

AFYA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
CURSO DE MEDICINA

ARILSON SANTOS DE ANDRADE FILHO
ELIVAN DA SILVA ALENCAR
GESSIKA RAFAELLA SOUSA SIQUEIRA

DESMATAMENTO E LEISHMANIOSE VISCERAL: LIGANDO MUDANÇAS DE
PAISAGEM E SAÚDE NA AMAZÔNIA

BRAGANÇA, PARÁ

2025

ARILSON SANTOS DE ANDRADE FILHO
ELIVAN DA SILVA ALENCAR
GESSIKA RAFAELLA SOUSA SIQUEIRA

DESMATAMENTO E LEISHMANIOSE VISCERAL: LIGANDO MUDANÇAS DE
PAISAGEM E SAÚDE NA AMAZÔNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Medicina da Afya Faculdade de Ciências
Médicas como requisito para obtenção do grau de
Médico.

Orientador: Prof. Dr. Diego Simeone

BRAGANÇA, PARÁ

2025

AGRADECIMENTOS

Com o coração transbordando gratidão, iniciamos este momento especial, dedicando nossas primeiras palavras a Deus, a força maior que guiou nossos passos, iluminou nosso caminho e concedeu a perseverança necessária para chegar até aqui.

A nossa família, nosso alicerce, porto seguro, o nosso mais profundo e sincero agradecimento. A vocês, que nos apoiaram incondicionalmente, vibraram com a nossas conquistas e nos impulsionaram a seguir em frente, mesmo diante dos desafios.

E, com imensa honra e respeito, estendemos os nossos agradecimentos ao nosso orientador, Dr. Diego Simeone. Sua dedicação, sabedoria e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Suas orientações precisas, o incentivo constante e a paixão pelo conhecimento nos inspiraram e conduziram por essa jornada. Somos imensamente gratos por sua orientação, que transformou a caminhada em uma experiência de aprendizado e crescimento.

Enfim, que esta conquista seja apenas o início de uma jornada repleta de realizações e que cada passo dado seja uma celebração da vida, da fé e da busca incessante pelos nossos sonhos. Que a força que nos moveu até aqui continue nos impulsionando a alcançar novos horizontes.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Delimitação geográfica da Amazônia Legal brasileira03

Figura 2. Figura 2. Tendências temporais das áreas anuais desmatadas (barras verdes, km²) e da incidência de leishmaniose visceral (linha vermelha suavizada por LOESS, casos por 100.000 habitantes) na região amazônica de 2001 a 202307

Figura 3. Distribuições espaciais do desmatamento (gradiente de cor de fundo, área desmatada média anual em km²) e da incidência de leishmaniose visceral (círculos roxos, casos por 100.000 habitantes) na região amazônica durante três períodos: 2001–2007, 2008–2015 e 2016–2023.....07

RESUMO

A leishmaniose visceral (LV) é uma doença tropical negligenciada cuja transmissão depende fortemente de fatores ambientais e sociais. Na região amazônica, o avanço do desmatamento tem despertado preocupações quanto ao seu impacto na dinâmica da doença. Este estudo analisou a relação espaço-temporal entre a incidência de LV e o desmatamento entre 2001 e 2023 em todas as regiões de saúde da Amazônia brasileira. Foram utilizados dados anuais de casos confirmados e áreas desmatadas, agregados por região e avaliados por modelos estatísticos temporais e espaciais. Os resultados indicaram uma associação significativa entre desmatamento e aumento da incidência de LV, com elevação dos casos notificados especialmente entre 2001 e 2010 e a partir de 2015. A análise espacial mostrou maior concentração de casos nas áreas mais desmatadas, sobretudo no chamado “arco do desmatamento”. Apesar das limitações de um estudo ecológico, que não permite estabelecer causalidade direta, os achados evidenciam correlações relevantes para compreender os mecanismos ecológicos que relacionam mudanças no uso do solo, vetores e reservatórios da doença. A incorporação de indicadores ambientais aos sistemas de vigilância em saúde pode aprimorar a detecção precoce de surtos e contribuir para estratégias de controle mais efetivas. Além disso, reforça a necessidade de políticas públicas intersetoriais alinhadas ao conceito de Saúde Única da Organização Mundial da Saúde, especialmente importantes para regiões amazônicas socialmente vulneráveis e em acelerado processo de transformação ambiental.

Palavras – chaves: Região amazônica. Perturbação antropogênica. Fatores ecológicos. Flebotomíneos. Doenças transmitidas por vetores

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	2
2 METODOLOGIA.....	2
2.1 Delineamento do estudo.....	2
2.2 Análise dos dados	4
3 RESULTADOS	6
4 DISCUSSÃO.....	8
5 CONCLUSÃO.....	9
REFERÊNCIAS	11

1 INTRODUÇÃO

As regiões tropicais têm sido historicamente consideradas focos de diversas doenças tropicais transmitidas por vetores, devido a fatores como pobreza e condições climáticas favoráveis à proliferação de vetores (Grifferty et al., 2021). Isso é especialmente preocupante em florestas tropicais, que abrigam alta biodiversidade e incluem vetores de grande importância para a saúde pública, como aqueles que transmitem a leishmaniose (Tazerji et al., 2022). A leishmaniose é um grupo de doenças tropicais negligenciadas causadas por protozoários do gênero *Leishmania* e é transmitida pela picada de fêmeas infectadas de flebotomíneos (Borges et al., 2022; Ramos et al., 2014). Com manifestações clínicas que variam de formas cutâneas e mucocutâneas a viscerais, a leishmaniose representa um grande desafio para a saúde pública em regiões tropicais e subtropicais (Vadmal et al., 2023). A leishmaniose visceral (LV), a forma mais grave, apresenta alta mortalidade quando não tratada. na América Latina, especialmente nas regiões Norte e Nordeste (Achilles et al., 2021).

