




Padrão sazonal dos casos de malária e a relação com a variabilidade hidrológica no Estado do Amazonas, Brasil

Seasonal pattern of malaria cases and the relationship with hydrologic variability in the Amazonas State, Brazil

Bruna Wolfarth-Couto^I , Naziano Filizola^{II} , Laurent Durieux^{III} 

RESUMO: *Introdução:* A malária é uma doença infecciosa de alta transmissão na região amazônica, porém sua dinâmica e distribuição espacial podem variar, dependendo da interação de fatores ambientais, socioculturais, econômicos e políticos e serviços de saúde. *Objetivo:* Verificar a existência de padrões de casos de malária em consonância com os regimes fluviométricos da bacia amazônica. *Métodos:* Foram utilizados métodos de estatística descritiva e inferencial nos dados de casos de malária e nível d'água para 35 municípios do estado do Amazonas, no período de 2003 a 2014. *Resultados:* A existência de uma tendência que module a sazonalidade dos casos de malária, devido a períodos distintos de inundação dos rios, foi demonstrada. Diferenças foram observadas na variabilidade hidrológica anual, acompanhada por diferentes padrões de casos de malária, mostrando uma tendência de remodelação do perfil epidemiológico em função do pulso de inundação. *Conclusão:* O estudo sugere a implementação de estratégias regionais e locais, considerando os regimes hidrológicos da Bacia Amazônica, possibilitando ações municipais de atenuação da malária no estado do Amazonas.

Palavras-chave: Hidrologia. Malária. Distribuição espacial.

^IPrograma de Pós-Graduação em Clima e Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Manaus (AM), Brasil.

^{II}Laboratório de Potamologia do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas – Manaus (AM), Brasil.

^{III}UMR ESPACE-DEV, Institut de Recherche pour le Développement – Montpellier, France.

Autor correspondente: Bruna Wolfarth-Couto. Rua Bernardo Michilles, 174, Petrópolis, CEP: 69067-000, Manaus, AM, Brasil. E-mail: brunaprojetoslba@gmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas, em parceria com o projeto *Regional Epidemiological Landscape Amazon Information System (RELAIS)*, edital: Resolução nº 016/2013 — POSGRAD 2013 — INPA.

ABSTRACT: Introduction: Malaria is an infectious disease of high transmission in the Amazon region, but its dynamics and spatial distribution may vary depending on the interaction of environmental, socio-cultural, economic, political and health services factors. **Objective:** To verify the existence of malaria case patterns in consonance with the fluviometric regimes in Amazon basin. **Method:** Methods of descriptive and inferential statistics were used in malaria and water level data for 35 municipalities in the Amazonas State, in the period from 2003 to 2014. **Results:** The existence of a tendency to modulate the seasonality of malaria cases due to distinct periods of rivers flooding has been demonstrated. Differences were observed in the annual hydrological variability accompanied by different patterns of malaria cases, showing a trend of remodeling of the epidemiological profile as a function of the flood pulse. **Conclusion:** The study suggests the implementation of regional and local strategies considering the hydrological regimes of the Amazon basin, enabling municipal actions to attenuate the malaria in the Amazonas State. **Keywords:** Hydrology, Malaria. Residence characteristics.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera a malária o maior problema de saúde pública em muitos países em desenvolvimento: estimam-se cerca de 198 milhões de casos da doença e 584 mil mortes por ano em decorrência dela¹.

No Brasil, a malária apresenta elevado risco de transmissão na região da Amazônia legal, cujas condições climática e ambiental são extremamente favoráveis à sua ocorrência^{2,3}. Na Amazônia, o principal vetor da malária é o *Anopheles darlingi*, que apresenta grande importância epidemiológica por sua abundância, seu poder adaptativo e sua larga distribuição geográfica⁴⁻⁶.

Mesmo em uma região onde a doença é considerada endêmica, sua dinâmica de transmissão e distribuição espacial pode ser variável dependente da interação de fatores ambientais, socioculturais, econômicos e políticos e da qualidade de serviços de saúde⁷. Além disso, as diferentes formas de ocupação do solo, situações epidemiológicas distintas e características da paisagem também colaboram para essa não homogeneidade⁸⁻¹⁰.

A interação entre os fatores que colaboram direta e indiretamente para a manutenção da malária representa um grande obstáculo para o controle da doença. Variáveis climáticas, como chuva e temperatura do ar, apresentam um peso específico na ocorrência e transmissão¹¹. A variabilidade anual de chuva proporciona o meio aquático para a fase do ciclo de vida dos mosquitos e contribui para a variação da densidade vetorial. No entanto, o efeito da precipitação sobre a malária pode variar de acordo com as circunstâncias de determinadas regiões geográficas¹².

Os padrões de sazonalidade de *A. darlingi* estão intimamente relacionados com o ciclo anual de chuvas, com as variações meteorológicas e hidrológicas^{13,14}. Segundo Girod et al.⁹, características da paisagem podem explicar flutuações sazonais e regionais de *A. darlingi* que podem ou não se relacionar com a precipitação e com os níveis dos rios. Assim como as chuvas, a dinâmica aquática dos rios amazônicos estabelecem importante influência na flutuação vetorial da malária, garantindo a manutenção de criadouros permanentes^{15,16}.

Com o transbordamento dos rios, durante as cheias, muitos lugares da Amazônia tornam-se favoráveis para a reprodução dos mosquitos¹⁷. Pesquisas revelam a importância de se considerar os níveis dos rios, sobretudo, na fase de transbordamento e a proximidade das moradias^{10,18}.

