transmitida por insetos vetores e causada por diferentes espécies de protozoários do gênero *Leishmania* spp.. A doença acomete a pele e mucosas, podendo deixar cicatrizes para toda a vida, grave incapacidade ou estigma. Os vetores da leishmaniose são insetos hematófagos do gênero *Lutzomyia*, denominados flebotomíneos (WHO, 2023; HOSSEINI-FARD E, et al., 2021; OPAS, 2019).

Atualmente são conhecidas 1.026 espécies de flebotomíneos em todo o mundo, das quais cerca de 280 espécies já circulam no Brasil (PINTO CS, et al., 2023; HOSSEINI-FARD E, et al., 2021; ANDRADE AJ, et al., 2020;). A Amazônia brasileira destaca-se na epidemiologia e transmissão da LTA devido à existência de muitos reservatórios e vetores nesta região (PINTO CS, et al., 2023; BRILHANTE AF, et al. 2021; SANTOS WS, et al. 2019). Na Amazônia brasileira, são encontradas cerca de 70% das espécies de toda a fauna de flebotomíneos registradas no país (PINTO CS, et al., 2023; ANDRADE AJ, et al., 2020; SHIMABUKURO PHF, et al. 2017;). No Estado do Pará, há registros de 130 espécies de flebotomíneos, mas esse quantitativo pode

estar subestimado considerando a extensão territorial do estado, associada à dificuldade de acesso em alguns municípios, além da escassez de profissionais especializados na identificação das espécies do grupo (PINTO CS, et al., 2023).

A leishmaniose é uma doença sensível ao clima, que possui um padrão sazonal bem definido, sendo fortemente afetada por mudanças ambientais (OMS, 2023, VADMAL GM, et al., 2023). As variações climáticas podem afetar a distribuição dos vetores e conseqüentemente o comportamento dessa zoonose. Devido às suas características biológicas, os vetores podem ser afetados pela intensidade das chuvas, temperatura e umidade (DAOUDI M, et al., 2022; CHARRAHY Z, et al., 2021).

Estudos têm mostrado a influência da temperatura e da precipitação no ciclo de doenças vetor-dependentes, como a leishmaniose (DAOUDI M, et al., 2022, VALERO NNH, et al., 2021). A literatura evidencia uma associação entre o aumento da precipitação e umidade com o aumento no risco de infecção, em virtude da maior densidade vetorial durante os períodos do ano com condições favoráveis à doença (VALERO NNH, et al., 2021, ADEGBOYE OA E ADEGBOYE M, 2017).

A epidemiologia e a transmissão da LTA também são influenciadas por fatores ambientais e pela exposição humana ao ambiente silvestre. As mudanças ambientais causadas pelo desmatamento, loteamentos, abertura de novas estradas, construção de hidrelétricas, atividades agrícolas e assentamentos, permitem maior contato do homem com o vetor, favorecendo o aumento do número de casos da doença (VADMAL GM, et al., 2023; SANTOS GRAC, et al., 2021). Além disso, atividades de caça, mineração, ecoturismo, entre outras, colocam o homem em contato com ambientes de vegetação primária, tornando-o um possível alvo do inseto vetor (VADMAL GM, et al., 2023; BRILHANTE AF, et al., 2021).

A região Amazônica encontra-se em constantes mudanças ambientais devido ao processo de desenvolvimento traduzido pela instalação de grandes projetos de geração de energia, agropecuários, abertura de rodovias, atividade de extrativismo vegetal e mineral (CARDOSO RF, et al., 2015). Além disso, o desmatamento da Floresta Amazônica ocorre de forma acelerada, impulsionado pela necessidade de terras para atividades agrícolas, pastagens para rebanhos bovinos e áreas de exploração madeireira (DIAS LBA, et al., 2021). Tais atividades produzem impactos na Saúde Pública dada às alterações dos nichos ecológicos, intensa migração populacional e formação de novos centros urbanos, propiciando a ocorrência de várias doenças, entre elas as transmitidas por vetores (TELES GC, et al., 2019; CARDOSO RF, et al., 2015).

O Estado do Pará possui excepcionais características para o desenvolvimento da pecuária e expansão de fronteiras agrícolas. Entretanto este avanço favorece o aparecimento de diversos agravos infecciosos, decorrente da expansão dessas fronteiras e conseqüente ocupação desordenada em ambientes propícios à transmissão de doenças infecciosas, como é o caso das Leishmanioses (CARDOSO RF, et al., 2015). Diante do exposto e da escassez de estudos acerca deste tema no estado do Pará, reconhece-se como importante a produção de dados e informações complementares. Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em analisar a influência de variáveis ambientais (temperatura, precipitação, umidade e desmatamento) no número de casos novos de LTA no Estado do Pará, localizado na Amazônia brasileira, no período de 2009 a 2014.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo qualitativo e quantitativo, exploratório e descritivo que utilizou dados secundários da Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), notificados pelo Sistema Nacional de Informações de Agravos de Notificação (SINAN), por meio da Secretaria de Saúde do Estado do Pará (SESPA).