Os padrões de ocorrência da leishmaniose visceral (LV) estão frequentemente ligados a fatores ambientais como desmatamento, temperatura, variabilidade de chuvas e mudanças no uso da terra (Campolongo et al., 2022). A fragmentação do habitat resultante do desmatamento tem sido associada a mudanças na dinâmica de transmissão, potencialmente aumentando as interações entre vetores, reservatórios e populações humanas (Confalonieri et al., 2014; Miranda et al., 2024). Na Amazônia, a conversão de florestas em paisagens agrícolas ou urbanas tem remodelado os contextos ecológicos e sociais de maneiras que podem influenciar a distribuição da doença (Palmeirim et al., 2025; Vitor et al., 2025). A redução da cobertura vegetal pode deslocar os flebotomíneos de seu habitat natural, ao mesmo tempo que cria microambientes favoráveis à sua proliferação (Killick-Kendrick, 1999; Ready, 2013). Esses processos sugerem possíveis ligações entre o desmatamento e a transmissão da LV e afeta desproporcionalmente populações vulneráveis, incluindo crianças, idosos e indivíduos imunocomprometidos (Cosma et al., 2024). No Brasil, a doença é endêmica, contribuindo para aproximadamente 90% dos casos de risco de leishmaniose visceral em humanos, cães e reservatórios silvestres (Brito dos Santos et al., 2021).

Nesse sentido, o estudo buscou compreender como a incidência de leishmaniose visceral está associada ao desmatamento é particularmente importante em regiões que experimentam urbanização rápida e não planejada e enfrentam vulnerabilidades socioeconômicas (Borges et al.,

2022; Furtado et al., 2022). Embora estudos anteriores tenham examinado as correlações socioeconômicas da leishmaniose visceral na Amazônia (Carvalho Miranda et al., 2022; Miranda et al., 2024), nosso objetivo foi aplicar modelos estatísticos para avaliar as associações espaciais e temporais entre o desmatamento e a leishmaniose visceral em larga escala. Levantamos a hipótese de que o aumento das áreas desmatadas estaria associado ao aumento da incidência de leishmaniose visceral na Amazônia, refletindo possíveis ligações com mudanças na distribuição espacial de vetores e reservatórios impulsionadas por alterações ambientais.

1.1 Objetivos

Analisou a relação espaço-temporal entre a incidência de LV e o desmatamento entre 2001 e 2023 em todas as regiões de saúde da Amazônia brasileira.

Compreender como a incidência de leishmaniose visceral está associada ao desmatamento é particularmente importante em regiões que experimentam urbanização rápida e não planejada e enfrentam vulnerabilidades socioeconômicas

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento do estudo

Este estudo foi realizado na Amazônia Legal brasileira (Fig. 1), que abrange aproximadamente 5,2 milhões de km² e 61% do território nacional (Rodrigues et al., 2025), e inclui nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (Fig. 1). A região possui uma população estimada em mais de 28 milhões de habitantes, distribuídos de forma heterogênea entre centros urbanos e extensas áreas rurais, refletindo uma alta diversidade socioambiental. O desmatamento na Amazônia intensificou-se a partir da década de 1970, impulsionado pela construção de rodovias e incentivos à expansão agrícola (Marengo et al., 2018).