Em virtude de as características ambientais e climáticas assegurarem ambientes propícios para a perenidade dessa endemia³, a compreensão da relação do nível d'água do rio sobre a resposta provocada nos casos de malária é importante para o entendimento do perfil epidemiológico heterogêneo no estado do Amazonas.

Pesquisas com iniciativas de esclarecer a dinâmica da doença em nível municipal e que discretize diferenças espaciais, tomando em consideração a variabilidade hidrológica da bacia, fornecem subsídios relevantes para implementação de estratégias de prevenção e controle a partir de padrões distintos da malária. Devido à influência diferenciada da precipitação em cada porção da bacia, é evidente que o regime hidrológico apresente assinaturas fluviométricas distintas. Regimes diferenciados do pulso de inundação mantêm os criadouros permanentes dos mosquitos e influenciam a sazonalidade da ocorrência dos casos de malária.

Dessa forma, o presente trabalho buscou verificar a existência de padrões da ocorrência de casos de malária no estado do Amazonas em consonância com os regimes fluviométricos das diferentes sub-bacias da Bacia Amazônica.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estado do Amazonas, localizado no coração da floresta amazônica, região Norte do Brasil, é composto de 62 municípios e ocupa área com cerca de 1.559.161,682 km². A região exibe clima equatorial úmido, caracterizada por elevadas temperaturas e altos índices pluviométricos, e apresenta estações bem definidas de período chuvoso, estiagem e meses de transição, refletindo diretamente no período da variabilidade hidrológica de águas altas e baixas¹⁹.

Esse estado apresenta a maior taxa de casos de malária comunicados pelos registros de notificação e exibe características ambientais e sociais relevantes para a determinação dos quadros epidemiológicos²⁰. Aspectos geográficos e ecológicos, como extensão territorial e vias de acesso predominantemente fluviais, são de grande importância para a determinação de locais de proliferação vetorial²¹.

DADOS

O trabalho baseou-se em análises de dados secundários utilizando-se métodos de estatística descritiva e inferencial. A análise dos dados de casos de malária e nível d'água foi feita para 35 municípios do estado do Amazonas. A quantidade de municípios analisados associou-se à qualidade dos dados de estações fluviométricas localizadas nos municípios. Os dados compreenderam períodos distintos por conta da integralidade da série histórica das estações fluviométricas.

Nível d'água

Os dados hidrológicos, oriundos de estações de monitoramento, são provenientes da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e do serviço de observação *Environmental Research Observatory/Geodynamical, hydrological and biogeochemical control of erosion/alteration and material transport in the Amazon basin* (ORE-HYBAM), disponível em <http://www.ore-hybam.org/>. Ao todo, foram analisadas 35 estações fluviométricas, de 6 bacias distintas dos rios Negro, Japurá, Solimões/ Amazonas, Juruá, Purus e Madeira para o período de 2000 a 2010, em escala mensal. Anos anteriores e posteriores ao período analisado apresentaram falta de dados acima de 3 meses, inviabilizando o uso da série.

Casos de malária

O levantamento dos dados de casos de malária foi dado por meio do processamento de dados brutos, compactados em arquivos com extensão dbf, disponibilizados no banco de dados Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-MALÁRIA). Foram analisados 35 municípios (Figura 1) para o período de 2003 a 2014. Como consequência de o SIVEP não apresentar registros anteriores a 2003, os dados foram trabalhados a partir desse ano.

ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Para obtenção de maior qualidade dos dados de casos de malária, fizeram-se necessários a exclusão das lâminas de verificação de cura (LVC — representativas de lâminas da mesma pessoa, a qual tem seus dados duplicados), exames negativos e limpeza dos dados, como descrito em Wiefels et al.²². Foram aplicados filtros para a seleção de município, país, unidade federativa e resultado do exame, com a finalidade de selecionar apenas casos alóctones de infecção. Para exibir um comportamento padrão de 11 anos, os dados foram trabalhados em uma escala mensal: foram calculadas as médias mensais, as quais foram divididas pela média interanual.

Devido à série hidrológica de algumas estações fluviométricas apresentarem falhas ou falta de registros, foi utilizado método de complementação ou substituição dos dados, conforme descrito por Santos et al.²³. Utilizou-se a técnica de regressão linear simples entre estações próximas a partir da correlação entre elas. Foram definidos critérios que consideraram:

