

## IMPACTO DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS NA TRANSMISSÃO DA MALÁRIA E PERSPECTIVAS PARA O CONTROLE DA DOENÇA EM ÁREAS DE ASSENTAMENTO RURAL DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

*Mônica da Silva-Nunes*

Universidade Federal do Acre (UFAC), Centro de Ciências da Saúde e do Desporto, BR 364 km 04, Rio Branco, AC, Brasil. Cep: 69.915-900.  
E-mail: msnunes1@yahoo.com.br

### RESUMO

A malária é uma das principais doenças parasitárias da atualidade, e o Brasil é o país que contribui com o maior número de casos de malária no continente americano. Embora 99% dos casos notificados no país ocorram na Amazônia Legal, há grande heterogeneidade na transmissão da malária dentro da própria região amazônica, que pode ser explicada por vários fatores diferentes, como variáveis ambientais, entomológicas, fatores inerentes à biologia do hospedeiro e do próprio parasita. Neste artigo, apresenta-se uma revisão da literatura sobre as possíveis interações entre o meio-ambiente e a transmissão de malária, com enfoque na malária dentro do contexto dos assentamentos rurais. São discutidas as alterações ambientais e seus impactos na transmissão do Plasmodio, a heterogeneidade espacial da malária, as questões ligadas ao uso da terra e alternativas ao desmatamento, e as perspectivas para o controle da doença dentro do âmbito dos assentamentos rurais.

**Palavras-chave:** Malária; desflorestamento; Amazônia; assentamento rural.

### ABSTRACT

**ENVIRONMENTAL CHANGES IMPACT IN MALARIA TRANSMISSION AND PROSPECTS FOR THE DISEASE CONTROL IN BRAZILIAN AMAZON RURAL SETTLEMENTS.** Malaria is one of the most important parasitic diseases of the world, and Brazil is the country that contributes with the largest number of malaria cases in the American continent. Although 99% of notified cases occur in the Legal Amazon, there is great heterogeneity of malaria transmission within the Amazon region, which can be explained by different factors, such as environmental and entomological issues, host and parasite biology. In this article, a literature review of possible interactions between the environment and malaria is presented, focusing malaria in rural agricultural settlements. Issues such as environmental changes and their impact in plasmodial transmission, spatial malaria heterogeneity, land use and deforestation alternatives, and perspectives for disease control within rural settlements are discussed.

**Keywords:** Malaria; deforestation; Amazon; rural settlements.

### RESUMEN

**IMPACTO DE LOS CAMBIOS AMBIENTALES EN LA TRANSMISIÓN DE LA MALARIA Y PERSPECTIVAS PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD EN LAS ZONAS RURALES DE ASENTAMIENTOS DE LA AMAZONIA BRASILEÑA.** La malaria es una enfermedad parasitaria importante de hoy, y Brasil es un país que aporta el mayor número de registros de malaria en las Américas. Aunque 99% de los casos reportados en el país ocurren en el Amazonas, existe una gran heterogeneidad en la transmisión de la malaria dentro de la región amazónica, que puede explicarse por varios factores diferentes,

incluyendo las variables ambientales, los factores entomológicos inherentes a la biología de los humanos y de lo parásito. En este artículo se presenta una revisión bibliográfica sobre las posibles interacciones entre el medio ambiente y la transmisión de la malaria, con especial atención a la malaria en el contexto de los asentamientos rurales. Se discuten los cambios ambientales y su impacto en la transmisión de *Plasmodium*, la heterogeneidad espacial de la malaria, los problemas de uso de la tierra y las alternativas a la tala de árboles, y las perspectivas para el control de la enfermedad en el marco de los asentamientos rurales.

**Palabras clave:** Malaria; deforestación; Amazônia; asentamientos rurales.

## INTRODUÇÃO

A malária é uma das principais doenças parasitárias da atualidade, sendo causada por parasitas do gênero *Plasmodium*. A prevalência anual da malária é estimada em 350-500 milhões de casos, e a mortalidade em mais de um milhão de óbitos anuais (Korenkomp 2005). O Brasil é o país que contribui com o maior número de casos de malária no continente americano. Em 1999 foram notificados 637.474 casos no país, sendo 99% na Amazônia Legal. Apesar dos esforços para o controle da doença, o número de casos notificados anualmente ainda é elevado (547.991 casos em 2006 e 462.810 casos em 2007; SVS/MS 2008), mostrando que ao mesmo tempo em que a malária é passível de controle, ela persiste e demanda intervenções constantes.

