

Fauna anofélica em Belém (1930–2022): uma análise histórica da adaptação de vetores em face da urbanização na Amazônia

Anopheline fauna in Belém (1930–2022): a historical analysis of vector adaptation in the context of urbanization in the Amazon

Yan Carvalho da Silva^{1,2} , Everton Lucas de Castro Viana^{1,2} , Hélio Augusto Corrêa da Silva Júnior¹ , Sávio Cardoso de Souza Leal³ , Ana Carolina Tahira⁴ , Ana Cecília Feio dos Santos² , Izis Mônica Carvalho Sucupira^{2*} , Marinete Marins Póvoa^{1,2*} 

¹ Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários, Belém, estado do Pará, Brasil

² Instituto Evandro Chagas, Seção de Parasitologia, Ananindeua, estado do Pará, Brasil

³ Universidade Federal do Pará, Belém, Laboratório de Planejamento de Redes de Alto Desempenho, estado do Pará, Brasil

⁴ Instituto Butantan, São Paulo, estado de São Paulo, Brasil

* As duas últimas autoras contribuíram igualmente para este trabalho



RESUMO

OBJETIVO: Analisar a fauna anofélica em Belém (1930–2022), relacionando o clima e a urbanização aos riscos de transmissão da malária. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram utilizados dados retrospectivos sobre a fauna anofélica coletados entre as décadas de 1930 e 2022 e registros da Secretaria Municipal de Saúde. As informações foram organizadas em planilhas do Microsoft Excel, constituindo um banco de dados. Para análise, empregou-se o método de agrupamento hierárquico (cluster) baseado na distância euclidiana, pelo método de Ward, utilizando o software R. Os dados climáticos (temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia. **RESULTADOS:** Durante o período estudado, a temperatura média manteve-se em torno de 30 °C, a umidade relativa do ar permaneceu acima de 80% e a pluviosidade apresentou tendência crescente. Foram identificadas 23 espécies de mosquitos do gênero *Anopheles*: entre as décadas de 1940 e 1950 registraram-se 18 espécies, número que reduziu para 14 entre 2000 e 2010. *Anopheles aquasalis* foi a espécie mais frequente, demonstrando alta adaptabilidade, enquanto *Anopheles darlingi* desapareceu em períodos recentes. **CONCLUSÃO:** As alterações ambientais decorrentes da urbanização, como fragmentação florestal e surgimento de ecótopos urbanos, criaram condições para a manutenção e adaptação de vetores como *An. aquasalis*, a espécie mais prevalente ao longo da série histórica analisada. Embora medidas de controle tenham contribuído para a redução da transmissibilidade, a receptividade da área reforça a necessidade de estratégias contínuas de vigilância.

Palavras-chave: Malária; *Anopheles*; Ecossistema Amazônico; Mudança Climática; Urbanização.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To analyze the anopheline fauna in Belém (1930–2022), relating climate and urbanization to malaria transmission risks. **MATERIALS AND METHODS:** Retrospective data on anopheline fauna collected between the 1930s and 2022 and records from the Municipal Health Department were used. The information was organized in Microsoft Excel spreadsheets, forming a database. For analysis, a hierarchical cluster method based on Euclidean distance and Ward's method was applied using R software. Climatic data (temperature, rainfall, and relative humidity) were obtained from the National Institute of Meteorology. **RESULTS:** During the study period, the mean temperature remained around 30 °C, relative humidity above 80%, and rainfall showed an increasing trend. A total of 23 *Anopheles* species were identified: 18 species were recorded in the 1940s–1950s, decreasing to 14 between 2000 and 2010. *Anopheles aquasalis* was the most frequent species, demonstrating high adaptability, while *Anopheles darlingi* disappeared in more recent periods. **CONCLUSION:** Environmental changes resulting from urbanization, such as forest fragmentation and the development of urban ecotopes, created conditions for the persistence and adaptation of vector species such as *An. aquasalis*, which was the most prevalent throughout the historical series analyzed. Although control measures have contributed to reduced transmissibility over time, the area's receptivity underscores the need for continuous surveillance strategies.

Keywords: Malaria; *Anopheles*; Amazonian Ecosystem; Climate Change; Urbanization.

Nota: Resultado da dissertação "Malária e fauna anofélica no município de Belém, estado do Pará", de Yan Carvalho da Silva, orientada por Marinete Marins Póvoa, apresentada e aprovada em 02 de agosto de 2023 ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de mestre em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários.

Correspondência / Correspondence:

Yan Carvalho da Silva

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários

Rua Augusto Corrêa, 01, CEP 66075-110 – Bairro: Guamá – Belém, Pará, Brasil – Tel.: +55 (91) 98149-9956 – E-mail: yan.csilva14@gmail.com