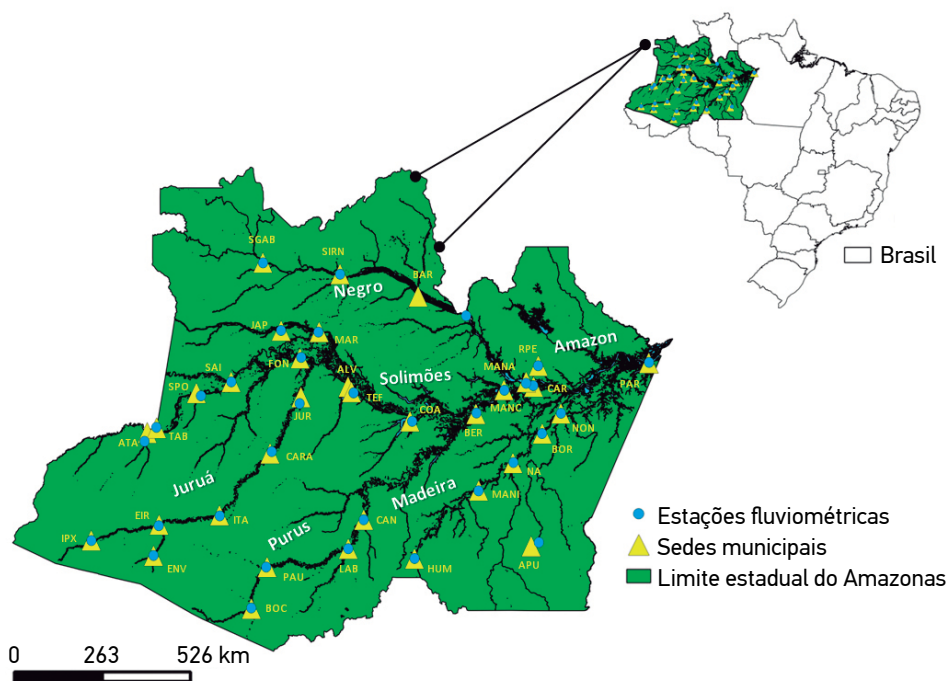
- integralidade e consistência dos dados;
- exclusão dos anos que apresentaram ausência de dados acima de 3 meses;
- exclusão de estações que apresentaram lacunas de dados em vários anos;
- substituição de estações com menor qualidade de dados por outras estações no mesmo município, com melhores condições de uso, a partir do coeficiente de correlação.

Em razão de as estações hidrométricas não se encontrarem referenciadas no nível do mar, mas em um *datum* local (plano de referência arbitrária), foi adotado método de normalização comumente utilizado em variáveis de vazão. A normalização das cotas foi dada pela razão das médias mensais de todos os meses dividida pela média interanual de cada estação²⁴.

Para auxiliar as análises e manipulação dos dados, foi utilizado o pacote estatístico R na versão 3.0, *software* livre, disponível em <http://cran.r-project.org>, e o Sistema de Informação Geográfica, livre, QGIS 2.0, disponível em https://www.qgis.org/pt_BR/site/.

RESULTADOS

Com respeito ao regime hidrológico, foram notadas diferenças na variabilidade anual das estações fluviométricas localizadas nas margens direita e esquerda e no canal principal da bacia do rio Solimões. Conforme verificado nas Figuras 2 e 3, estações localizadas na mesma bacia apresentaram regimes distintos de acordo com sua posição mais a montante ou jusante.



ALV: Alvarães; ATA: Atalaia do Norte; APU: Apuí; BAR: Barcelos; BER: Beruri; BOC: Boca do Acre; BOR: Borba; CAN: Canutama; CAR: Careiro da Várzea; CARA: Carauari; COA: Coari; EIR: Eirunepé; ENV: Envira; FON: Fonte Boa; HUM: Humaitá; IPX: Ipixuna; ITA: Itamarati; JAP: Japurá; JUR: Juruá; LAB: Lábrea; MANC: Manacapuru; MANA: Manaus; MANI: Manicoré; MAR: Maraã; NA: Novo Aripuanã; NON: Nova Olinda do Norte; PAR: Parintins; PAU: Pauini; RPE: Rio Preto da Eva; SAI: Santo Antônio do Içá; SGAB: São Gabriel da Cachoeira; SIRN: Santa Isabel do Rio Negro; SPO: São Paulo de Olivença; TAB: Tabatinga; e TEF: Tefé.

Figura 1. Localização dos 35 municípios analisados e as estações fluviométricas.

Observou-se que, para os rios Negro e Japurá (afluentas da margem esquerda do rio Solimões), as tendências comuns quanto ao período de cota máxima e mínima ocorreram entre os meses de junho a julho e outubro a novembro, respectivamente (Figuras 2A e 2B). Com relação aos rios Juruá, Purus e Madeira (afluentas da margem direita do rio Solimões), semelhanças quanto ao período de cotas máximas foram exibidas entre os meses de abril e maio e mínimas entre os meses de setembro para os dois primeiros e outubro para o terceiro (Figuras 3A, 3B e 3C).

Estações fluviométricas localizadas no canal principal também apresentaram regimes específicos. Nas estações do Alto Solimões (Atalaia do Norte, Tabatinga, São Paulo de Olivença, Santo Antônio do Içá, Fonte Boa e Alvarães), foram exibidas características semelhantes quanto ao período de cota máxima observada para o mês de maio e mínima no mês de setembro (Figura 2C). Para estações do Médio e Baixo Solimões/ Amazonas (Tefé, Coari, Manacapuru, Careiro da Várzea, Rio Preto da Eva e Parintins), as cotas máximas ocorreram no mês de junho e as mínimas em outubro (Figura 2D).

Estações próximas à confluência do rio Solimões exibiram regime hidrológico influenciado pelo efeito de barramento hidráulico. Os municípios de Alvarães (rio Solimões), Caruari e Juruá (rio Juruá), Lábrea, Canutama e Beruri (Rio Purus) apresentaram defasagens entre um e três meses com relação ao regime de sua bacia principal mais a montante.