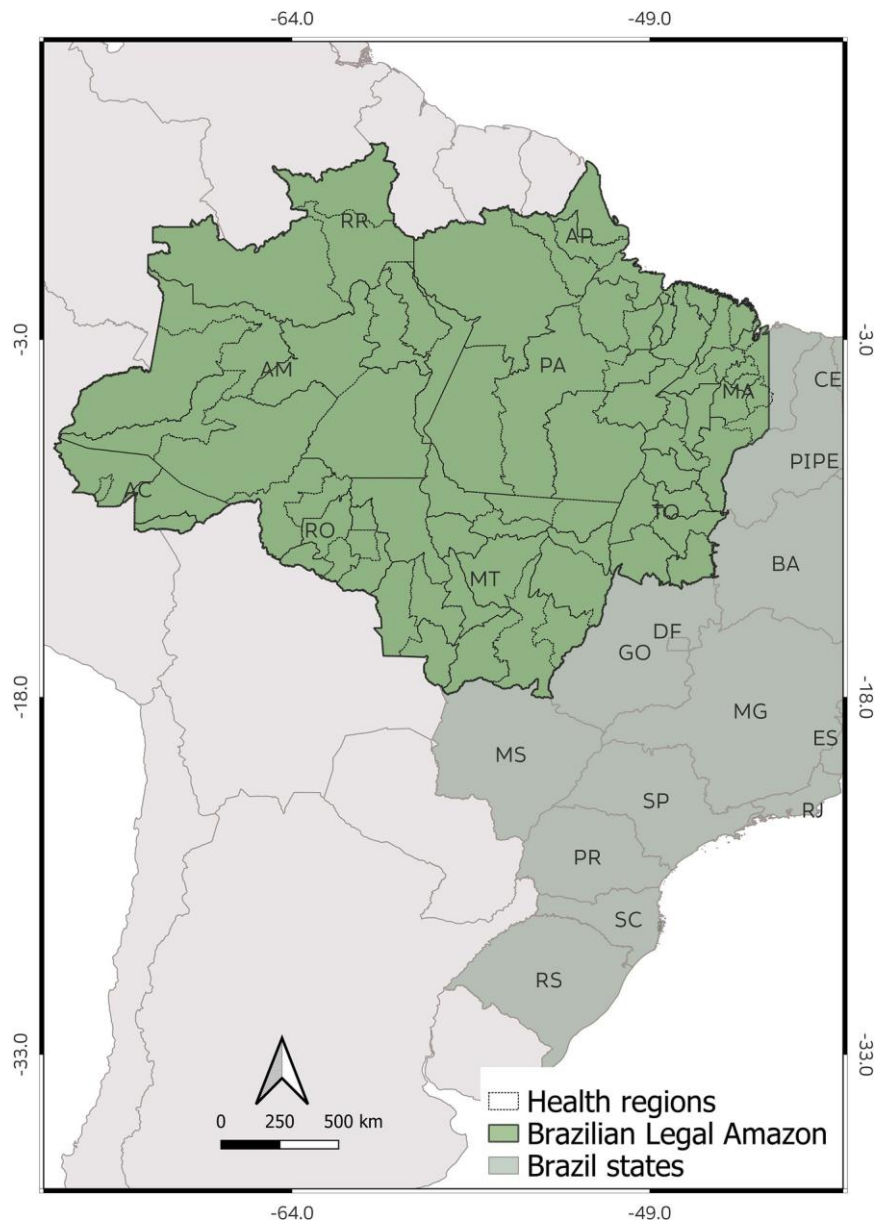


Figura 1. Delimitação geográfica da Amazônia Legal brasileira, abrangendo os estados do Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Maranhão (MA), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR) e Tocantins (TO), e suas respectivas regiões de saúde (linhas pontilhadas). O mapa também mostra os limites dos demais estados brasileiros para referência.

Coletamos e agregamos dados sobre a ocorrência de leishmaniose visceral e desmatamento anual (km²) de acordo com as regiões de saúde, que são divisões territoriais criadas para organizar e descentralizar os serviços dentro do Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro. Essas regiões agrupam municípios vizinhos com base em similaridades socioeconômicas e na existência de uma

rede de municípios de pequeno e médio porte, possibilitando a integração dos serviços de saúde. O uso de unidades espaciais maiores e mais homogêneas reduz a instabilidade estatística associada a pequenas populações e à heterogeneidade dos municípios individualmente (Barcellos et al., 2024).

Os dados de ocorrência de leishmaniose visceral, confirmados por testes clínicos ou laboratoriais, foram obtidos do DataSUS, o repositório público do Ministério da Saúde do Brasil que consolida as informações notificadas pelas secretarias de saúde por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Os casos de leishmaniose visceral foram filtrados por região de saúde de acordo com o município de residência entre 2001 e 2023, excluindo casos fora da Amazônia Legal brasileira. O tamanho da população por ano e região de saúde também foi obtido do DataSUS para o cálculo das taxas de incidência anuais. Os totais populacionais para 2001 e 2023 foram baseados em censos demográficos, com estimativas do Ministério da Saúde utilizadas para os anos intermediários. Os dados sobre a área desmatada anualmente (km²) entre 2001 e 2023 foram obtidos do Programa de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia Legal (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O PRODES fornece dados numéricos sobre os incrementos anuais de áreas desmatadas por município. Esses valores foram atribuídos aos respectivos polígonos das regiões de saúde e calculada a média anual por meio de uma junção espacial no pacote sf do R (Pebesma e Bivand, 2025).

2.2 Análise dos dados

Todas as análises foram realizadas utilizando o software GNU R versão 4.4.1 (R Core Team, 2024). Primeiramente, calculamos a taxa de incidência de LV para cada região de saúde, dividindo o número de casos pela população estimada e expressando o resultado por 100.000 habitantes. Essa abordagem permitiu comparações entre regiões com diferentes tamanhos populacionais.

Avaliamos a dinâmica temporal da incidência de LV por meio de um modelo de suavização de dispersão localmente ponderada (LOESS) implementado no pacote stats (R Core Team, 2024). As taxas de incidência anuais foram agregadas por regiões de saúde para obter uma incidência média por ano. Um modelo LOESS com um intervalo de suavização de 50% foi então ajustado a essas médias anuais para identificar tendências não lineares ao longo do tempo, e os valores previstos foram usados para construir uma tendência de incidência contínua. Os anos com aumentos simultâneos na incidência e no desmatamento foram determinados calculando as

diferenças anuais para cada variável, normalizando-as para uma linha de base comum para facilitar a visualização conjunta de suas dinâmicas temporais (Fritsch et al., 2020).

A associação entre a área desmatada média e a incidência estimada foi avaliada por meio de um modelo de regressão de mínimos quadrados generalizados. Para levar em consideração as respostas epidemiológicas defasadas, regredimos a incidência em relação ao desmatamento com defasagem de um e dois anos. Uma estrutura autorregressiva de primeira ordem [corAR1(form = ~ year)] foi aplicada para tratar a autocorrelação temporal nos resíduos, conforme confirmado pela inspeção das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial e pelo teste de Ljung-Box. Os pressupostos do modelo foram avaliados por meio de diagnósticos de resíduos, incluindo os testes de Shapiro-Wilk e Breusch-Pagan para normalidade e heterocedasticidade. Análises de sensibilidade foram realizadas para testar a robustez do modelo, excluindo anos extremos (2001 e 2023), variando as defasagens temporais (1 a 3 anos) e ajustando a incidência em $\pm 10\%$ para simular o viés de notificação.