A casuística foi composta por 21.031 casos de Leishmaniose Tegumentar Americana que foram reportados à Secretaria de Saúde do Estado do Pará por meio de uma ficha de notificação nos anos de 2009 a 2014. A pesquisa utilizou dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Floresta Amazônica Legal por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados de precipitação, temperatura média do ar e umidade relativa do ar foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), referentes ao estado do Pará, no período de 2009 a 2014.

Área de estudo

O estado do Pará está localizado na Amazônia brasileira, com área territorial de 1.247.954,320 km² e população estimada em 8.175.113 habitantes, distribuídos em 144 municípios (IBGE, 2022). Está localizado na zona de clima equatorial (IBGE, 2022), com temperatura média entre 24°C a 26°C, precipitação média anual variando de 1300 a 3100 mm e umidade relativa do ar entre 80% e 91% (DOS SANTOS SRQ, et al., 2014). O estado está no principal corredor de florestas protegidas do mundo, com mais de 717 mil quilômetros quadrados (cerca de 71 milhões de hectares) divididos em áreas de proteção integral, áreas de uso sustentável e terras indígenas (SEMAS 2022). Sua economia é baseada na extração mineral (ferro, bauxita, manganês, ouro, estanho, calcário) e na exploração madeireira, agricultura, pecuária, indústria e turismo, com um PIB (Produto Interno Bruto) de R\$91 bilhões (SEDEME, 2022).

Análise estatística

Foram utilizados os softwares Microsoft® Excel 2007 para a tabulação de dados e confecção de tabelas. A análise dos dados baseou-se na estatística descritiva para a elaboração das figuras. Também foi utilizada correlação canônica para avaliar a relação entre as variáveis número de casos de casos de LTA, precipitação, umidade e temperatura média de 2009 a 2014, com nível de significância de 5%. A relação entre a média das variáveis desmatamento e número de casos de LTA foi avaliada pela aplicação de um teste t paramétrico. Os dados de normalidade e igualdade de variâncias foram verificados pelo teste de Shapiro-Wilk e teste F, respectivamente, para um nível de confiança de 95%.

Aspectos éticos

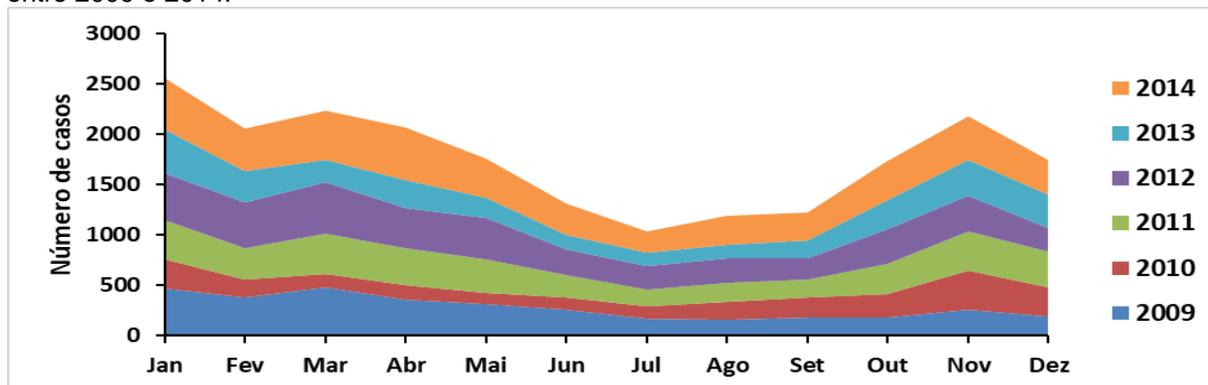
Todos os dados utilizados na presente pesquisa foram estudados segundo os preceitos da Declaração de Helsinque e do Código de Nuremberg, respeitadas as Normas de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde. O estudo foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Estado do Pará (UEPA) através do parecer de número 945.985 / CAAE: 38125514.6.0000.5174.

RESULTADOS

No período de 2009 a 2014 foram notificados 21.031 casos de LTA no Estado do Pará. Dentre os anos estudados, observou-se menor notificação de casos novos em 2010 (2367) e maior notificação de novos casos em 2012 e 2014 (4108 e 4528, respectivamente).

A figura 1 mostra a dinâmica da doença no período de seis anos analisados e apresenta os 21.031 casos de LTA distribuídos de janeiro a dezembro de cada ano. Nesse período observa-se uma alternância na distribuição da doença, que é menor no período de maio a outubro, e aumenta no período chuvoso de novembro a abril.