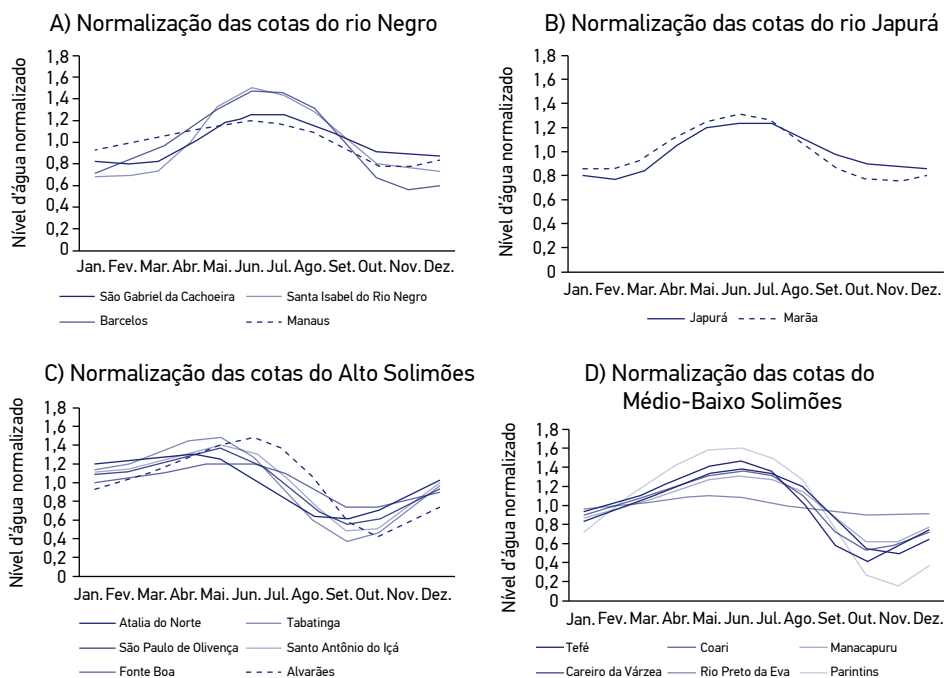


Figura 2. Dados de nível d'água normalizado nas estações dos rios (A) Negro, (B) Japurá e (C e D) Solimões. As estações representadas pela linha preta pontilhada estão sob influência do barramento hidráulico causado pelo rio Solimões/ Amazonas.

PADRÕES DE CASOS DE MALÁRIA E SUA RELAÇÃO COM A VARIABILIDADE HIDROLÓGICA

Tendo em vista a importância da dinâmica dos casos de malária em uma mesma região, a análise descritiva de enfoque epidemiológico e hidrológico demonstrou a existência de uma tendência de modulação da sazonalidade dos casos de malária a partir do deslocamento da onda de cheia dos rios. A Figura 4 expressa diferenciados padrões das variáveis de acordo com sua localização na bacia. Na medida em que ocorreram diferenças na variabilidade hidrológica anual, mais distintos tornaram-se os padrões de casos de malária, exibindo tendência de remodelagem do perfil epidemiológico em função do pulso de inundação.

Com respeito aos municípios localizados na bacia do rio Negro, os casos de malária apresentaram picos de notificação nos meses de julho, setembro e outubro; na bacia do Japurá, os máximos ocorreram em agosto e outubro; na bacia do Alto Solimões, principalmente nos meses de maio e junho; no Médio e Baixo Solimões, especialmente no mês de agosto; nas bacias do Juruá e Purus, sobretudo, em junho (Figura 5).

A variabilidade dos casos de malária com relação às cotas dos rios exibiu três padrões distintos associados às margens esquerda e direita e ao canal principal. Diferenças também foram percebidas em uma mesma bacia, de acordo com a localização da estação.

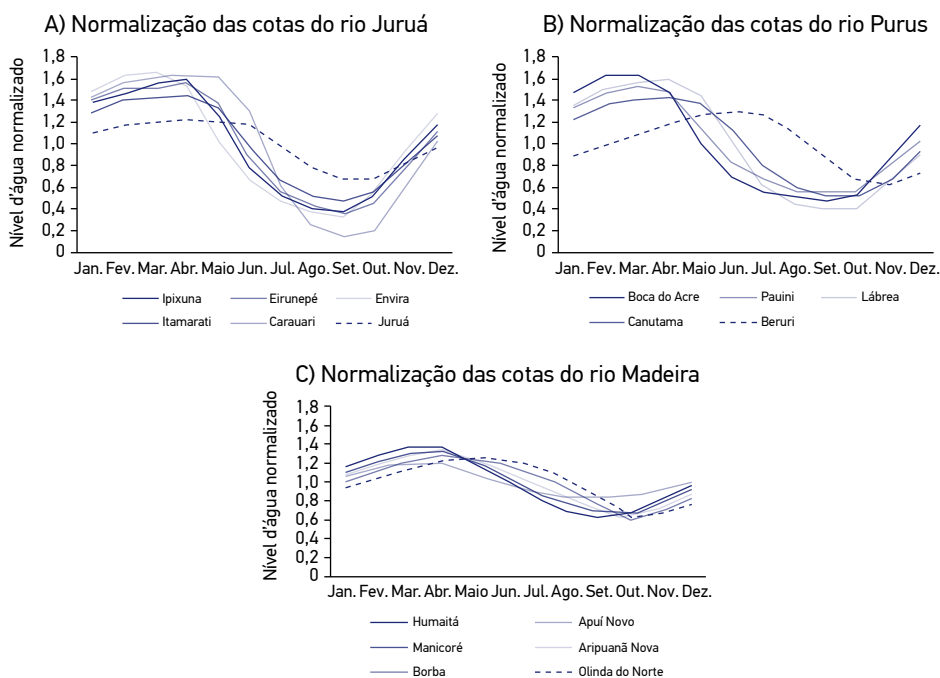


Figura 3. Índice fluviométrico anual normalizado das estações que compõem as bacias dos rios (A) Juruá, (B) Purus e (C) Madeira. As estações representadas pela linha preta pontilhada estão sob influência do barramento hidráulico causado pelo rio Solimões/Amazonas.