Para a análise espacial, a incidência de LV e o desmatamento médio anual foram agregados em três períodos (2001–2007, 2008–2015 e 2016–2023). Essa estratificação permitiu a avaliação das tendências de longo prazo na progressão espaço-temporal da LV na Amazônia brasileira, caracterizada por incidência heterogênea e períodos de expansão geográfica acelerada (Barcellos et al., 2024). Os dados geoespaciais das regiões de saúde foram importados de um arquivo shapefile por meio do pacote sf (Pebesma e Bivand, 2025) e integrados com os registros de incidência e desmatamento. Os vizinhos espaciais foram definidos por meio de um critério de contiguidade de rainha de primeira ordem, e uma matriz de pesos espaciais padronizada por linha foi utilizada.

A matriz de pesos espaciais foi construída por meio do pacote spdep (Bivand, 2022). Um modelo de regressão com defasagem espacial (pacote spatialreg; Pebesma e Bivand, 2025) foi ajustado, tendo a incidência de leishmaniose visceral como variável dependente e a área desmatada média como preditora, incorporando a matriz de pesos espaciais para contabilizar a dependência espacial. Erros padrão robustos foram calculados e a adequação do modelo foi avaliada por meio do índice I de Moran residual e diagnósticos quantil-quantil. Descreva os métodos usados para análise dos dados.

3 RESULTADOS

A inspeção visual da Figura 2 indica uma correspondência temporal entre o desmatamento e a incidência de leishmaniose visceral (LV). A incidência aumentou de 2001 a 2010, diminuiu entre 2011 e 2014 e voltou a aumentar após a intensificação do desmatamento (Tabela Suplementar S1). Esse padrão descritivo foi corroborado pela análise de regressão, que revelou uma associação forte e estatisticamente significativa entre a incidência e a área desmatada anualmente ao longo do tempo ($\beta = 0,0051$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,74$; intervalo de confiança de 95% (IC): 0,0038–0,0064). A análise de defasagem temporal revelou uma associação positiva significativa entre o desmatamento e a incidência de LV. Com uma defasagem de um ano, cada km² adicional de área desmatada foi associado a um aumento de 0,0046 casos por 100.000 habitantes ($\beta = 0,0046$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,49$; IC 95%: 0,0028–0,0065). Uma defasagem de dois anos também mostrou uma associação significativa, embora mais fraca ($\beta = 0,0035$, $p < 0,01$, $R^2 = 0,31$; IC 95%: 0,0015–0,0056).

Os diagnósticos de resíduos confirmaram a adequação dos modelos de defasagem temporal, sem evidências de autocorrelação (Ljung-Box $p = 0,69$ e $p = 0,46$) ou heterocedasticidade (Breusch-Pagan $p = 0,54$ e $p = 0,49$). Além disso, os resíduos seguiram uma distribuição aproximadamente normal (Shapiro-Wilk $p = 0,79$ e $p = 0,73$). Os gráficos de diagnóstico são apresentados na Figura Suplementar S1. As análises de sensibilidade corroboraram a robustez das associações, com direções e magnitudes de efeitos consistentes após a exclusão de anos extremos, variação das defasagens temporais ou ajuste das taxas de incidência para simular subnotificação e supernotificação (Tabela Suplementar S2). A regressão espacial com defasagem demonstrou uma associação significativa entre o desmatamento e a incidência de leishmaniose visceral ($\beta = 0,0011$, $p = 0,02$, $R^2 = 0,30$; IC 95%: 0,0001–0,0021). Mapas de distribuição derivados do modelo indicam que as regiões com maior desmatamento coincidiram com elevada incidência de leishmaniose visceral, particularmente entre 2016 e 2023 (Fig. 3). No entanto, os maiores aumentos nos casos notificados foram observados em regiões vizinhas às áreas mais desmatadas. O modelo indicou dependência espacial moderada ($\rho = 0,04$, $p < 0,001$; IC 95%: 0,03–0,06) e explicou adequadamente a estrutura espacial dos dados, sem autocorrelação residual detectada (Índice de Moran = 0,43, $p = 0,66$; Figura Suplementar S2). Erros padrão robustos produziram resultados semelhantes, confirmando a estabilidade das estimativas dos parâmetros ($\beta = 0,0007$; $p = 0,14$; IC 95%: –0,0004–0,0019).