INTRODUÇÃO

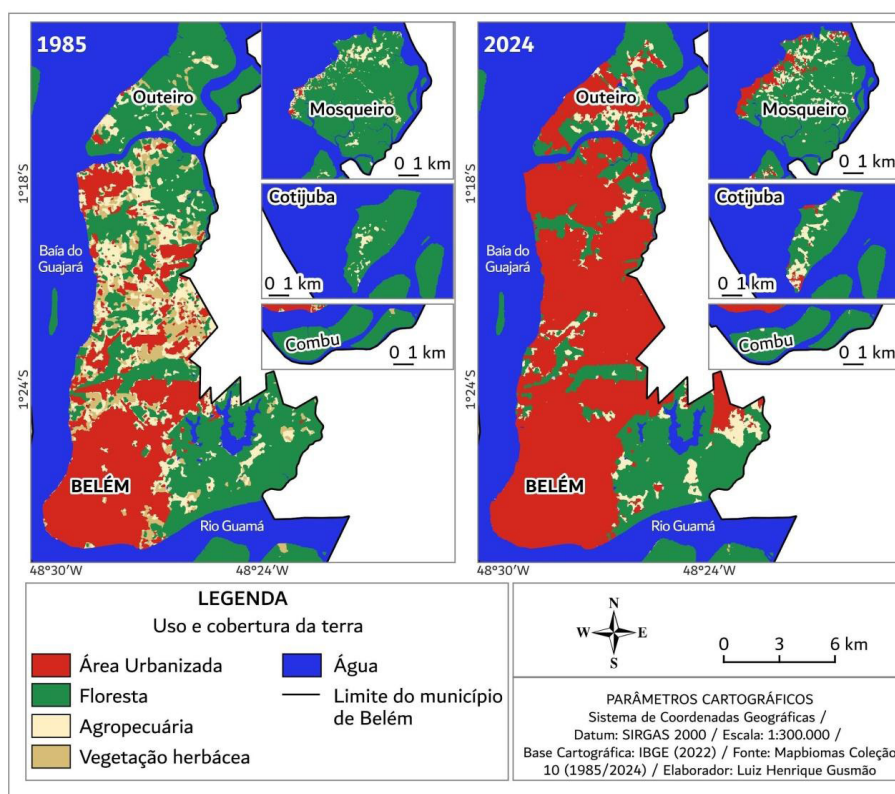
A malária é uma parasitose de ocorrência tropical e subtropical causada por protozoários do gênero *Plasmodium* e transmitida pela picada da fêmea do mosquito do gênero *Anopheles*. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), foram registrados cerca de 263 milhões de casos e 597 mil óbitos em 2023¹. No Brasil, 99,9% da transmissão ocorre na região Amazônica, envolvendo três das cinco espécies de *Plasmodium* que infectam humanos: *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium malariae* e *Plasmodium vivax*, sendo esta última a mais predominante no país².

A dinâmica de transmissão da malária depende não apenas das espécies de *Plasmodium*, mas também de fatores relacionados à biologia dos vetores. A distribuição, densidade e frequência das espécies de *Anopheles* são influenciadas por ciclos sazonais³ e por condições ambientais que afetam sua atividade. Assim, conhecer o perfil populacional desses vetores em uma região específica é essencial para compreender a dinâmica de transmissão da doença. Além disso, atividades humanas em áreas florestais, como desmatamento, agricultura e urbanização, promovem a fragmentação do habitat, alterando os nichos ecológicos e afetando o comportamento de insetos vetores⁴.

No Brasil, *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) *darlingi* Root, 1926 é considerado o principal vetor e está distribuído em todo o território nacional. *Anopheles* (*Nys.*) *aquasalis* Curry, 1932 também atua como vetor, com distribuição restrita às áreas litorâneas devido à sua capacidade de

se desenvolver em coleções hídricas salinizadas. Já as espécies do subgênero *Kerteszia*, *Anopheles* (*Kerteszia*) *cruzii* Dyar & Knab, 1908; *Anopheles* (*Ker.*) *bellator* Dyar & Knab, 1906; e *Anopheles* (*Ker.*) *homunculus* Komp, 1937, são consideradas vetoras na Mata Atlântica por se desenvolverem em águas acumuladas em bromélias⁵. Além dessas, espécies do complexo *albitarsis*, como *Anopheles* (*Nys.*) *marajoara* Galvão & Damasceno, 1942⁶, *Anopheles* (*Nys.*) *deaneorum* Rosa-Freitas, 1989 e *Anopheles* (*Nys.*) *janconnae* Wilkerson & Sallum, 2009, desempenham papel importante na transmissão da malária⁷.

Na região Amazônica, área endêmica do país, a transmissão está fortemente associada às características ambientais, como clima, cobertura vegetal, hidrografia e condições socioculturais da população⁸. A sazonalidade na Amazônia é marcada por variações anuais no volume de chuvas e no nível dos rios, que geram períodos de cheia e seca, impactando ecossistemas e atividades humanas⁹. Embora as temperaturas permaneçam elevadas ao longo do ano, com baixa amplitude térmica, as mudanças na precipitação constituem o principal fator de sazonalidade regional¹⁰, influenciando a proliferação de vetores e a dinâmica de transmissão da malária. Essa transmissão ocorre, principalmente, nos meses finais do período chuvoso e início da estiagem, quando as coleções hídricas, criadouros dos mosquitos vetores, tornam-se mais estáveis e favorecem o desenvolvimento das formas imaturas (larvas e pupas).



Fonte: Plataforma MapBiomas (2025). Disponível em <https://brasil.mapbiomas.org>.

Figura 1 – Mapa da Região Metropolitana de Belém, estado do Pará, mostrando as modificações na paisagem com perda de cobertura vegetal decorrente do processo de urbanização ao longo dos anos

As áreas urbanas das cidades amazônicas mantêm fragmentos florestais que podem funcionar como nichos ecológicos para o desenvolvimento de insetos vetores de doenças¹¹. No entanto, há escassez de informações sobre a fauna de anofelinos nesses fragmentos. A identificação correta das espécies, bem como o conhecimento de seu comportamento e sazonalidade, é fundamental para determinar o risco de transmissão e orientar medidas de controle eficazes da malária¹²⁻¹⁴. Além disso, a análise da distribuição geográfica de vetores e casos de malária, associada a ferramentas de geoprocessamento, representa um importante instrumento para caracterização espacial da doença, permitindo a identificação de áreas de risco e fornecendo subsídios para o planejamento e a implementação de ações de vigilância¹⁵.

No município de Belém, estado do Pará, a estação chuvosa estende-se de dezembro a maio, com picos de precipitação entre janeiro e abril, enquanto o período menos chuvoso ocorre de maio a novembro¹⁶. Alterações ambientais decorrentes da urbanização resultaram em significativa perda de cobertura vegetal (Figura 1). Entre 1985 e 2024, observou-se aumento de 25,6% nas áreas urbanizadas e redução de 11,1% e 84,2% nas áreas de floresta e vegetação herbácea/arbustiva, respectivamente¹⁷ (Figura 1). Essas mudanças configuraram diferentes paisagens e ecótopos associados às ações antrópicas, criando condições favoráveis ao desenvolvimento de insetos vetores, como os anofelinos, e influenciando sua dinâmica populacional e a transmissão da malária, com potencial para ocasionar surtos⁴.

Diante disso, este estudo analisou a ocorrência temporal da fauna anofélica em Belém, com base em levantamentos realizados desde a década de 1930 e em coletas recentes conduzidas em 2022.