Na margem esquerda da bacia principal, formada pelos rios Negro e Japurá, o tempo entre o pico máximo de nível d'água e o pico máximo de casos de malária ocorreu, em média, de um a quatro meses. No canal principal (Alto, Médio e Baixo Solimões/ Amazonas), o atraso foi de dois meses. Na margem direita, constituída das bacias dos rios Juruá, Purus e Madeira, o atraso exibido foi entre 1 e 3 meses.

A variabilidade espacial do regime hidrológico, em resposta às diferenças de distribuição sazonal da precipitação, tende a caracterizar comportamentos distintos sobre os casos de malária a partir do pico de nível d'água do rio e de acordo com a localização da estação fluviométrica.

Tributários da margem esquerda (rios Negro e Japurá) coincidiram o período de cotas máximas, principalmente para o mês de junho, e exibiram padrões epidemiológicos da malária com ocorrências para o segundo semestre do ano civil. Com relação aos tributários da margem direita (rios Juruá, Purus e Madeira), foram exibidos picos de cotas máximas fluviométricas, especialmente para o mês de abril, com padrões epidemiológicos ocorrentes no fim do primeiro semestre do ano civil.

No curso do canal principal (rio Solimões/ Amazonas), foram notadas variações quanto ao período de cota máxima e dos padrões de casos de malária. Observou-se que municípios localizados no Alto Solimões tendem a apresentar picos de casos de malária, sobretudo, no fim do

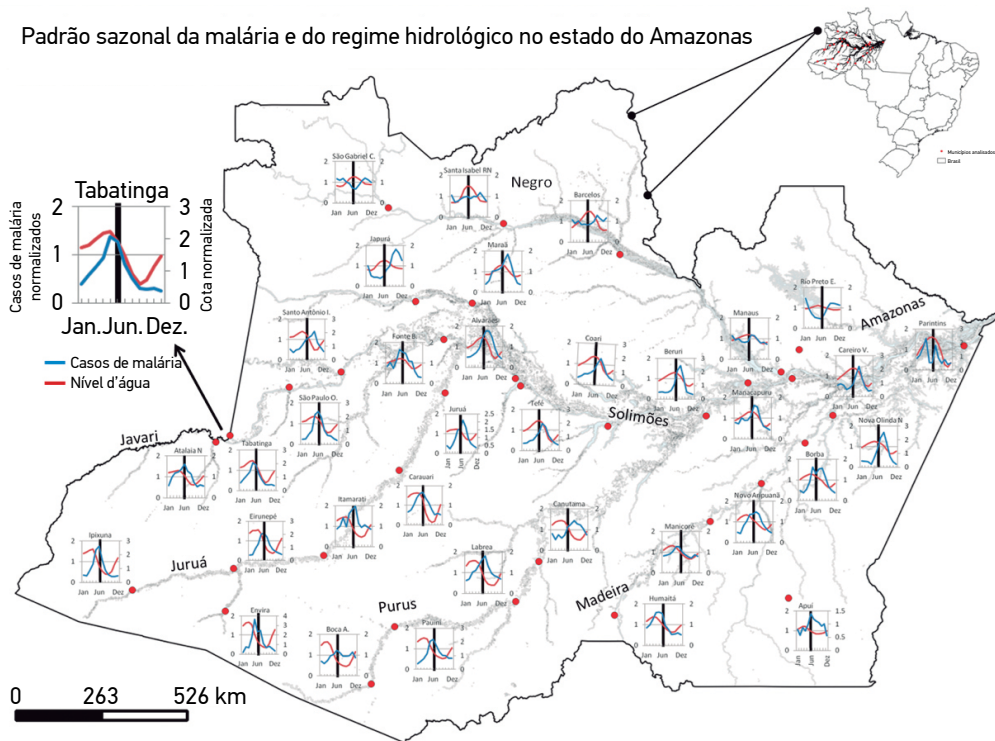


Figura 4. Sazonalidade de casos de malária e dos níveis d'água nos municípios analisados. Os gráficos representam os casos de malária (linhas azuis), a variação dos níveis d'água (linhas vermelhas) e o meio do ano (linha preta vertical).

primeiro semestre do ano civil, especificamente entre os meses de maio e junho. Municípios estabelecidos no Médio e Baixo Solimões/ Amazonas exibiram picos de casos de malária, mormente, no início do segundo semestre do ano civil, especificamente no mês de agosto.

DISCUSSÃO

A análise crítica de dados secundários revela o cuidado na utilização dos números disponibilizados e dos problemas inseridos em suas séries históricas. Por causa de erros e falhas nos dados hidrológicos de algumas estações, muitas delas podem ficar inutilizadas para o uso.

Uma alternativa utilizada para amenizar os problemas nos dados de estações fluviométricas, devido a valores ausentes, é a substituição por dados de uma estação mais próxima e com registros mais completos de nível d'água²³. Séries descontínuas, com falta de dados são produtos de problemas na emissão do registro ou de logística em face ao difícil acesso do pessoal técnico a algumas estações, especialmente em dias de chuvas.