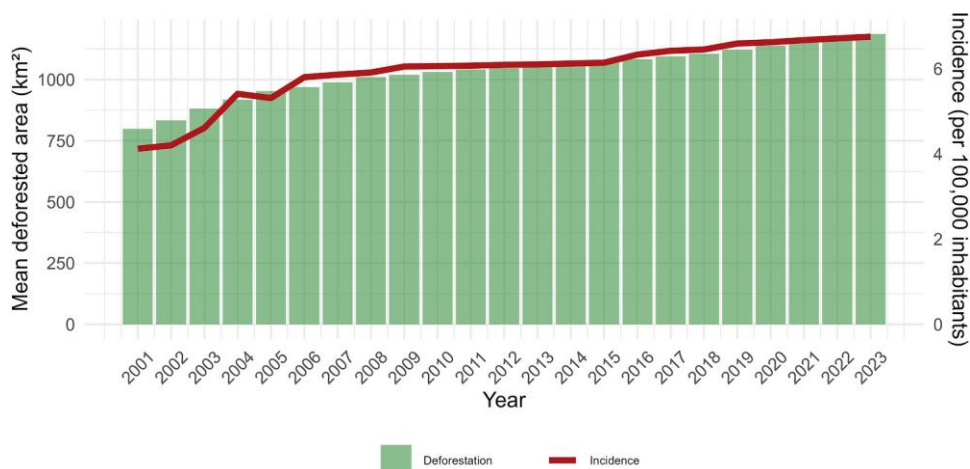


Figura 2. Tendências temporais das áreas anuais desmatadas (barras verdes, km²) e da incidência de leishmaniose visceral (linha vermelha suavizada por LOESS, casos por 100.000 habitantes) na região amazônica de 2001 a 2023. O modelo LOESS (span = 0,5) foi aplicado para destacar padrões temporais não lineares, e a associação entre o desmatamento e as tendências de incidência foi posteriormente testada por meio de um modelo de regressão de mínimos quadrados generalizados com estrutura autorregressiva para contabilizar a autocorrelação residual.

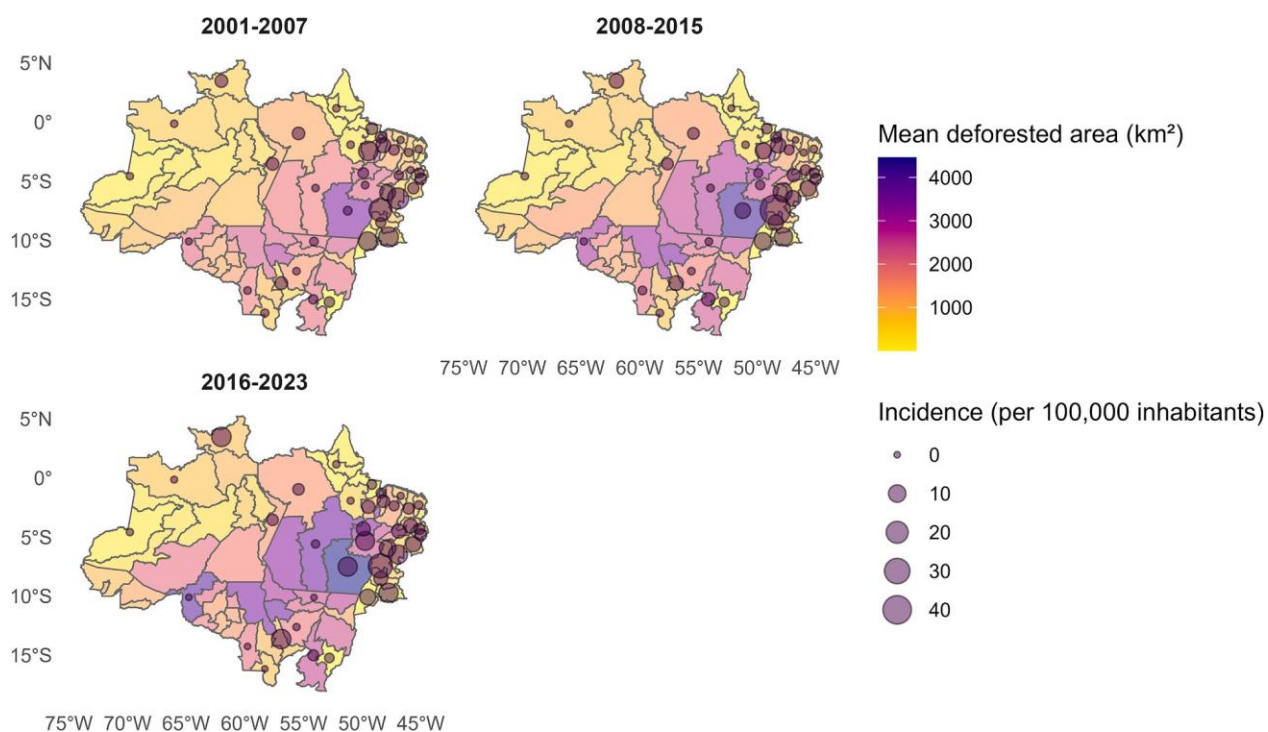


Figura 3. Distribuições espaciais do desmatamento (gradiente de cor de fundo, área desmatada média anual em km²) e da incidência de leishmaniose visceral (círculos roxos, casos por 100.000 habitantes) na região amazônica durante três períodos: 2001–2007, 2008–2015 e 2016–2023.

4 DISCUSSÃO

Nosso estudo demonstrou uma forte associação entre o desmatamento e a incidência de leishmaniose visceral na Amazônia entre 2001 e 2023, ampliando análises anteriores realizadas em escalas espaciais e temporais menores (Carvalho Miranda et al., 2022; Hage et al., 2024). Ao modelar essa relação em todas as regiões de saúde, conseguimos capturar as tendências de longo prazo, que não são evidentes em estudos regionais. O desmatamento provavelmente atua como um indicador de mudanças socioambientais mais amplas, incluindo urbanização, migração e atividade econômica, em vez de representar um único fator causal. Além disso, outros fatores ambientais e climáticos, como a variabilidade da precipitação, a temperatura e a distribuição de reservatórios, também podem ter contribuído para os padrões de incidência observados (Campolongo et al., 2022), destacando a natureza multifatorial da epidemiologia da leishmaniose visceral.