MATERIAIS E MÉTODOS

TIPO DE ESTUDO

Este é um estudo histórico, descritivo e analítico.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Belém (S 1°27'20"; W 48°30'15"), estado do Pará, está localizado na Amazônia brasileira e dividido em oito distritos administrativos: DABEL – de Belém; DABEN – do Benguí; DAENT – do Entroncamento; DAGUA – do Guamá; DAICO – de Icoaraci; DAMOS – de Mosqueiro; DAOUT – de Outeiro; e DASAC – da Sacramenta¹⁸. A cidade situa-se no encontro do rio Guamá com a baía do Guajará, sujeita ao regime diário das marés oceânicas. O território é entrecortado por numerosos igarapés e suas respectivas várzeas, que deságuam nos principais cursos d'água. Os fragmentos de vegetação natural de Belém são caracterizados como florestas de terra firme e de várzea, ambas pertencentes ao tipo de vegetação ombrófila densa¹⁹.

DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE BELÉM

Os dados referentes à temperatura média do ar, pluviosidade e umidade relativa do ar foram obtidos

junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Bastos et al.¹⁶.

DADOS DA FAUNA ANOFÉLICA DO MUNICÍPIO DE BELÉM

Foram utilizados dados retrospectivos de estudos realizados por Davis²⁰; Galvão et al.²¹; Deane²²; Deane et al.²³; Rocha e Mascarenhas²⁴; Póvoa et al.²⁵; Silva et al.²⁶; e da equipe de entomologia da Secretaria Municipal de Saúde de Belém (SESMA). Os dados compilados referem-se ao período de 1930 a 2022. Os levantamentos entomológicos incluíram coletas de mosquitos adultos por meio de captura de atração humana protegida. As coletas ocorreram predominantemente em áreas urbanas do município, com inclusão de pontos periurbanos e rurais, havendo variação no esforço amostral conforme o período e o estudo analisado.

ANÁLISE ESTATÍSTICA E ESPACIAL

Todos os dados sobre as espécies de mosquitos anofelinos foram reunidos e organizados em planilhas do Microsoft Excel. Em seguida, realizou-se a depuração das informações e a criação de um banco de dados (BD) com os registros da área e do período estudado. Para representar as relações entre as espécies de anofelinos da cidade de Belém ao longo da série histórica, foi construído um agrupamento hierárquico (*cluster*) baseado na distância euclidiana, utilizando o método de Ward e o software R²⁷.

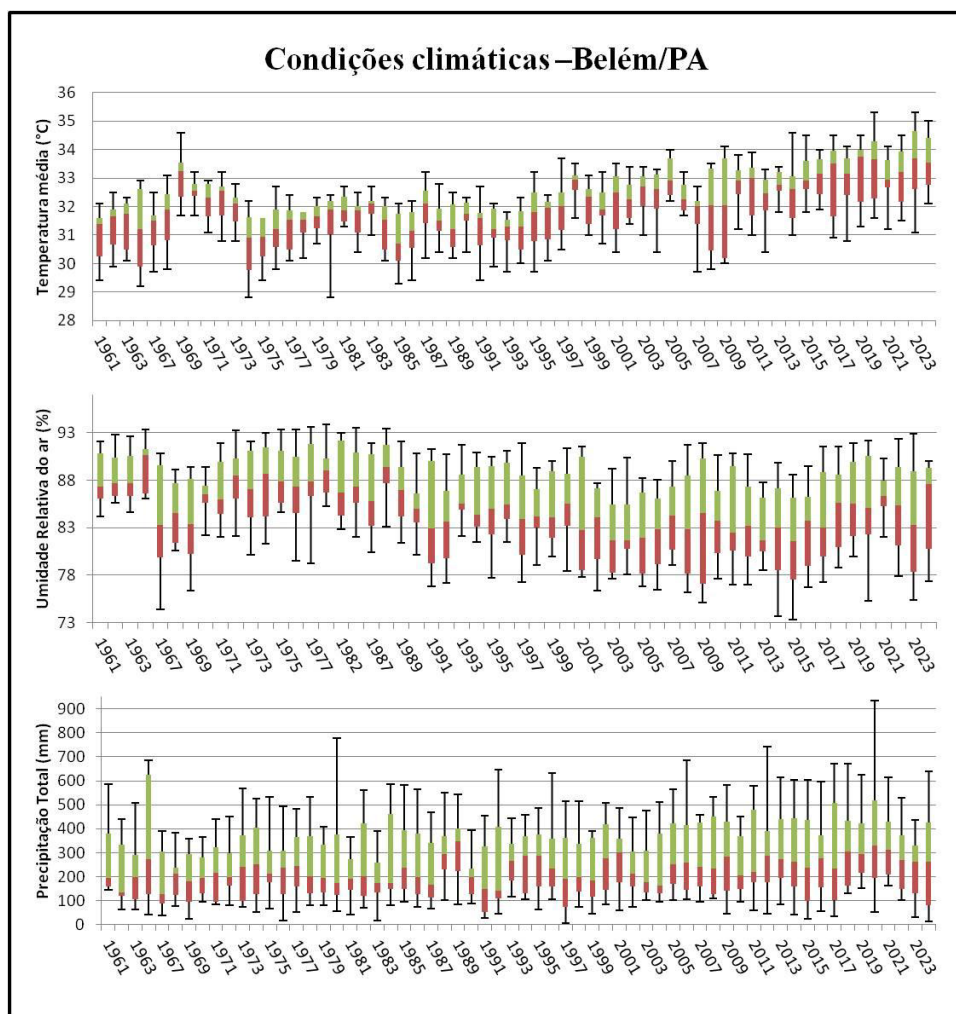
RESULTADOS

A análise dos dados climáticos de Belém no período estudado indica que a temperatura média permaneceu acima de 30 °C, com pouca variação ao longo do tempo; a umidade relativa do ar manteve-se acima de 80%; e a pluviosidade apresentou tendência de aumento (Figura 2).