Os valores estimados dos dados de nível d'água, por meio da regressão linear, compuseram a série histórica estudada e foram utilizados na aplicação dos cálculos das médias interanuais e normalização das cotas fluviométricas. Com o critério de consistência dos dados

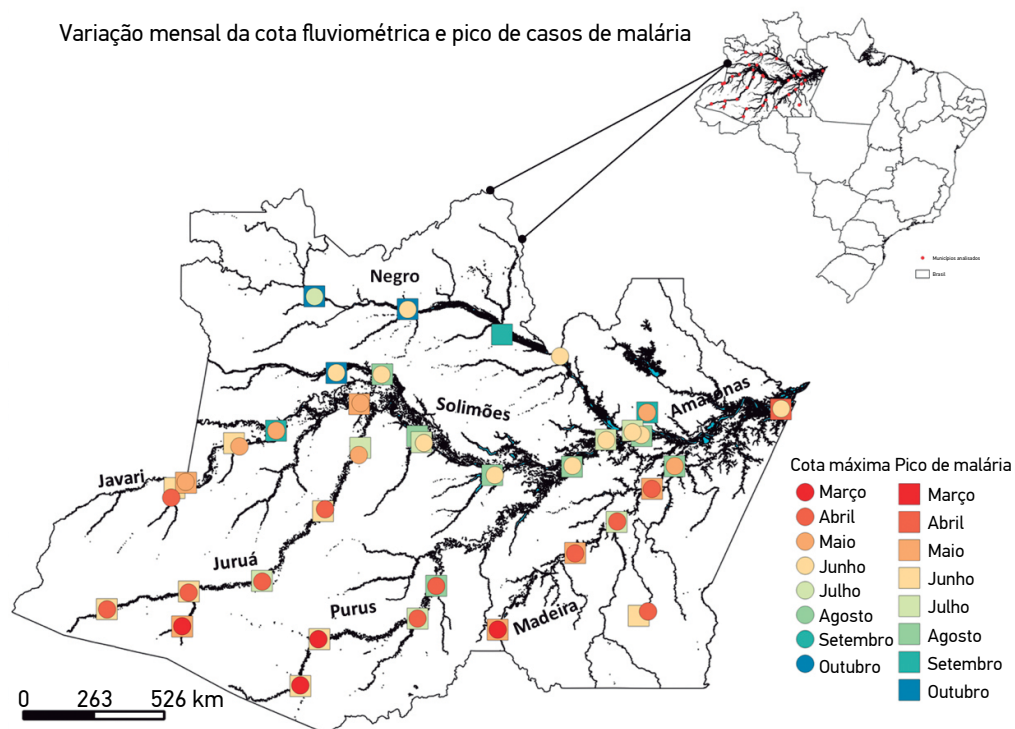


Figura 5. Variação espaço-temporal dos picos de casos de malária e cota dos rios. Defasagens de acordo com as máximas ocorrências.

fluviométricos, as médias interanuais dos níveis d'água são mantidas próximas do real e não alteram o comportamento fluviométrico²⁴.

Embora diferenças na variabilidade hidrológica da bacia sejam mais marcadas dependendo da localização da estação, tendências comuns quanto ao comportamento da dinâmica hidrológica, nos períodos de cheia e seca, foram observadas entre os rios Negro e Japurá e entre os rios Juruá, Purus e Madeira.

De acordo com Meade et al.²⁵, a diferença quanto ao regime de escoamento hidrológico é dada pelo arrefecimento das águas provocado pelo efeito de barramento hidráulico e armazenagem sazonal de água na várzea. Em função de um regime de precipitação espacial distinto, defasagens diferentes na entrada dos tributários e picos de descarga entre as porções da bacia são claras, onde implicam diretamente em períodos de cheias diferenciadas em razão das diferenças no momento de entrada das chuvas.

Conforme os regimes de cheias ocorreram, percebeu-se o aumento das notificações de malária com picos após as cheias dos rios. Pesquisas sugerem que o transbordamento dos rios representa potenciais criadouros do vetor em muitas áreas da Amazônia¹⁶⁻¹⁸.

O regime hidrológico tem mostrado papel fundamental em relação à dinâmica dos casos de malária. A sazonalidade e abundância das chuvas provocam flutuações no nível d'água, causadas pelo transbordamento do rio principal. As chuvas, somadas aos fatores ambientais e sociais, constituem um fator ambiental determinante na dinâmica e proliferação do vetor da malária²⁶⁻²⁸, no entanto os índices de incidência e riscos de transmissão podem variar ao longo da bacia²⁹.

Em estudo realizado para os municípios de Coari, Codajás, Manacapuru e Manaus, Wolfarth et al.³⁰ observaram cotas máximas no mês de junho. A pesquisa propôs que os casos de malária apresentavam defasagens de 1 ou 2 meses após as cheias dos rios, sugerindo que os casos da doença refletem a dinâmica vetorial e de transmissão, na qual acompanham, de maneira defasada, a subida e descida dos rios. Xavier³¹ encontrou uma associação dos casos de malária no período de subida do nível d'água, defasados de dois meses, para o município de Manaus.

Wolfarth-Couto et al.³², com base em análises estatísticas, mostraram que picos de malária se exibem, em média, entre 1 e 4 meses após o pico dos rios. Além disso, o estudo sugeriu que a relação entre as variáveis pode apresentar atuação local no tempo e no espaço e que variáveis como a topografia favorecem uma atuação diferenciada em cada município.

Os resultados não somente se encontraram em conformidade com as pesquisas no Amazonas, como também foram mais complementares nos aspectos espacial e descritivo do comportamento dos casos de malária em relação às variabilidades hidrológicas distintas.