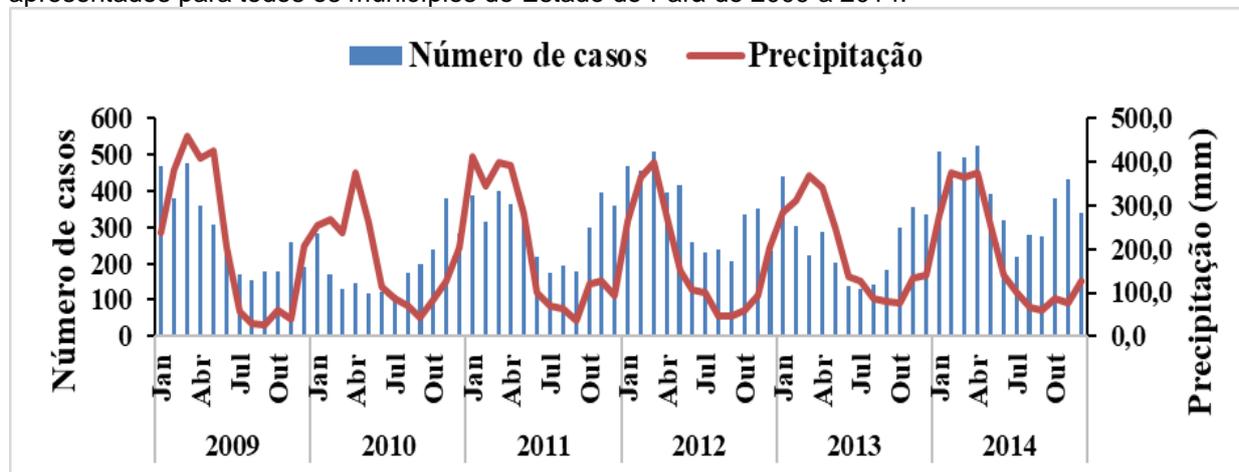
Figura 1 - Distribuição das notificações de leishmaniose de 2009 a 2014, no Estado do Pará, Brasil. Casos registrados pelo Sistema Nacional de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) no Estado do Pará entre 2009 e 2014.



Fonte: Alberio SHVO, et al., 2023.

O número de casos de LTA foi comparado com as chuvas ocorridas nos municípios paraenses, de 2009 a 2014. Os resultados da aplicação do teste de correlação canônica indicaram forte correlação, p -valor $< 0,01$, entre essas variáveis. A partir dessas informações, foi elaborado um gráfico do número de casos versus variável pluviosidade, cujos resultados estão expostos na **Figura 2**.

Figura 2 – Distribuição dos casos de LTA e precipitação, de 2009 a 2014 no Estado do Pará, Brasil. Dados apresentados para todos os municípios do Estado do Pará de 2009 a 2014.

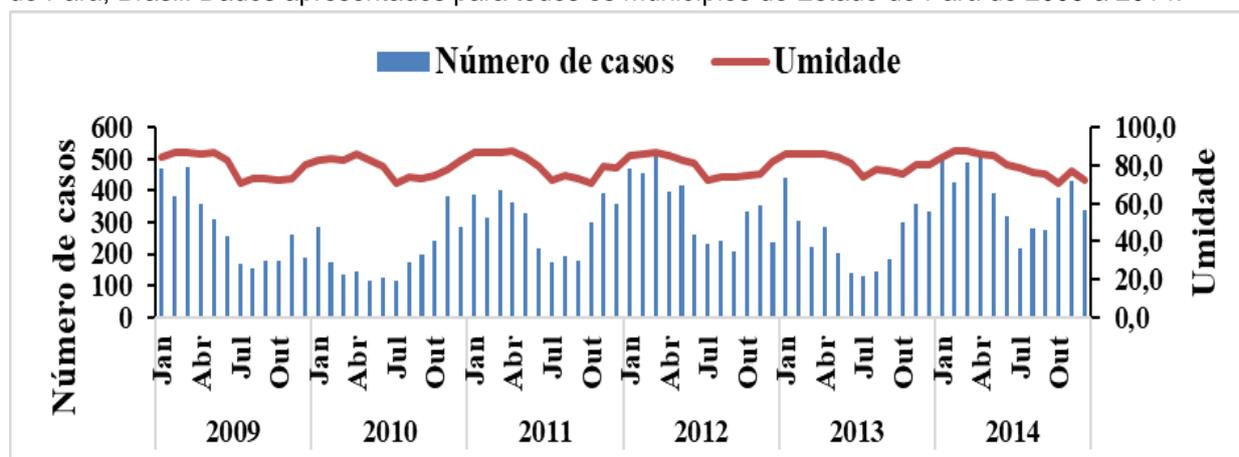


Fonte: Alberio SHVO, et al., 2023.

Observa-se que no período analisado, o número de casos de LTA apresentou comportamento semelhante às mudanças na precipitação, portanto, durante a estação seca (maio a outubro) o número de casos é menor. Além disso, na estação chuvosa (novembro a abril), houve aumento da notificação de novos casos de LTA.