O maior número de espécies de mosquitos anofelinos registrados ocorreu nas décadas de 1940–1950, com 18 espécies identificadas. Ao longo das décadas seguintes, observou-se variação e redução na diversidade, com registro de 14 espécies entre 2000 e 2010 (Figura 3). *An. aquasalis* foi a espécie mais frequente em toda a série histórica, sendo registrada em oito décadas consecutivas. Destaca-se a ausência de *An. darlingi* nas coletas realizadas na década de 1980 e no período de 2010 a 2022 (Figura 3).

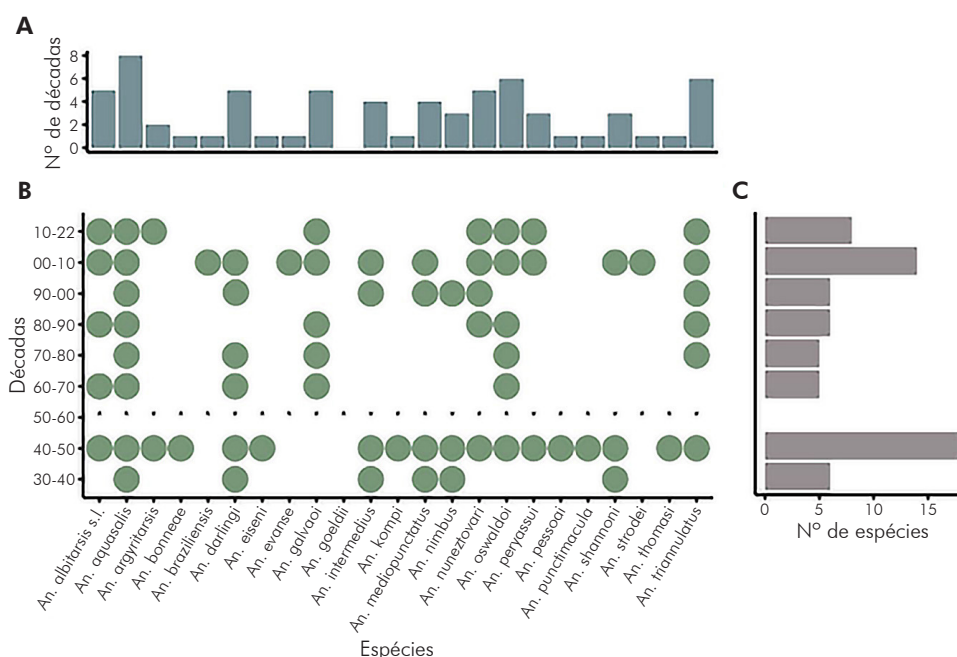
A análise da diversidade de espécies ao longo do tempo, em relação às variáveis climáticas, não evidenciou correlação entre o número de espécies observadas por década e os parâmetros de temperatura, umidade relativa e índice pluviométrico.

O agrupamento hierárquico das espécies de anofelinos resultou em um dendrograma composto por três grupos (Figura 4): espécies predominantemente zoofílicas e exofílicas (em vermelho); espécies de hábito silvestre (em verde); espécies registradas de forma recorrente ao longo da série histórica, incluindo aquelas de importância epidemiológica nas Américas (em azul).



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do INMET e Bastos et al.¹⁵.

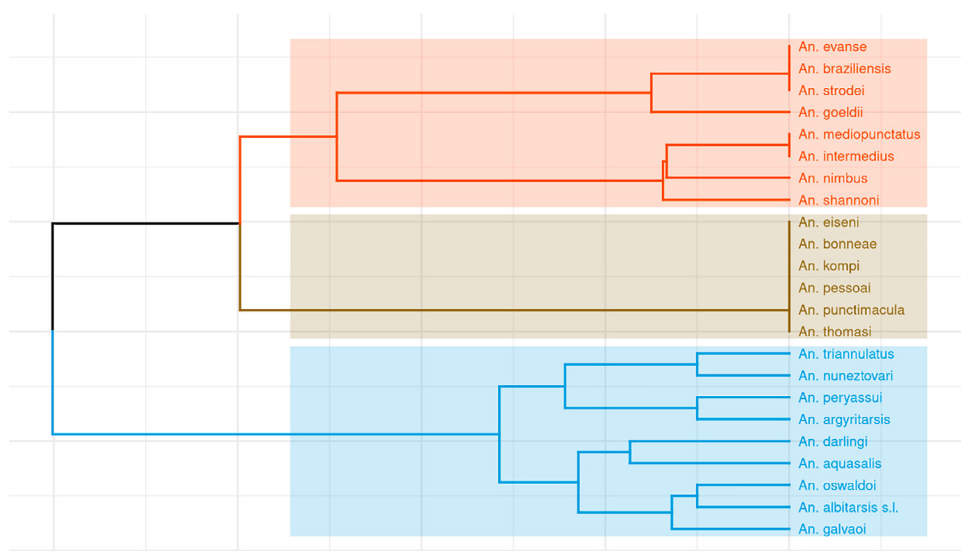
Figura 2 – Dados climáticos do município de Belém entre 1950 e 2020, apresentados por ano: temperatura média do ar, umidade relativa e pluviosidade



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Legenda: **(A)** Quantidade de espécimes de mosquitos do gênero *Anopheles* por espécie e por década; **(B)** Registro temporal de ocorrência das espécies por década. **(C)** Número total de espécies registradas por década.

Figura 3 – Ocorrência temporal de espécies de mosquitos do gênero *Anopheles* no município de Belém, estado do Pará, de 1930 a 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 4 – Agrupamento hierárquico de espécies de mosquitos do gênero *Anopheles* registradas na série histórica (1930–2022) no município de Belém, estado do Pará

DISCUSSÃO

A região Amazônica brasileira apresenta características que favorecem a prevalência de endemias regionais, como a malária, por propiciar o desenvolvimento e a diversidade de insetos vetores, especialmente os mosquitos culicídeos, entre eles as espécies do gênero *Anopheles*. Entre os principais fatores ambientais associados destacam-se a pluviosidade, a temperatura, a umidade e a vegetação^{5,28}. As transformações antrópicas decorrentes de políticas desenvolvimentistas resultaram em intenso fluxo migratório, crescimento urbano desordenado e desmatamento^{29–31}.