Na Amazônia, a sazonalidade da malária é observada entre os meses de junho a setembro, principalmente no período da estação seca. Estudos afirmam que o aumento das notificações de casos de malária ocorre no período da estiagem, a partir do mês de agosto^{2,3,26,33}. De maneira análoga, este estudo encontrou resultados semelhantes, todavia mostrou que os picos de malária também podem ocorrer antes de agosto se considerados o regime hidrológico e a precipitação local.

Os riscos de se contrair malária no estado do Amazonas são elevados por conta da existência de criadouros permanentes comuns na região. Esse tipo de criadouro desempenha papel de habitat o ano todo, mesmo na estação seca, favorecendo a reprodução e transmissão contínua da malária³⁴.

Embora os fatores ambientais e climáticos denotem certa influência sobre a dinâmica da malária, questões de vigilância, prevenção e controle não devem ser desprezados. Atuações governamentais de saúde podem atuar (ou não) de forma eficaz, mascarando possíveis relações com as condições hidrológicas/ climáticas. Independentemente de associações significativas, a relação doença-clima é complexa e indireta, principalmente quando se usam dados de casos de malária e não de vetores. Apesar dessa limitação, esses casos são ótimos indicadores da saúde e servem como medidores da vigilância epidemiológica da região, além de atuarem como suporte de planejamento, ação e controle dos órgãos de saúde²².

CONCLUSÃO

As análises descritivas do regime hidrológico demonstraram que os afluentes das margens esquerda e direita e do canal principal do rio Solimões são caracterizados por uma regionalização de períodos distintos de cheia. Outra observação relevante foi a resposta dos picos de cheia de acordo com a posição da estação fluviométrica na bacia. Estações de nível d'água mais a montante do trecho principal têm os períodos de cota máxima antecipada em relação às estações mais à jusante e próximas da confluência com o Solimões.

Conforme foram observadas diferenças no deslocamento das cheias dos rios, percebeu-se que o período do pico de casos de malária também foi dinâmico. Neste caso, acredita-se que, assim como o regime pluviométrico modula o regime fluviométrico, em grande parte, este gera influência significativa nos distintos padrões de sazonalidade dos casos de malária, mais especificamente nos períodos de máxima ocorrência.

Como a distribuição espacial da malária está relacionada de acordo com as características ambientais e climáticas da região, examinar o vínculo que as variáveis de precipitação e nível d'água apresentam sobre a doença torna-se indispensável para o conhecimento local da evolução dessas relações.

O estudo sugere que a implementação de estratégias regionais que considerem as características locais, comportamento do perfil epidemiológico, principalmente no que diz respeito às tendências dos picos de casos de malária em função dos regimes hidrológicos distintos, pode servir de táticas auxiliares no monitoramento e nas ações municipais de atenuação da malária no estado do Amazonas.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao apoio recebido do *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD), *Maison de Télédétection* (Montpellier, França), do Laboratório de Potamologia da Amazônia (LAPA) e do Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (PPG — CLIAMB/INPA).