Os aumentos temporais na incidência de leishmaniose visceral coincidiram com períodos de desmatamento acelerado, particularmente no chamado arco do desmatamento, onde a expansão agrícola, a mineração e os novos assentamentos estão concentrados (Marengo et al., 2018). A análise de defasagem temporal reforça essa ligação, sugerindo que o desmatamento está associado a um aumento tardio, porém sustentado, no risco de LV. Esse padrão provavelmente resulta de mudanças ecológicas que modificam as populações de vetores e aumentam a exposição humana, ressaltando o papel da transformação da paisagem na formação da dinâmica da doença (Miranda et al., 2024). Associações semelhantes foram relatadas em outras regiões endêmicas, onde mudanças na paisagem, crescimento periurbano e vulnerabilidade socioeconômica influenciam o risco da doença (Adorno et al., 2022; Guimarães e Silva et al., 2023).

Curiosamente, os maiores aumentos nos casos relatados ocorreram em regiões adjacentes às áreas mais desmatadas, sugerindo que a difusão espacial do risco foi possivelmente mediada pela dispersão do vetor e pelo movimento humano (Adorno et al., 2022). Embora mecanismos ecológicos como a alteração dos habitats dos flebotomíneos e o aumento do contato com reservatórios domésticos e silvestres sejam explicações plausíveis para o aumento da incidência de leishmaniose visceral (Capucci et al., 2023; Vilas-Boas et al., 2024), nosso estudo não mediu a dinâmica do vetor ou dos reservatórios. Portanto, esses fatores devem ser considerados hipóteses para futuras pesquisas em regiões tropicais. Uma limitação do nosso estudo é a cobertura desigual

dos sistemas de informação em saúde na Amazônia. A subnotificação é comum em áreas remotas ou com poucos recursos (Choi et al., 2024; Simeone et al., 2025).

Em contraste, as fronteiras do desmatamento frequentemente coincidem com melhor infraestrutura e maior acesso aos serviços de saúde, potencialmente levando a uma maior detecção de casos do que em regiões mais preservadas. Como os dados foram anonimizados e agregados, não pudemos determinar a área precisa de exposição para cada caso, o que pode ter reduzido ainda mais a precisão das estimativas de incidência. Esse viés sistemático pode reforçar a correlação observada e exige cautela na interpretação dos resultados.

Além disso, a ausência de dados entomológicos detalhados e de inquéritos de infecção canina restringe a capacidade de aprimorar as inferências mecanicistas e de projetar medidas de controle direcionadas (Massey et al., 2025). Apesar dessas ressalvas, nossos achados destacam o desmatamento como um indicador-chave de vulnerabilidade socioambiental à leishmaniose visceral. A integração de dados de uso da terra na vigilância poderia melhorar a identificação precoce de áreas de risco e orientar intervenções como educação em saúde, controle vetorial direcionado e detecção proativa de casos em comunidades recém-estabelecidas (Tazerji et al., 2022; Wilke et al., 2025). Essa integração pode melhorar o monitoramento, mas seu sucesso depende de governança, recursos e coordenação intersetorial.

A adoção de uma abordagem de Saúde Única, conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS 2021a; 2021b), continua sendo crucial para o enfrentamento de zoonoses negligenciadas em ambientes em rápida transformação. Experiências internacionais demonstram os benefícios da combinação de ações em saúde humana, animal e ambiental (Lain et al., 2020). No Brasil, o avanço dessa integração é essencial para atingir as metas do Roteiro Global para Doenças Tropicais Negligenciadas 2021-2030 e para mitigar os impactos na saúde das mudanças ambientais em curso na Amazônia.

5 CONCLUSÃO

Nossas descobertas indicam que a incidência de leishmaniose visceral aumentou ao longo do tempo na região amazônica, com padrões que, em algumas áreas, coincidiram com o desmatamento, particularmente em zonas de intensa mudança no uso da terra. No entanto, a relação

espacial não foi homogênea, refletindo a complexidade da dinâmica da doença em um contexto socioambiental tão diverso. Recomendamos que as políticas públicas incorporem indicadores ambientais aos sistemas de vigilância epidemiológica, abordando também os determinantes sociais mais amplos da saúde. Essa integração pode aprimorar o monitoramento, subsidiar ações de controle mais eficientes e otimizar recursos em áreas prioritárias. Abordagens intersetoriais que articulem as agendas de saúde e meio ambiente continuam sendo particularmente relevantes na Amazônia, onde as mudanças na paisagem e a vulnerabilidade social interagem para moldar o risco de doenças.