Embora 99% dos casos notificados no país ocorram na Amazônia Legal, há grande heterogeneidade na transmissão da malária dentro da própria região amazônica (Figura 1A e 1C), que pode ser explicada por vários fatores diferentes, como variáveis ambientais, entomológicas, fatores inerentes à biologia do hospedeiro e do próprio parasita. Neste artigo, apresenta-se uma revisão da literatura sobre as possíveis interações entre o meio-ambiente e a transmissão de malária, com enfoque na malária dentro do contexto dos assentamentos rurais.

## PRESSÃO HUMANA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA, MUDANÇAS AMBIENTAIS E MALÁRIA

### ASPECTOS FÍSICOS, HUMANOS E HISTÓRICOS DA AMAZÔNIA

Há vários séculos, a Amazônia brasileira tem sido submetida a pressões humanas intensas, que

contribuíram para manter a transmissão de malária e outras doenças infecciosas. Entre elas podemos citar a busca de 'drogas do sertão' nos séculos 17 e 18, o primeiro ciclo da borracha em 1877, e a Segunda Guerra Mundial, que deu início ao segundo ciclo da borracha. Mais recentemente, a construção de estradas, estabelecimento de projetos de assentamento rural e da Zona Franca de Manaus resultou em aumento de 16 milhões na população amazônica [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2002], impulsionando a expansão das fronteiras agrícolas e extrativistas, com grande impacto ambiental.

Desde 1970, o Instituto Nacional de Colonização Agrícola vem criando projetos de assentamentos rurais na Amazônia (Figura 1C e Figura 2), atualmente com 528 mil famílias alocadas em 14 milhões de hectares (ha) (Barreto *et al.* 2005). Essa política de expansão de fronteiras agrícolas na Amazônia levou a importantes mudanças ambientais e econômicas, com ênfase na agricultura e pecuária (IBGE 2003).

Outros tipos de ocupação da Amazônia também resultaram em grande impacto ambiental, como as áreas de mineração legal e ilegal (Barbieri & Sawyer 2007). Dentre as causas para esse fenômeno, podemos citar o desmatamento para a construção das minas e campos de mineração, e a demanda por madeira e energia hidráulica para seu funcionamento, bem como impactos indiretos como a erosão do solo e contaminação ambiental com mercúrio (Barreto *et al.* 2005, Barbieri & Sawyer 2007).

Embora contando com grandes regiões metropolitanas, como Belém (1,8 milhões de habitantes) e Manaus (1,4 milhões de habitantes), cerca de 7 milhões de pessoas (1/3 da população amazônica) moram atualmente em pequenas cidades e vilarejos com menos de 10.000 habitantes, que correspondem a 41,6% dos municípios da região. Esses pequenos núcleos urbanos originaram-se em sua maioria de áreas de garimpo, projetos de colonização

e entrepostos comerciais ao longo de estradas oficiais e não-oficiais.

Os estados amazônicos adotaram diferentes estratégias de desenvolvimento: uso extensivo da terra (MT, PA), estratégia pontual industrial (AM), modernização do extrativismo (AC, AP), e expansão da pecuária e soja (RO, RR). Algumas dessas estratégias de desenvolvimento têm aumentado a taxa de desmatamento da região devido à abertura de novas estradas, crescimento das cidades, exploração de madeira, agricultura familiar e mecanizada, entre outros (Barreto *et al.* 2005). A área cumulativa desmatada da Amazônia Legal brasileira era de 653 mil km<sup>2</sup> em 2003 (16,3%), concentrados ao longo de um arco na região oriental, compreendendo o sudoeste do Maranhão ao norte de Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudoeste do Acre (INPE 2004) (Figura 1D). A taxa de desmatamento anual tem aumentado nos últimos dez anos; os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia tiveram as maiores taxas de desmatamento entre 1991 e 2003, enquanto os estados do Amazonas, Mato Grosso, Rondônia e Acre apresentaram processo crescente de urbanização da população. Esses dados indicam que as atividades econômicas são responsáveis pelo avanço do desmatamento (Ferreira & Salati 2005), embora a pressão demográfica direta também pareça desempenhar um papel importante.