A malária constitui um grave problema de saúde pública no Brasil, com ocorrência concentrada na Amazônia. A epidemiologia dessa doença está relacionada a fatores do hospedeiro e do parasito, à presença do vetor e às características ambientais e geográficas, além de aspectos sociais, políticos e econômicos que favorecem o contato entre o homem e o vetor na região^{8,14}.

No município de Belém, as alterações ambientais decorrentes do processo de urbanização, como a retirada da cobertura vegetal, modificaram a paisagem natural, promovendo a fragmentação florestal e alterando os habitats dos mosquitos. Essas mudanças podem influenciar a dinâmica de transmissão da malária, conforme observado por Branquinho et al.³² no estado do Acre.

Na década de 1930, a malária figurava entre as principais causas de morte da população adulta em Belém, correspondendo a cerca de 35% dos casos registrados em todo o estado do Pará³³. Naquele período, a cidade apresentava condições ambientais que favoreciam a transmissão, com bairros situados em terrenos baixos cortados por canais e igarapés que funcionavam como criadouros de anofelinos²². O processo de urbanização sobre áreas florestais

intensificou esse cenário, resultando em inundações frequentes causadas por marés de água salobra, que criaram ambientes propícios ao desenvolvimento de *An. aquasalis*^{12,33}. Já nas áreas mais elevadas, de terra firme, a alta pluviosidade favorecia a formação de criadouros ideais para *An. darlingi*. Essa década foi marcada por profundas transformações na paisagem urbana, especialmente nos aspectos hidrológicos, vegetacionais e infraestruturais, impulsionadas por motivações sanitárias, econômicas, sociais e políticas³³.

Durante a década de 1940, extensas áreas próximas ao limite da Primeira Léguas Patrimonial foram ocupadas por instituições públicas, como os Correios, a Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA), a Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Aeroporto, além de instalações das Forças Armadas (Marinha, Exército e Aeronáutica). Essa ocupação restringiu a expansão planejada da malha urbana e levou populações de baixa renda a ocupar áreas periféricas conhecidas como baixadas — terrenos alagados ou alagáveis, marcados pela vulnerabilidade socioambiental e pela escassez de infraestrutura — que chegaram a representar cerca de 40% da área urbana de Belém^{34,35}. Diante desse contexto, o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) implantou, ainda na década de 1940, um sistema de diques destinado a controlar as marés e permitir a drenagem dos terrenos baixos, com o objetivo de reduzir os focos de anofelinos¹².

A partir da década de 1950, a cidade passou a expandir-se horizontalmente, ocupando áreas de várzea e manguezal. Esse crescimento foi acompanhado por políticas públicas de macrodrenagem, como os projetos de retificação e canalização dos igarapés do Una, São Joaquim e Mata-Fome. Foram construídos diques para conter o avanço das marés e canais de drenagem forçada para evitar enchentes e acelerar o escoamento das águas pluviais. Também se implantaram galerias subterrâneas destinadas à captação e ao escoamento

rápido das águas das chuvas em bairros como Umarizal e São Brás. Contudo, a falta de manutenção e o crescimento urbano desordenado sobrecarregaram essas estruturas¹⁹, comprometendo a função ecológica dos corpos d'água e alterando fortemente os sistemas hídricos originais³⁶.

A década de 1960 foi marcada pelo avanço da construção civil e pelo adensamento populacional das zonas periféricas, o que intensificou o desmatamento devido à retirada da vegetação nativa e à ocupação irregular das margens dos rios. A pavimentação crescente reduziu a infiltração da água no solo, agravando o assoreamento e as enchentes^{33,37}. Nesse contexto, a proliferação de doenças e a pressão popular, especialmente durante o período chuvoso, levaram o poder público a intervir por meio da criação do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), que iniciou, em 1962, a construção de canais na bacia da Tamandaré, estendendo as obras até 1967. Nessa mesma década, tiveram início as obras de saneamento do Canal das Almas (atual Avenida Visconde de Souza Franco), como parte de um programa voltado ao combate às doenças endêmicas³⁸.

Durante a década de 1970, a Prefeitura Municipal de Belém (PMB), em parceria com o DNOS, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e o Governo do Estado do Pará, instituiu o Programa de Recuperação das Baixadas (PRB). O programa estruturou-se em duas diretrizes complementares: o Plano Global, que englobava estudos, levantamentos e projetos para todas as áreas de baixadas da cidade, e o Plano de Ação Imediata (PAI), concebido para viabilizar intervenções prioritárias do DNOS no igarapé São Joaquim, situado na bacia do Una³⁸.

Na década de 1980, o padrão de crescimento urbano desordenado manteve-se evidente, caracterizado pela ocupação irregular de áreas de várzea, realização de aterros sem planejamento e expansão de assentamentos informais³³. A infraestrutura de drenagem pluvial tornou-se insuficiente para conter os alagamentos sazonais, agravados pela impermeabilização progressiva do solo urbano e pela obstrução dos canais naturais. Os igarapés Tucunduba, Mata-Fome e São Joaquim, já impactados pelas intervenções da década de 1950, transformaram-se em esgotos a céu aberto, e os remanescentes de vegetação ciliar foram quase completamente eliminados³⁹.

Em 1986, foi criada a Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN) com o objetivo de promover ações de drenagem e saneamento nessas áreas. As intervenções passaram a priorizar a melhoria das condições de vida nas zonas alagadas, substituindo a lógica anterior de remoção populacional e simples abertura de canais. As novas diretrizes incluíram a implantação de serviços de drenagem e macrodrenagem, terraplenagem, pavimentação asfáltica, construção de calçadas e outras obras de infraestrutura urbana. Nesse mesmo período, foi implantado o Projeto Comunidades Urbanas para

Recuperação Acelerada (CURA), voltado à promoção de melhorias urbanísticas e sanitárias, com ações concentradas nos bairros do Marco e da Pedreira. A partir de 1987, a Prefeitura Municipal de Belém iniciou uma nova etapa do Programa de Recuperação das Baixadas (PRB), elegendo como área prioritária a bacia do Una³⁸.