REFERÊNCIAS

- Achilles, G.R., Kautzmann, R.P., Figueiredo Chagas, H.D., Pereira-Silva, J.W., Almeida, J.F., Fonseca, F.R., Ferreira da Silva, M.N., Costa Pessoa, F.A., Dales Nava, A.F., Rios-Velasquez, C.M., 2021. Presença de tripanossomatídeos, com ênfase em *Leishmania*, em mamíferos Rodentia e *Didelphimorphia* de um assentamento rural na região central da Amazônia. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 116, e200427. <https://doi.org/10.1590/0074-02760200427>.
- Adorno, B.R., Santos, L.A.C., Silva, A.C.L., Souza, M.M.O., Neto, C., 2022. Desmatamento, uso do solo no Cerrado e a incidência de leishmaniose visceral, malária e febre amarela no estado de Goiás: uso e mudanças ambientais. *Rev. Bras. Geogr. Fis.* 15, 2853–2865. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.6.p2853-2865>.
- Barcellos, C., Matos, V., Lana, R.M., Lowe, R., 2024. Mudanças climáticas, anomalias térmicas e a progressão recente da dengue no Brasil. *Sci. Rep.* 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56044-y>.
- Bivand, R., 2022. Pacotes R para análise de dados espaciais: um estudo de caso comparativo com dados de área. *Geogr. Anal.* 54, 488–518. <https://doi.org/10.1111/gean.12319>. Borges, M.S., Niero, L.B., Sant’ana da Rosa, L.D., Citadini-Zanette, V., Elias, G.A., Amaral, P.A., 2022. Fatores associados à expansão da leishmaniose em áreas urbanas: uma revisão sistemática e bibliométrica (1959-2021). *J. Public Health Res.* 11. <https://doi.org/10.1177/22799036221115775>.
- Brito dos Santos, C.V., Seva, A.P., Werneck, G.L., Struchiner, C.J., 2021. O desmatamento impulsiona a transmissão da leishmaniose visceral? Uma análise causal. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 288. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1537>.
- Campolongo, C., Silva, R.E., Azevedo, R.C.F., Pesenato, I.P., Carioca, A.C.F., Alves, B.F., Castelli, G.S.N., Onofrio, V.C., Marcili, A., 2022. Prevalência de *Leishmania infantum* em cães de áreas desmatadas do bioma Amazônia. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 22, 108–113. <https://doi.org/10.1089/vbz.2021.0067>.
- Capucci, D.C., Campos, A.M., Reis Soares, J.V., Ramos, V.D.V., Binder, C., Lima, M.A., Margonari, C., Andrade Filho, J.D., 2023. Ecologia e infecção natural de flebotomíneos em diferentes ecótopos e ambientes no município de Pains, Minas Gerais, Brasil. *Acta Trop.* 238. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106789>. Carvalho Miranda, C.S., Souza, B.C., Miranda Filgueiras, T.C.G., Sousa, A.M., Silva Peixoto, M.C., Garcia Miranda Filgueiras, T.C., Carvalho Miranda, F.J., Althoff, S.L., Correa Carvalho, R.G., Goncalves, N.V., 2022. Leishmaniose visceral e uso e cobertura da terra na região de integração de Carajás, Amazônia oriental, Brasil. *Trop. Med. Infect. Dis.* 7. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7100255>.
- Choi, B.C.K., Barengo, N.C., Diaz, P.A., 2024. Vigilância em saúde pública e o paradigma de dados, informação, conhecimento, inteligência e sabedoria. *Pan Am. J. Public Health* 48, 1. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2024.9>.
- Confalonieri, U.E.C., Margonari, C., Quintao, A.F., 2014. Mudanças ambientais e a dinâmica das doenças parasitárias na Amazônia. *Acta Trop.* 129, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.09.013>.
- Cosma, C., Maia, C., Khan, N., Infantino, M., Del Riccio, M., 2024. Leishmaniose em humanos e animais: uma abordagem de saúde única para vigilância, prevenção e controle em um mundo em mudança. *Trop. Med. Infect. Dis.* 9. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed9110258>. Filho, A.S.A.,

Alencar, E.S., Siqueira, G.R.S., Fernandes, M.E.B., Oliveira-Filho, A.B., Simeone, D., 2025. Dados e script R para análises temporais e espaciais do desmatamento e da leishmaniose visceral na Amazônia brasileira (2001-2023).

Figshare. Conjunto de dados. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.30338392.v1>.

Fritsch, M., Lischke, H., Meyer, K.M., 2020. Métodos de escalonamento em modelagem ecológica. *Methods Ecol. Evol.* 11. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13466>.

Furtado, R.R., Alves, A.C., Lima, L.V.R., Santos, T.V.S., Campos, M.B., Ramos, P.K.S., Gomes, C.M.C., Laurenti, M.D., Matta, V.L., Corbett, C.E., Silveira, F.T., 2022. A urbanização da leishmaniose visceral na Amazônia brasileira é sustentada por taxas de transmissão de infecção significativamente maiores do que na área rural. *Microorganisms* 10. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112188>.

Grifferty, G., Shirley, H., McGloin, J., Kahn, J., Orriols, A., Wamai, R., 2021. Vulnerabilidades e impactos socioeconômicos e psicossociais das leishmanioses: uma revisão. *Res. Rep. Trop. Med.* 12, 135–151. <https://doi.org/10.2147/RRTM.S278138>. Guimaraes e Silva, A.S., Oliveira, R.S., Andrade Pimentel, K.B., Ribeiro da Silva, R.C., Rodrigues, B.L., Macario Rebelo, J.M., Soares Pinheiro, V.C., 2023. Distribuição espaço-temporal da leishmaniose em uma área endêmica do nordeste do Brasil: implicações para ações de intervenção. *J. Med. Entomol.* 60, 165–172. <https://doi.org/10.1093/jme/tjac123>.

Hage, R.S., Nunes e Silva, S.V., Bohm, B.C., Lima, J.V., Bruhn, N.C.P., Menezes, G.R., Bruhn, F.R.P., 2024. Relação espaço-temporal entre agricultura, pecuária, desmatamento e leishmaniose visceral na Amazônia Legal brasileira. *Sci. Rep.* 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72719-y>.