REFERÊNCIAS

1. Organisation Mondiale de la Santé. Rapport sur le paludisme dans le monde. 2014 resumé. Genève: OMS; 2015.
2. Tadei WP, Santos JMM, Costa WLS, Scarpassa VM. Biologia dos anofelinos amazônicos. XII. Ocorrência de espécies de Anopheles, dinâmica da transmissão e controle da malária na zona urbana de Ariquemes (Rondônia). *Rev Inst Med Trop* 1988; 30(3): 221-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-4665198800300017>
3. Tadei WP, Thatcher B, Santos JMM, Scarpassa VM, Rodrigues IB, Rafael MS. Ecologic observations on Anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. *J Trop Med Hyg* 1998; 59(2): 325-35. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1998.59.325>
4. Tadei WP, Mascarenhas BM, Podestá MG. Biologia de Anofelinos Amazônicos. VIII. Conhecimentos sobre a distribuição de espécies de Anopheles na região de Tucuruí – Marabá (Pará). *Acta Amaz* 1983; 13(1): 103-40. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921983131103>
5. Tadei WP, Thatcher B. Malaria Vectors in the Brazilian Amazon: Anopheles of the subgenus Nyssorhynchus. *Rev Inst Med Trop S Paulo* 2000; 42(2): 87-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-4665200000200005>
6. Takken W, Vilarinhos PTR, Schneider P, Santos F. Effects of environmental change on malaria in the Amazon region of Brazil. In: Takken W, Martens P, Bogers RJ, editores. *Environmental change and malaria risk*. Wageningen University Frontis Series 2005, 9. p. 113-123.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Ações de controle da malária: Manual para profissionais de saúde na atenção básica. Brasília: Distrito Federal; 2006.
8. Barata RC. Malária no Brasil: Panorama epidemiológico na última década. *Cad saúde Pública* 1995; 11(1): 128-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1995000100019>
9. Girod R, Roux E, Berger F, Stefani A, Gaborit P, Carinci R, et al. Unraveling relationships between *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) densities, environmental factors and malaria incidences: Understanding variable patterns of transmission in French Guiana (South America). *Ann Trop Med Parasitol* 2011; 105(2): 107-22. <https://doi.org/10.1179/136485911X12899838683322>
10. Zhou SS, Huang F, Wang JJ, Zhang SS, Su YP, Tang LH. Geographical, meteorological and vectorial factors related to malaria re-emergence in Huang-Huai river of central China. *Malar J* 2010; 9: 337. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-337>
11. Saéz-Saéz V, Martínez J, Rubio-Palis Y, Delgado L. Evaluación semanal de La relación malaria, precipitación y temperatura del aire en La Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Bol Mal Salud Amb* 2007; 47(2): 177-89.
12. Alemu A, Abebe G, Tsegaye W, Golassa L. Climatic variables and malaria transmission dynamics in Jimma town, South West Ethiopia. *Parasit Vectors* 2011; 4: 30. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-30>
13. Hiwat H, Bretas G. Ecology of *Anopheles darlingi* Root with respect to vector importance: a review. *Parasit Vectors* 2011; 4: 117. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-177>
14. Stefani A, Hanf M, Nacher M, Girod R, Carme B. Environmental, entomological, socioeconomic and behavioural risk factors for malaria attacks in Amerindian children of Camopi, French Guiana. *Malar J* 2011; 10: 246. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-246>
15. Barros FSM, Honório NA. Man biting rate seasonal variation of malaria vectors in Roraima, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102(3): 299-302. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762007005000024>
16. Sogoba N, Doumbia S, Vounatsou P, Baber I, Keita M, Maiga M, et al. Monitoring of Larval Habitats and Mosquito Densities in the Sudan Savanna of Mali: Implications for Malaria Vector Control. *Am J Trop Med Hyg* 2007; 77(1): 82-8.
17. Basurko C, Hanf M, Han-Sze R, Rogier S, Héritier P, Grenier C, et al. Influence of climate and river level on the incidence of malaria in Cacao, French Guiana. *Malar J* 2011; 10: 1-7. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1475-2875-10-26>
18. Magris M, Rubio-Palis Y, Menares C, Villegas L. Vector bionomics and malaria transmission in Upper Orinoco river, southern Venezuela. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102(3): 303-12. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762007005000049>
19. Filizola N, Vicente AS, Santos AMC, Oliveira MA. Cheias e secas na Amazônia: breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. *T&C Amazônia* 2006; 9: 42-9.
20. Brasil. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.
21. Confaloniere UEC. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para análise de paisagem e doenças. *Estud Av* 2005; 19(53): 221-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000100014>
22. Wiefels A, Wolfarth-Couto B, Filizola N, Durieux L, Mangeas M. Accuracy of the malaria epidemiological surveillance system data in the state of Amazonas. *Acta Amaz* 2016; 46(4): 383-90. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201600285>

23. Santos I, Fill HD, Sugai MR, Buba H, Kishi RT, Marone E, et al. Hidrometria aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; 2001.
24. Muniz LS. Análise dos Padrões Fluviométricos da Bacia do Rio Madeira - Brasil [dissertação]. Manaus: Universidade Federal do Amazonas; 2013.
25. Meade RH, Rayol JM, Conceição SC, Natividade JRG. Backwater effects in the Amazon river basin of Brazil. *Environmental Geol. Water Sci* 1991; 18(2): 105-14. <https://doi.org/10.1007/BF01704664>
26. Assis MC, Gurgel HC, Antonio BM, Angelis CF. 2008. Precipitação pluviométrica e a incidência de malária na bacia do rio Purus. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. São Paulo; 2008. p. 1-6.
27. Parente AV. Incidência de malária no estado do Pará e suas relações com a variabilidade climática regional [dissertação]. Belém: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais; 2007.
28. Gurgel E. Paludisme et dynamiques environnementales dans L'état du Roraima au Brésil [tese]. Paris: Universidade de Paris; 2006.
29. Olson SH, Gagnon R, Elguero E, Durieux L, Guégan J, Foley JA, et al. Links between climate, malaria, and wetlands in the Amazon Basin. *Emerg Infect Dis* 2009; 15(4): 659-62. <https://doi.org/10.3201/eid1504.080822>
30. Wolfarth BR, Filizola N, Tadei WP, Durieux L. Epidemiological analysis of malaria and its relations with environmental variables in four municipalities of the State of Amazonas-Brazil. *Hydrolog Sci J* 2013; 58(7): 1495-504. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.831977>
31. Xavier SDR. Variabilidade climática, vulnerabilidade ambiental e saúde: os níveis do rio Negro e as doenças relacionadas à água em Manaus [dissertação]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 2014.
32. Wolfarth-Couto BR, Araújo R, Filizola N. Variabilidade dos casos de malária e sua relação com a precipitação e nível d'água do rio no Estado do Amazonas, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2019; 35(2): e00020218. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00020218>
33. Quintero LO, Thatcher BD, Tadey WP. Biologia de Anofelinos Amazônicos. XXI. Ocorrência de espécies de Anopheles e outros culicídeos na área de influência da hidrelétrica de Balbina – cinco anos após o enchimento do reservatório. *Acta Amaz* 1996; 26(4): 281-96. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921996264296>
34. Deane LM, Causey OR, Deane MP. Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões Nordeste e Amazônica do Brasil. *Rev Serv Esp Saúde Pública* 1948; 1(4): 827-965.

Recebido em: 13/06/2018

Revisado em: 08/11/2018

Aceito em: 09/11/2018

Contribuição dos autores: Bruna Wolfarth-Couto e Naziano Filizola participaram de concepção e delineamento do estudo, análise estatística, interpretação dos dados e redação do manuscrito. Naziano Filizola e Laurent Durieux participaram de orientação do estudo, interpretação dos dados e revisão crítica do manuscrito.