Os efeitos acumulativos da ausência de planejamento ambiental de longo prazo resultaram na formulação de políticas voltadas à recuperação de áreas verdes e à conservação dos mananciais. Um marco importante foi a criação do Parque Estadual do Utinga, em 1993, destinado à proteção do aquífero responsável pelo abastecimento hídrico da cidade e da biodiversidade urbana^{37,40,41}.

Durante o período estudado, observou-se variabilidade na diversidade de espécies de mosquitos do gênero *Anopheles*. As décadas de 1940–1950 e 2000–2010 apresentaram maior diversidade, possivelmente devido à realização de estudos com maior esforço amostral, tempo de coleta prolongado (12 horas) e periodicidade adequada (mensal ou bimensal).

A espécie *An. aquasalis* foi a mais frequentemente registrada ao longo das décadas, evidenciando sua adaptabilidade às mudanças ambientais ocorridas em Belém. Mascarenhas et al.⁴² descrevem *An. aquasalis* como o principal vetor no DAOUT, onde é encontrado inclusive nos meses mais secos. Esse padrão pode ser explicado pela dinâmica de seu habitat, que depende não apenas das águas pluviais, mas também das marés, uma vez que o distrito se situa na porção insular do município. Segundo Silva et al.²⁶, Belém apresenta áreas com condições ideais para o desenvolvimento dessa espécie. Para Forattini⁵, *An. aquasalis* apresenta comportamento eclético, com ampla plasticidade ecológica, e sua capacidade vetorial varia conforme a região, podendo assumir papel de principal vetor da malária devido à sua acentuada endofilia e antropofilia.

Determinados fatores podem estar associados ao desaparecimento de *An. darlingi* nas décadas de 1980, 2010 e 2020, como a destruição de criadouros, a redução de áreas florestais e as intervenções de macrodrenagem decorrentes do avanço da urbanização. Além disso, ações de saúde pública, como o uso de inseticidas e os programas de controle de vetores, também contribuíram para a redução das populações dessa espécie. Segundo Póvoa et al.²⁵, a presença de anofelinos em áreas urbanas provavelmente decorre da preservação de fragmentos florestais dentro do espaço urbano.

Por outro lado, a ausência de espécies como *Anopheles eiseni*, *Anopheles kompi*, *Anopheles nimbus*, *Anopheles punctimacula* e *Anopheles thomasi* em levantamentos faunísticos recentes pode estar associada às alterações ambientais antrópicas, sugerindo que essas espécies estejam restritas a áreas de mata²⁶.

As intensas transformações urbanísticas observadas em Belém ao longo das décadas exerceram impacto direto sobre a fauna anofélica, modificando a

estrutura dos habitats aquáticos e terrestres utilizados por diferentes espécies²⁶. A poluição dos mananciais, decorrente do lançamento de resíduos domésticos e da impermeabilização do solo urbano, compromete a qualidade da água e reduz a disponibilidade de criadouros adequados para espécies mais sensíveis, como *An. darlingi*, que prefere criadouros formados por águas límpidas e parcialmente sombreadas^{14,43}.

É importante destacar que a presença de anofelinos na Amazônia é um fenômeno natural, pois essas espécies compõem a fauna original da região e desempenham papel ecológico nos ecossistemas amazônicos¹⁴. Entretanto, diante do atual cenário de aquecimento global, é fundamental considerar que as mudanças climáticas podem alterar a distribuição geográfica e o comportamento das espécies vetorais, ampliando a vulnerabilidade das áreas urbanas à reintrodução e à transmissão da malária⁴.

Durante o período analisado, a temperatura média do ar em Belém manteve-se acima de 30 °C, com tendência de aumento nos últimos anos; a umidade relativa permaneceu acima de 80% e a pluviosidade apresentou clara tendência de crescimento. Os resultados deste estudo não indicam uma relação direta entre essas variáveis e a presença de espécies de mosquitos, nem, portanto, com a transmissão de malária.

Mordecai et al.⁴⁴ demonstraram que a temperatura ótima para a transmissão da malária é de 25 °C e que acima de 28 °C há declínio considerável na taxa de transmissão. No presente estudo, a manutenção de temperaturas superiores a 30 °C não sustentaria a transmissão ativa da malária em Belém. No entanto, na década de 1930 o município era responsável por cerca de 35% dos casos registrados no estado do Pará³³ e, até a década de 1960, ainda apresentava índices elevados de ocorrência. Isso sugere que a sazonalidade, especialmente os períodos de chuva, que reduzem as temperaturas e estabilizam os criadouros, desempenhou papel importante ao favorecer a proliferação dos vetores e o aumento do contato homem-vetor.

Além disso, a extensa cobertura vegetal observada no município durante esse período proporcionava ecótopos ideais para o desenvolvimento dos mosquitos. Assim, é plausível hipotetizar que o processo de urbanização e a consequente perda de áreas florestais tenham contribuído para a redução da transmissão de malária em Belém.

Todavia, é importante ressaltar que os fragmentos florestais remanescentes e as áreas de proteção ambiental continuam a constituir ecótopos favoráveis ao desenvolvimento de anofelinos. Considerando que portadores de infecção por *Plasmodium* ainda circulam e residem na cidade, Belém mantém a condição de área receptiva, ou seja, apresenta ambiente propício à transmissão, com vetores competentes e criadouros adequados, e vulnerável, devido à presença de indivíduos infectados⁴⁵. Essa condição representa um risco constante de reintrodução e surtos localizados

da doença, como observado entre 2020 e 2022, quando foram registrados 60, 49 e 114 casos positivos, respectivamente⁴⁶.

A análise por agrupamento hierárquico evidenciou a formação de três *clusters* distintos de espécies, demonstrando concordância na ocorrência temporal entre espécies com comportamentos semelhantes. Os agrupamentos identificaram: (i) espécies de hábitos silvestres; (ii) espécies zoofílicas e exofílicas; e (iii) um grupo específico de importância epidemiológica na transmissão da malária humana.

A similaridade temporal observada entre espécies com padrões comportamentais próximos reforça a influência direta das alterações na paisagem e das mudanças climáticas sobre a ocorrência de mosquitos e, em última instância, sobre os vetores da malária, podendo impactar a dinâmica de transmissão da doença.