Killick-Kendrick, R., 1999. A biologia e o controle dos flebotomíneos. *Clin.Dermatol.* 17. [https://doi.org/10.1016/S0738-081X\(99\)00070-5](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(99)00070-5).

Laing, G., et al., 2020. Uma saúde para doenças tropicais negligenciadas. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 115. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa117>.

Marengo, J.A., Souza, C.M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R.A., Alves, L. M., Soares, W.R., 2018. Mudanças no clima e uso da terra na região amazônica: variabilidade e tendências atuais e futuras. *Front. Earth Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>.

Massey, A.L., Silva, D.J.F., Vieira, C.J.S.P., Allen, J.M., Canale, G.R., Bernardo, C.S.S., Bronzoni, R.V.M., Peres, C.A., Levi, T., 2025. Usando iDNA para determinar os impactos do desmatamento amazônico em hospedeiros, vetores de *Leishmania* e suas interações. *PLoS Neglect. Trop. Dis.* 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012925>.

Miranda, C.S.C., Souza, B.C., Figueiredo, E.R.L., Melo Neto, J.S., Silva, H.P., Silva, M.V. S., Althoff, S.L., Filgueiras, T.C.G.M., Miranda, D.S.C., Goncalves, N.V., 2024. Uma contribuição para o desenvolvimento sustentável na Amazônia com base em uma análise socioeconômica e ambiental da leishmaniose visceral no Estado do Pará, Brasil. *Trop. Med. Infect. Dis.* 9. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed9030066>.

Palmeirim, A.F., Barreto, J.R., Prist, P.R., 2025. A importância das terras indígenas e da estrutura da paisagem na determinação do risco de doenças zoonóticas: percepções da Mata Atlântica brasileira. *One Health* 21. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101104>.

Pebesma, E., Bivand, R., 2025. *Ciência de Dados Espaciais com Aplicações em R*. Chapman & Hall. <https://r-spatial.org/book/>.

R Core Team, 2024. *R: Uma Linguagem e Ambiente para Computação Estatística*. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria.

Ramos, W.R., Medeiros, J.F., Juliao, G.R., Rios-Velasquez, C.M., Marialva, E.F., Desmouliere, S.J.M., Bessa Luz, S.L., Costa Pessoa, F.A., 2014. Efeitos antrópicos na abundância e diversidade de flebotômíneos (Diptera: Psychodidae) em um assentamento rural amazônico, Brasil. *Acta Trop.* 139, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.06.017>.

Ready, P.D., 2013. Biologia dos flebotômíneos como vetores de agentes patogênicos. *Annu. Rev. Entomol.* 58. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153557>.

Rodrigues, M., Silva, D.C.C., Silva Freitas, J., 2025. Duas décadas de estratégias, políticas e instituições de mercado para desacelerar o desmatamento na Amazônia Legal brasileira.

Reg. Environ. Change 25, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10113-025-02413-w>.

Simeone, D., Laranjeira, A., Lopes, P.M.R., Nogueira, V.C.S., Sousa, D.S., Martins, Y.J.,

Carvalho, M.W.A., Eyzaguirre, I.A.L., Fernandes, M.E.B., Oliveira-Filho, A.B., 2025. A acurácia e consistência dos dados de saúde pública nos sistemas de informação brasileiros: identificação de lacunas e desafios a serem enfrentados em um município da região amazônica. *Front. Public Health* 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1681810>.

Tazerji, S.S., Nardini, R., Safdar, M., Shehata, A.A., Duarte, P.M., 2022. Uma visão geral das ações antropogênicas como impulsionadoras de doenças zoonóticas emergentes e reemergentes. *Pathogens* 11. <https://doi.org/10.3390/pathogens11111376>.

Vadmal, G., Glidden, C., Han, B., Carvalho, B., Castellanos, A., Mordecai, E., 2023. Previsões baseadas em dados de potenciais vetores de *Leishmania* nas Américas. *Plos. Negl. Trop. Dis.* 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010749>.

Vilas-Boas, D.F., Nakasone, E.K.N., Goncalves, A.A.M., Lair, D.F., Oliveira, D.S., Pereira, D.F.S., Silva, G.G., Conrado, I.S.S., Resende, L.A., Zaldivar, M.F., Mariano, R. M.S., Dutra, W.O., Chavez-Fumagalli, M.A., Galdino, A.S., Silveira-Lemos, D., Giunchetti, R.C., 2024. Distribuição global da leishmaniose visceral canina e o papel do cão na epidemiologia da doença. *Pathogens* 13. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060455>.

Vitor, A.C.R., Codeco, C.T., Escada, M.I.S., 2025. Paisagens epidemiológicas na Amazônia: explorando a associação entre uso da terra, indicadores ambientais e doenças transmitidas por vetores. *Cad. Saúde Pública* 41. <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN067024>.

OMS, Organização Mundial da Saúde, 2021a. Documento complementar Uma Saúde para o roteiro das doenças tropicais negligenciadas 2021-2030. Documento técnico de 15 de outubro de 2021. <https://www.who.int/publications/m/item/one-health-companion-document-to-the-neglected-tropical-diseases-road-map-2021-2030>.

OMS, Organização Mundial da Saúde, 2021b. Acabar com a negligência para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: um roteiro para as doenças tropicais negligenciadas 2021-2030. Documento técnico de 28 de janeiro de 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240010352>.