A comparação do número de casos de LTA e da umidade relativa do ar, segundo os meses do período de estudo, foi realizada por correlação canônica, indicando um valor $p < 0,01$, o que implica em correlação significativa entre essas variáveis. Os dados dessas variáveis estão descritos na **Figura 3**, e reforçam os achados obtidos na correlação canônica. Além disso, mostra que o número de casos de LTA é proporcional à umidade relativa do ar.

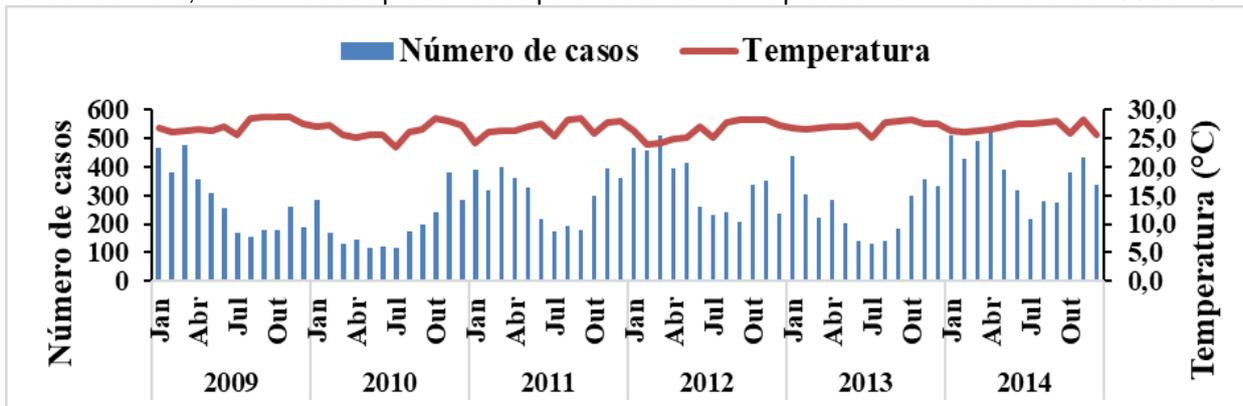
Figura 3 - Distribuição dos números de casos de LTA e umidade relativa do ar, de 2009 a 2014 no estado do Pará, Brasil. Dados apresentados para todos os municípios do Estado do Pará de 2009 a 2014.



Fonte: Alberio SHVO, et al., 2023.

A **Figura 4** mostra uma comparação entre o número de casos de LTA e a temperatura média do ar, dependendo do ano, a análise realizada pela correlação canônica indica um p -valor $> 0,05$, apontando que não há correlação entre essas variáveis, com um nível de confiança de 95%. Durante o período, a temperatura média teve uma pequena variação, independente do período – seco ou chuvoso.

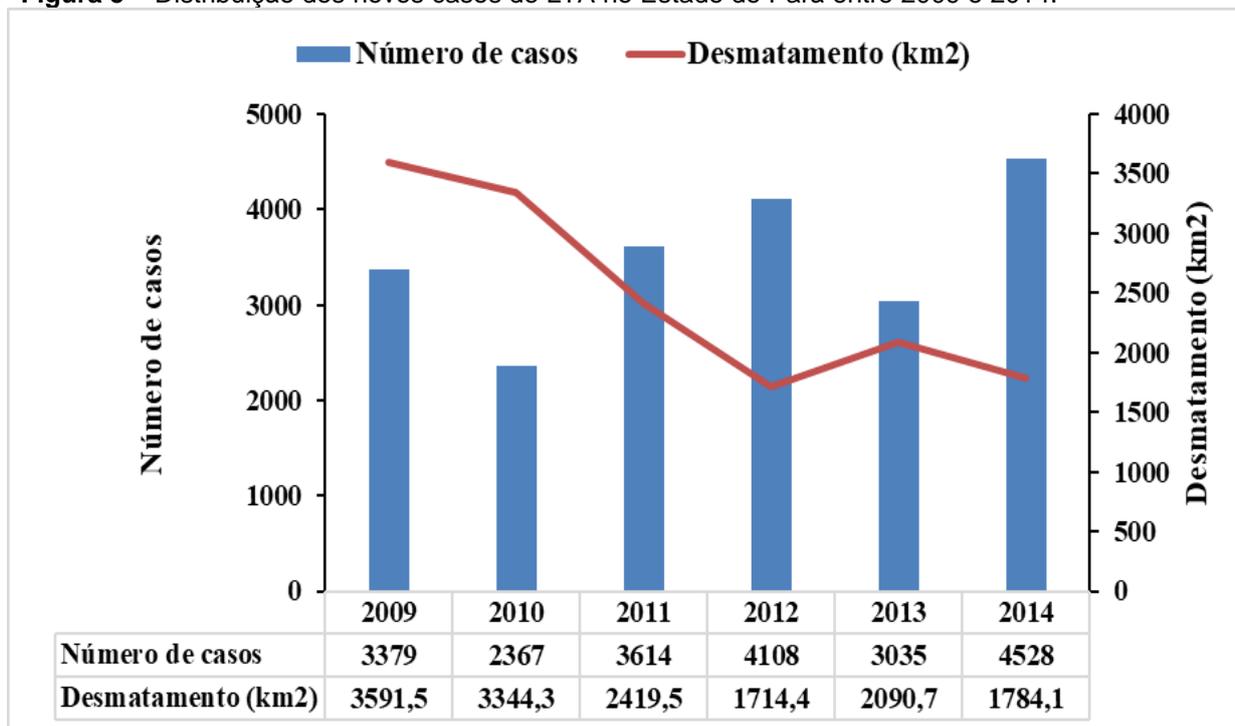
Figura 4 - Distribuição dos números de casos de LTA e temperatura média do ar, de 2009 a 2014 no Estado do Pará, Brasil. Dados apresentados para todos os municípios do Estado do Pará de 2009 a 2014.