Nesse contexto, e considerando as perspectivas de mudança climática global e a meta de eliminação da malária no Brasil, objetivo da Coordenação de Eliminação da Malária (CEMA), vinculada à Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA) do Ministério da Saúde, prevista para 2035, o município de Belém, estado do Pará, ainda que não seja considerado endêmico, apresenta determinantes ambientais, sociais e de saúde que favorecem a disseminação da doença⁴⁷.

Portanto, assim como outros grandes centros urbanos, Belém deve fortalecer as vigilâncias epidemiológica e entomológica, de modo a dispor de informações atualizadas que subsidiem a tomada de decisão das autoridades sanitárias quanto às estratégias de controle. Essas ações devem respeitar as características das populações afetadas, considerar as condições logísticas locais e manter alinhamento com a política nacional de controle da malária⁴⁸.

Manter o município livre de transmissão autóctone requer abordagens integradas que combinem vigilância entomológica, planejamento urbano sustentável, educação em saúde e manejo ambiental para controle de criadouros vetores.

CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que as alterações ambientais decorrentes do processo de urbanização, como a fragmentação florestal e o surgimento de ecótopos urbanos, criaram condições favoráveis à manutenção e adaptação de espécies vetorais, destacando-se *An. aquasalis* como a mais prevalente ao longo da série histórica analisada.

Embora as medidas de controle tenham contribuído para a redução da transmissibilidade ao longo do tempo, a condição de receptividade da área reforça a necessidade de estratégias contínuas de vigilância. Além disso, verificou-se que variáveis climáticas como umidade relativa do ar, temperatura e pluviosidade influenciam a dinâmica das populações de mosquitos. Contudo, a baixa variabilidade dessas características durante o período avaliado não resultou

em mudanças significativas na composição da fauna anofélica observada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao técnico Luiz Alberto Gonçalves Lobo, do Laboratório de Entomologia de Malária do Instituto Evandro Chagas, pela valiosa contribuição nas atividades de campo.

APOIO FINANCEIRO

Instituto Evandro Chagas (IEC/SVSA/MS); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – processos nº 306420/2022-8, 302292/2017-9 e 304827/2013-4); e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – bolsa de mestrado concedida a YCS).

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses relacionado a esta publicação.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

MMP e IMCS conceberam, supervisionaram e coordenaram o projeto. YCS foi responsável pelo trabalho de campo e de laboratório, organização, análise e interpretação dos dados, além da redação e edição inicial do manuscrito. ELCV e HACS colaboraram na coleta e análise das amostras. SCSL, ACT, ACFS, IMCS, ELCV, HACS e MMP contribuíram para a análise dos dados. ACT realizou a análise estatística. MMP, ACFS e IMCS acompanharam a execução do estudo, revisaram criticamente e editaram a versão final do manuscrito.



REFERÊNCIAS

- World Health Organization. *World Malaria Report 2024: Addressing Inequity in the Global Malaria Response*. <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2024> (2024).
- Brasil, Ministério da Saúde, S. de V. em S. Boletim Epidemiológico. 55, (2024).
- Hiwat, H. & Bretas, G. Ecology of *Anopheles darlingi* Root with respect to vector importance: A review. *Parasites and Vectors* 4, 177 (2011).
- Laurance, W. F. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation. *Conserv. Biol.* 16, 605–618 (2002).
- Forattini, O. P. *Culicidologia Medica: Principios Gerais, Morfologia, Glossario Taxonomico*. (EDUSP, São Paulo, 1996).
- Conn, J. E. et al. Emergence of a new neotropical malaria vector facilitated by human migration and changes in land use. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 66, 18–22 (2002).
- Póvoa, M. M. et al. The importance of *Anopheles albittarsis* e and *An. darlingi* in human malaria transmission in Boa Vista, state of Roraima, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 101, 163–168 (2006).
- Castro, M. C. Malaria transmission and prospects for malaria eradication: The role of the environment. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 7, 1–12 (2017).
- Fisch, G., Marengo, J. A. & Nobre, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amaz.* 28, 101–101 (1998).
- Wolfarth-Couto, B., Filizola, N. & Durieux, L. Padrão sazonal dos casos de malária e a relação com a variabilidade hidrológica no Estado do Amazonas, Brasil. *Rev. Bras. Epidemiol.* 23, (2020).
- Sánchez Uzcátegui, Y. D. V. et al. Phlebotomines (Diptera: Psychodidae) from a Urban Park of Belém, Pará State, Northern Brazil and Potential Implications in the Transmission of American Cutaneous Leishmaniasis. *J. Med. Entomol.* 57, 281–288 (2020).
- Deane, L.M. Causey, L. M. & Deane, M. P. Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões nordestina e amazônica do Brasil *. *Memórias do Inst. Evandro Chagas Parasitol.* 1, 827–965 (1948).
- Deane, L. M. A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 84, 149–156 (1989).
- Forattini, O. P. *Culicidologia Médica Vol. 2 -Identificação, Biologia, Epidemiologia*. (EDUSP, São Paulo, 2002).
- Tavares, H. & Borges, M. T. Utilização De Sistemas De Informações Geográficas (Sigs) No Desenvolvimento E. (2018).
- Bastos, T. X., Pacheco, N. A., Nechet, D. & Sá, T. D. de A. Aspectos Climáticos de Belém nos Últimos Cem Anos. *Série Doc. (Embrapa Amaz. Orient.* 128, 31 (2002).
- Mapbiomas. Série anual de mapas e cobertura e uso da terra do Brasil. Dados de uso e cobertura da terra do município de Belém/PA do ano de 1985 e de 2024. <https://brasil.mapbiomas.org/>.