#### CONTEXTOS EPIDEMIOLÓGICOS DA MALÁRIA NA AMAZÔNIA E A MALÁRIA EM ASSENTAMENTOS RURAIS

Frente à heterogeneidade sócio-econômica e ambiental da região Amazônica, podemos identificar pelo menos cinco tipos de população com características epidemiológicas diversas: (a) a população dos grandes núcleos urbanos, (b) a população de ribeirinhos, (c) a população nativa ou indígena, (d) a população de assentamentos rurais e de comunidades oriundas de assentamentos rurais e (e) a população transiente de garimpos e/ou grandes projetos econômicos, como os projetos de mineração. Essas populações distribuem-se em três tipos de paisagem: a paisagem natural (que concentra as populações tradicionais como os ribeirinhos e indígenas), a paisagem antropizada

(assentamentos rurais, garimpos e núcleos residenciais ao longo de estradas) e a paisagem construída ou urbanizada (contendo os grandes núcleos urbanos; Confalonieri 2005). Devido aos diferentes fatores biológicos, comportamentais e geográficos a que essas populações estão expostas, ocorre maior ou menor incidência de malária, com maior ou menor estabilidade de transmissão.

A epidemiologia da malária em assentamentos rurais incipientes da Amazônia foi estudada por vários autores na década de 1980, mas poucos estudos se sucederam nas décadas seguintes, durante as quais grandes transformações sociais e ambientais ocorreram (de Castro *et al.* 2006). Camargo *et al.* (1996) avaliaram as características da malária em uma pequena comunidade urbana de RO, mostrando transmissão sazonal com pico na época seca, com predomínio de *P. vivax* sobre *P. falciparum*, prevalência baixa em menores de 10 anos de idade e grupo de risco relacionado a atividade profissional e local de trabalho, indicando transmissão extra-domiciliar. Camargo *et al.* (1994) encontraram padrão de transmissão hipoendêmico, também com predomínio de *P. vivax* sobre *P. falciparum* e epidemias no final da estação chuvosa e início da estação seca, sendo que homens com atividades profissionais predominantemente vespertinas e/ou extra-domiciliares, relacionadas ao desflorestamento, eram o principal grupo de risco.

Duarte *et al.* (2004) conduziram um estudo de coorte em área de assentamento rural no Mato Grosso, originado a partir de garimpos locais desativados. Cerca de 521 indivíduos residentes em dois ramais diferentes (dos quais 33% eram migrantes de áreas não-endêmicas), foram acompanhados por 8 meses através de três estudos transversais. A taxa de incidência de malária na população foi de 4,49/100 pessoas-ano, com predomínio de malária *vivax*. Não foram detectados portadores assintomáticos pela microscopia. Exceto pelo efeito protetor da presença de malária no início do estudo, os autores não conseguiram identificar nenhum outro fator de risco para malária, provavelmente por problemas de coleta de dados, técnica diagnóstica e/ou tempo curto de seguimento.

De Castro e colaboradores efetuaram vários estudos espaciais (Singer & Castro 2001, de

Castro *et al.* 2006, 2007) sobre as características epidemiológicas da malária nesse tipo de população, mostrando que nos estágios iniciais dos assentamentos predominam os riscos ambientais, decorrentes das transformações que favorecem o aumento do vetor *Anopheles darlingi*, enquanto que nos estágios finais os riscos ambientais são suplantados por riscos comportamentais do hospedeiro humano.

### ASSENTAMENTOS RURAIS NA AMAZÔNIA E TRANSMISSÃO DE MALÁRIA: O PROJETO DE ASSENTAMENTO DIRIGIDO (PAD) PEDRO PEIXOTO

No final da década de 70 e durante a década de 80, cerca de 5.000 pessoas foram assentadas em diferentes Projetos de Assentamento Dirigido do Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) no estado do Acre (Marques 1987). Em 1999 o Acre possuía 2 projetos de colonização, 35 projetos de assentamento dirigido e 8 projetos agro-extrativistas, com um total de 16.202 famílias assentadas, distribuídas em 9% do estado (1.572.531ha). O maior e mais antigo é o PAD Pedro Peixoto, localizado no extremo leste do estado, entre os paralelos 9°05' e 10° 30'S e meridianos 66°41' e 67°40'W. Esse assentamento foi fundado em 1977, contém 317.588ha distribuídos em quatro municípios (Acrelândia, Senador Guiomard, Rio Branco e Plácido de Castro), com 4.225 famílias cadastradas em 1999 e distribuídas em 4.025 lotes (Acre, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais 2000).