Fonte: Alberio SHVO, et al., 2023.

Ao aplicar o teste paramétrico t entre os números de casos de LTA e desmatamento, encontrou-se um valor de $p < 0,05$, o que indica que há diferença significativa entre as médias dessas variáveis. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, que apresentou p-valor $> 0,05$.

Figura 5 – Distribuição dos novos casos de LTA no Estado do Pará entre 2009 e 2014.



Fonte: Alberio SHVO, et al., 2023.

DISCUSSÃO

O presente estudo analisou a correlação entre fatores ambientais e climáticos com número de casos novos de LTA no estado do Pará, localizado na Amazônia brasileira, durante um período de seis anos (2009 a 2014). Os fatores ambientais avaliados foram a precipitação, umidade relativa do ar, temperatura média do ar e desmatamento.

Na Amazônia brasileira, a LTA atinge um perfil bem definido: homens em idade economicamente ativa, com ocupações que envolvem atividades em zonas rurais ou periurbanas e afeta principalmente populações de baixa renda e baixa escolaridade (FARIAS FJAS, et al., 2021; ABRAÃO LSO, et al., 2020; TELES GC, et

al., 2019; GUERRA JAO, et al., 2019; CARDOSO RF, et al., 2015). Nota-se a coexistência de um duplo perfil epidemiológico de LTA, expresso pela manutenção de casos em antigos focos ou áreas próximas a eles, e pelo surgimento de surtos associados ao início de atividades econômicas, como mineração, expansão de fronteiras agrícolas, extrativismo e ecoturismo, que são conduzidas em condições ambientais altamente favoráveis à transmissão de doenças (BRILHANTE AF, et al., 2021; CHAVY A, et al., 2019). Além disso, a incidência de LTA está relacionada a flutuações na população dos reservatórios, vetores, mudanças ambientais e fatores climáticos (OMS, 2023; DAOUDI M, et al., 2022; CHARRAHY Z, et al., 2021; BRILHANTE AF, et al., 2021; SANTOS WS, et al. 2019).

Este estudo encontrou uma correlação positiva significativa entre o número de casos novos de LTA e a pluviosidade (**Figura 2**). A maioria dos casos ocorreu na estação chuvosa, de novembro a abril, padrão semelhante ao já relatado em outras pesquisas realizadas na Amazônia brasileira (SILVA KBM et al., 2021; OLIVEIRA MLN et al., 2019; CARDOSO RF, et al., 2015). Os achados deste estudo reafirmam o caráter de sazonalidade da leishmaniose, o que pode estar relacionado com a biologia do vetor da doença. Sabe-se que os flebotomíneos geralmente vivem em substratos úmidos no solo e proliferam com o aumento da umidade devido às chuvas, aumentando assim as chances de contágio (SILVA KBM et al., 2021; LOISEAU R, et al., 2019; SANTOS WS, et al. 2019).

Os resultados apontam para a menor frequência de LTA no ano de 2010, coincidindo com o ano da pior estiagem já registrada na região amazônica (MARENGO JA E ESPINOZA JC, 2015). A principal causa dessa estiagem foi o fenômeno El Niño (processo natural de aquecimento das águas do Pacífico), que provocou alterações no ciclo hidrológico da região, podendo ter influenciado na redução do número de notificações da doença. Fenômenos como o “El Niño” podem interferir no ciclo de transmissão de doenças vetoriais por meio do aumento ou diminuição dos níveis de chuva (FARIAS FJAS, et al., 2021; SILVA KBM et al., 2021; MARENGO JA E ESPINOZA JC, 2015).

Por outro lado, nos anos de 2012 e 2014 ocorreram enchentes devastadoras na região (SATYAMURTY P, et al., 2013) que coincidiram com o aumento do número de casos e, possivelmente, também exerceram alguma influência na dinâmica de transmissão da doença. As enchentes estão relacionadas à maior incidência de doenças transmitidas por vetores pois podem alterar o comportamento dos vetores, favorecendo sua proliferação (PINART MR et al., 2020; LOISEAU R, et al., 2019), situação já descrita por autores, inclusive na região amazônica (MARENGO JA E ESPINOZA JC, 2015; GALARDO AKR, et al, 2015; CARDOSO RF, et al., 2015).