- 18 BELÉM. Prefeitura de Belém. CODEM – Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém. <https://codem.belem.pa.gov.br>.
- 19 Cardoso, A. C. D., Miranda, T. B. & Costa, C. H. G. Transformações Urbanas E Socioambientais Na Cidade De Belém: a Contramão Perversa Ana. in *XI Colóquio Quapa SEL – Quadro Do Paisagismo No Brasil* (Salvador, 2016).
- 20 Davis, N. A note on the malaria-carrying Anophelines in Belém, Pará, and in Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Malariologia*. 10, 43–45 (1931).
- 21 Galvão, A. L. A., Damasceno, R. G. & Marques, A. P. Algumas observações sobre a biologia dos anofelinos de importância epidemiológica. *Arch Hig* 12, 51–110 (1942).
- 22 Deane, L. M. Observações sobre a Malária na Amazônia brasileira. *Rev. do Serviço Espec. Saúde Pública* 1, 3–60 (1947).
- 23 Deane, L., Damasceno, R. & Arouck, R. Distribuição vertical de mosquitos em uma floresta dos arredores de Belém, Pará. *Folia Clin. Biol. (Sao. Paulo)*. 20, 101–110 (1953).
- 24 Rocha, J. A. M. & Mascarellhas, B. M. Observações sobre a atividade diária de mosquitos (diptera: culicidae) nos arredores de Belém, Pará, Brasil. *Bol. do Mus. Para. Emílio Goeldi* 10, 225–233 (1994).
- 25 Póvoa, M. M. et al. Malaria vectors, epidemiology, and the re-emergence of *Anopheles darlingi* in Belém, Pará, Brazil. *J. Med. Entomol.* 40, 379–386 (2003).
- 26 Silva, A. de N. M. da et al. Fauna anofélica da cidade de Belém, Pará, Brasil: dados atuais e retrospectivos. *Cad. Saude Publica* 22, 1575–1585 (2006).
- 27 R Core Team. A language and environment for statistical computing. at <https://www.r-project.org/> (2021).
- 28 Castro, M. C. de & Singer, B. H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. *Rev. Bras. Estud. Popul.* 24, 247–262 (2007).
- 29 Barata, R. de C. B. Malária no Brasil: panorama epidemiológico na última década. *Cad. Saude Publica* 11, 128–136 (1995).
- 30 Loiola, C. C. P., Mangabeira Da Silva, C. J. & Tauil, P. L. Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. *Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am. J. Public Heal.* 11, 235–244 (2002).
- 31 Marques, A. C. Migrations and the dissemination of malaria in Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 81, 17–30 (1986).
- 32 Branquinho, M. S. et al. Anophelines in the state of Acre, Brazil, infected with *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, the variant *P. vivax* VK247 and *P. malariae*. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 87, 391–394 (1993).
- 33 Campos, A. L. V. de. *Políticas Internacionais de Saúde Na Era Vargas: O Serviço Especial de Saúde Pública, 1942-1960. Políticas Internacionais de Saúde na Era Vargas: o Serviço Especial de Saúde Pública, 1942-1960* (2006).
- 34 Ferreira, C. F. Produção do Espaço Urbano e Degradação ambiental: um estudo sobre a várzea do Igarapé do Tucunduba (Belém-Pa). (USP, 1995).
- 35 Pinheiro, A., Lima, J. J. F., Sá, M. E. R. de & Paracampo, M. V. A questão habitacional na Região Metropolitana de Belém. *Habitação Soc. nas metrópoles Bras. uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio Janeiro e São Paulo no Final do século XX* 150–193 (2007).
- 36 Penteado, A. R. *Belém – Estudo de Geografia Urbana*. (Universidade Federal do Pará, Belém, 1968).
- 37 Amaral, D., Vieira, I., Salomão, R., Almeida, S. & Jardim, M. The status of conservation of urban forests in eastern Amazonia. *Brazilian J. Biol.* 72, 257–265 (2012).
- 38 Trindade JR, S.-C. C. da. Produção do Espaço e Uso do Solo Urbano em Belém. (Universidade de São Paulo, 1997).
- 39 Tozi, S. C. Socio-environmental conflicts around water resources in the city of Belém, Pará State (Brazil). *Agua y Territ.* 73–78 (2020).
- 40 Brasil, N. M. de Q. X., Neto, A. B. B., Paumgarten, A. É. A., Silveira, J. M. de Q. X. & Silva, A. A. da. Análise multitemporal da cobertura do solo do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará/ Multitemporal analysis of the soil coverage of the Utinga State Park, Belém, Pará. *Brazilian J. Dev.* 7, 36109–36118 (2021).
- 41 Magalhaes, R. C. Planos de saneamento de Belém (1980 a 2015): racionalidades, mudanças institucionais, intersetorialidade e participação social. (Universidade Federal de Minas Gerais, 2018).
- 42 Mascarenhas, B. M. et al. Study of peridomiciliares antropofílicos anofelinos of the Beach of the Homesickness in the Island of Cotijuba: An endemic area of malaria in Belém, Pará. *Acta Amaz.* 39, 453–458 (2009).
- 43 Ferreira, S. J. F. et al. Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. *Environ. Earth Sci.* 80, 316 (2021).

- 44 Mordecai, E. A. et al. Optimal temperature for malaria transmission is dramatically lower than previously predicted. *Ecol. Lett.* 16, 22–30 (2013).
- 45 Tavil, P., Deane, L., Sabroza, P. & Ribeiro, C. A malária no Brasil. *Cad. Saude Publica* 1, 71–111 (1985).
- 46 Brasil, Ministério da Saúde, S. de V. em S. SIVEP-MALÁRIA. *Sivep-malaria* http://www.saude.gov.br/sivep_malaria (2023).
- 47 Santos, D., Lima, M., Veríssimo, B. & Silva, C. Fatos da Amazônia. *Amaz. 2030* 1–95 (2024).
- 48 Laporta, G. Z. Towards malaria elimination in Brazil. *Lancet Glob. Heal.* 12, e356–e357 (2024).

Recebido em / Received: 15/9/2025

Aceito em / Accepted: 29/10/2025

Este artigo compõe a Seção Temática "Saúde e Meio Ambiente na Pan-Amazônia: Ciência, Território e Resistência em tempos de crise climática" em alusão à 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 30).

Como citar este artigo / How to cite this article:

Silva YC, Viana ELC, Silva Júnior HAC, Leal SCS, Tahira AC, Santos ACF, et al. Fauna anofélica em Belém (1930–2022): uma análise histórica da adaptação de vetores em face da urbanização na Amazônia. *Rev Pan Amaz Saude.* 2025;16:e202501822. Doi: <https://doi.org/10.5123/S2176-6223202501822>