Vale ressaltar que a relação entre pluviosidade e LTA é complexa e multifatorial, envolvendo interações entre fatores climáticos, ambientais, biológicos e sociais. Algumas pesquisas indicam que há uma correlação negativa entre a incidência de LTA e a pluviosidade em determinadas regiões geográficas (GUERRA JM, 2019; GUERRA JAO, et al., 2019.).

Esse fenômeno pode ser explicado pela diversidade de hospedeiros, vetores e espécies de *Leishmania* em cada região. Acredita-se que dependendo das características da chuva, esta possa exercer efeitos desfavoráveis sobre os flebotomíneos, reduzindo sua atividade e, conseqüentemente, a transmissão do parasita para humanos. A diminuição da atividade dos vetores durante períodos chuvosos pode estar relacionada a vários fatores, incluindo a redução da temperatura, o aumento excessivo da umidade e a destruição de possíveis criadouros e abrigos dos flebotomíneos.

Em concordância com a literatura, este estudo encontrou uma correlação positiva significativa entre a umidade relativa do ar e o número de casos novos de LTA (WIJERATHNA T e NAYANA G, 2023; HOSSEINFARD E, et al., 2021).

Mudanças no clima, embora pequenas, podem ter influência na distribuição geográfica da LTA, sobretudo pelo impacto na densidade e sobrevivência de reservatórios e vetores (CHARRAHY Z, et al., 2021, VALERO NNH, et al., 2021). Um relatório internacional recente afirma que a alta umidade relativa está entre os principais preditores da distribuição espacial da doença (WIJERATHNA T e NAYANA G, 2023). Em geral, umidade relativa do ar acima de 70% está associada a maior número de notificações (WIJERATHNA T e

NAYANA G, 2023), possivelmente devido à influência da alta umidade relativa do ar na redução do período de incubação do vetor e sua maturação.

Neste estudo não foi possível estabelecer associação entre a temperatura média e os casos notificados de LTA, provavelmente pelo fato de as oscilações de temperatura serem muito discretas no tempo e no local estudado e não terem sido suficientes para alterar o comportamento da LTA, concordando com outro estudo conduzido na região amazônica (GUERRA JAO, et al., 2019). Ainda assim, acredita-se que as condições de temperatura da região no período estudado tenham sido favoráveis para manutenção da endemia, visto que, a temperatura estável e próxima aos 25°C criam condições que favorecem o desenvolvimento do parasito nos vetores, além de facilitar a propagação da LTA por aumentar a densidade e a atividade dos flebotomíneos (REIS EF, et al., 2017).

Este estudo encontrou uma correlação positiva entre o desmatamento e a incidência de LTA que já foi demonstrada por outros autores (URSINE RL, et al.2023; SANTOS GRAC, et al., 2021). O desmatamento está intimamente relacionado com a propagação da LTA e com surtos da doença em áreas não endêmicas, além de proporcionar o aumento do risco de infecção em pessoas que vivem perto das áreas desmatadas (BRILHANTE AF, et al., 2021; SANTOS GRAC, et al., 2021, GUERRA JAO, et al., 2019.). Na Amazônia o desmatamento ocorre devido à expansão de atividades econômicas e os ciclos econômicos contribuíram para a expansão do LTA na região, como a construção de estradas (1960-70), garimpo (1970-80) e extração madeireira (1980-90) (VALE ECS e FURTADO T, 2005). Atualmente as indústrias de mineração e siderurgia causam grande mobilidade social para a região amazônica. Essas atividades movimentam agricultores, indígenas e ribeirinhos de suas terras e atraem trabalhadores de outras regiões do país, contribuindo para uma urbanização rápida e caótica devido à falta de infraestrutura e serviços de saneamento básico (URSINE RL, et al., 2023; CARDOSO RF, et al., 2015; CONGÍLIO CS, 2014.).

A literatura evidencia que em regiões como a Amazônia, onde a economia afeta profundamente o meio ambiente, a dinâmica econômica tem impacto direto na incidência de doenças parasitárias (URSINE RL, et al., 2023; LOISEAU R, et al., 2019). É importante ressaltar que ao longo dos seis anos estudados, o estado do Pará sofreu diversas alterações ambientais devido a expansão da pecuária e agricultura, extração mineral e desmatamento da Floresta Amazônica, que são fatores que permitem maior contato homem/vetor e aumentam o risco de infecção, interferindo na cadeia de transmissão da LTA. Entretanto, as complexas dinâmicas socioeconômicas do estado do Pará não foram avaliadas no presente estudo e podem influenciar o comportamento desta zoonose (SANTOS GRAC, et al., 2021; DIAS LBA, et al., 2021; BRILHANTE AF, et al., 2021). Além disso, fatores socioeconômicos e ambientais possuem flutuações multifatoriais difíceis de quantificar e analisar estatisticamente, fazendo com que o estudo da ecoepidemiologia de LTA na região Amazônica seja ainda mais complexo (URSINE RL, et al., 2023).

Na região amazônica, apesar da elevada incidência de LTA, ainda não foi estabelecida uma estratégia para a prevenção e controle efetivo da leishmaniose. A compreensão da ecoepidemiologia da LTA é uma boa ferramenta para o entendimento do comportamento desta zoonose, podendo contribuir para elaboração de melhores estratégias de vigilância e planejamento de ações para prevenção do agravo.

Algumas limitações podem ser observadas nesse estudo. Em primeiro lugar, a análise foi baseada em dados secundários de notificações de casos de leishmaniose, coletados pelo Sistema Nacional de Informações de Agravos de Notificação (SINAN), o que pode ter levado a subnotificação e subestimação dos casos reais de leishmaniose no estado do Pará. Além disso, os dados meteorológicos utilizados para análise foram obtidos de estações meteorológicas e podem não representar completamente as condições climáticas em todas as áreas do estado.

Outra limitação é que a análise se concentrou apenas em variáveis ambientais e climáticas, não incluindo fatores sociais e comportamentais que podem influenciar a transmissão da doença, como atividades humanas, características das comunidades afetadas e distribuição de reservatórios e vetores. Além disso, o estudo foi realizado em um único estado brasileiro, o Pará, o que limita a generalização dos resultados para outras regiões ou países.

CONCLUSÃO

O presente estudo analisou a relação entre variáveis ambientais e climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade e desmatamento) no estado do Pará, no período de 2009 a 2014. Foi evidenciado uma correlação positiva significativa entre o número de casos novos e a precipitação e umidade, reafirmando o caráter sazonal da Leishmaniose. Não foi encontrada correlação entre a temperatura e o número de casos de LTA, provavelmente devido às discretas variações de temperatura no tempo e local estudados. Foi encontrada uma correlação positiva significativa entre a incidência de Leishmaniose e o desmatamento. Conclui-se que variáveis ambientais e climáticas podem interferir no padrão de transmissão da LTA, no entanto, a compreensão da ecoepidemiologia da doença exige estudos amplos e complexos, com análises multifatoriais, sobretudo em regiões heterogêneas, como a Amazônia Brasileira.

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: :e202000612.
2. ADEGBOYE OA E ADEGBOYE M. Spatially correlated time series and ecological niche analysis of cutaneous leishmaniasis in Afghanistan. *Int j environ res public health*. 2017; 14:309.
3. ANDRADE AJ, et al. Taxonomia e sistemática de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) no Brasil e seus impactos na saúde pública. *Atualidades em medicina tropical no Brasil: vetores*. Rio Branco: Scritto Sensu, 2020; 137-54.
4. ANVERSA L, et al. Human leishmaniasis in Brazil: a general review. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 2018; 64: 281-289.
5. BRILHANTE AF, et al. Remarkable diversity, new records and Leishmania detection in the sand fly fauna of an area of high endemicity for cutaneous leishmaniasis in Acre state, Brazilian Amazonian Forest, *Acta Tropica*, 2021; 223: 106103.
6. CARDOSO, RF et al. Estudo socioepidemiológico e espacial da leishmaniose tegumentar americana em município do Pará. *Revista Paraense de Medicina*, 2015; 29(3):29-36.
7. CHARRAHY Z, et al. Climate change and its effect on the vulnerability to zoonotic cutaneous leishmaniasis in Iran. *Transbound emerg. Dis*, 2021.
8. CHAVY A, et al. Ecological niche modelling for predicting the risk of cutaneous leishmaniasis in the Neotropical moist forest biome. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019; 13:e0007629.
9. CONGÍLIO CS. Mineração, trabalho e conflitos Amazônicos no Sudeste do Pará. *R. Pol. Públ.* 2014; 195-199.
10. DAOUDI M, et al. Climate Change Influences on the Potential Distribution of the Sand Fly *Phlebotomus sergenti*, Vector of *Leishmania tropica* in Morocco. *Acta Parasitologica*, 2022; 1:1-9.
11. DIAS LBA, et al. Análise multitemporal de desflorestamento e queimadas na sub-bacia do rio Itacaiúnas, Marabá-Pará. *Research, Society and Development*. 2021; 10:e34010313255-e34010313255.
12. DOS SANTOS SRQ, et al. Variabilidade da Precipitação no Estado do Pará por meio de Análise em Componentes Principais. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 2014; 7:615-627.
13. FARIAS FJAS, et al. Epidemiological profile of American tegumentary leishmaniasis in the state of Maranhão in recent years, *Revista Multidisciplinar em Saúde*, 2021; 2 (3): 44
14. GALARDO AKR, et al. Phlebotominae sand flies (Diptera: Psychodidae): potential vectors of American cutaneous leishmaniasis agents in the area associated with the Santo Antônio Hydroelectric System in Western Amazonian Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2015; 48:265-271.
15. GUERRA JAO, et al. Socioenvironmental aspects of the Purus Region-Brazilian Amazon: Why relate them to the occurrence of American Tegumentary Leishmaniasis?. *PLoS One*, 2019; 14(2):e0211785.
16. GUERRA JM. Novas perspectivas sobre os diferentes cenários eco-epidemiológicos da leishmaniose visceral canina no Estado de São Paulo, Brasil: do diagnóstico à interação parasita-hospedeiro. 2019.
17. HOSSEINI-FARD E, et al. Species Composition and Seasonal Activity of Phlebotominae Sand Flies in Kuhdasht City, Lorestan Province, Iran. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 2021; 15:2289.

18. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Available: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa>.
19. LOISEAU R, et al. American cutaneous leishmaniasis in French Guiana: an epidemiological update and study of environmental risk factors. *International journal of dermatology*, 2019; 58(11):1323-1328.
20. MARENGO JA E ESPINOZA JC. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 2015; 36:1033-1050.
21. Ministério da Saúde, Brazil. Situação epidemiológica da Leishmaniose Tegumentar (LT). Leishmaniose Tegumentar - casos. 2020.
22. OLIVEIRA, MLN. Análise epidemiológica da Leishmaniose Visceral no Estado do Tocantins no período de 2007 a 2017. *Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção*, 2019; 9(4):316-322.
23. Organização Pan Americana da Saúde Leishmanioses: Informe Epidemiológico nas Américas; 2019. Mar 01, 2019. [2022 Jan 20]. Available from: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/50505/2019-cde-leish-informe-epi-das-americas.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
24. PINART MR, et al. Interventions for American cutaneous and mucocutaneous leishmaniasis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2020; 8(8):CD004834.
25. PINTO CS, et al. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) do nordeste do Pará, Brasil, com expansão da distribuição conhecida de *Evandromyia andersoni*. *Rev Pan-Amaz Saude*, 2023; 14: e202301302.
26. REIS EF, et al. Modelagem Matemática e Biologia associadas para estudo da leishmaniose no ensino médio. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 2017; 5(1):38-47.
27. SANTOS GRAC, et al. Perfil epidemiológico dos casos de leishmaniose tegumentar americana no Brasil, *Enfermagem em Foco*, 2021; 12(5): 1047-53.
28. SANTOS WS, et al. Flebotomíneos (Psychodidae: Phlebotominae) de área endêmica para leishmaniose cutânea e visceral no nordeste do estado do Pará, Brasil. *Rev Pan-Amazônica Saúde*, 2019; 10.
29. SATYAMURTY P, et al. A quick look at the 2012 record flood in the Amazon Basin. *Geophysical Research Letters*, 2013; 40:1396–1401.
30. SEDEME. State Secretary of Economical Development, Mining and Energy. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia. 2022.
31. SEMAS. State Secretary of Environment and sustainability. Secretaria do Meio Ambiente e Sustentabilidade. 2022. Available: <https://www.semas.pa.gov.br>
32. SHIMABUKURO PHF, et al. Checklist of American sand flies (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae): genera, species, and their distribution. *ZooKeys* 660, 2017; 660 (8):76-106.
33. SILVA KBM, et al. Análise espacial da leishmaniose visceral no município de Palmas, Tocantins, Brasil. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 2017; 13(25):18.
34. TELES, GC, et al. American tegumentary leishmaniasis in the Brazilian Amazon from 2010 to 2014. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 2019; 61: e22.
35. URSINE RL, et al. Influence of anthropic changes and environmental characteristics on the occurrence of Tegumentary Leishmaniasis in Montes Claros, Minas Gerais, Brazil, between 2012 and 2019. *Acta Tropica*, 2023; 238:106787.
36. VADMAL GM, et al. Data-driven predictions of potential *Leishmania* vectors in the Americas. *PLoS Negl Trop Dis*. 2023; 17(2):e0010749.
37. VALE ECS e FURTADO T. Leishmaniasis in Brazil: a historical review related to the origin, expansion and etiology. *An Bras Dermatol*. 2005; 80:421-428.
38. VALERO NNH, et al. Environmental and socioeconomic risk factors for visceral and cutaneous leishmaniasis in São Paulo, Brazil. *Science of The Total Environment*, 2021; 797:148960.
39. WHO. Leishmaniasis Fact Sheet. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis>. Acessado em: 03 de maio de 2023.
40. WIJERATHNA T e NAYANA G. Time series analysis of leishmaniasis incidence in Sri Lanka: evidence for humidity-associated fluctuations. *International Journal of Biometeorology*, 2023; 67(2): 275-284.