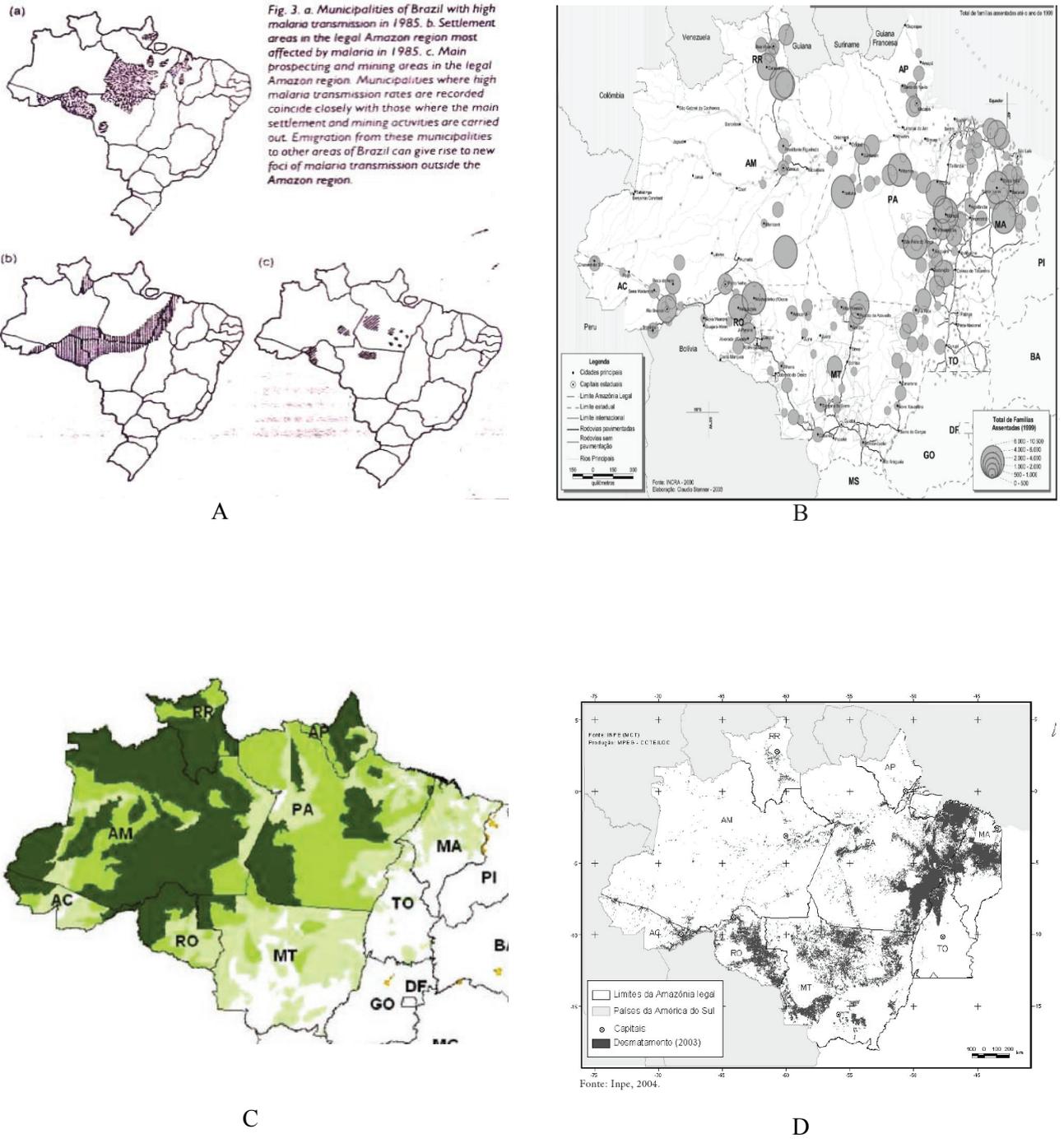
Da Silva-Nunes *et al.* (2008a,b) efetuaram estudo de corte no PAD Pedro Peixoto para identificar fatores de risco para malária em população de assentamento rural, envolvendo uma área de ocupação antiga (gleba Q da linha 14, aberto na década de 70) e outra de ocupação mais recente (Reserva da Linha 14, aberta em 1999). A incidência de malária *vivax* foi de 30,0/100 pessoas-ano [Intervalo de Confiança (IC) de 95% de 25,4-35,3/100 pessoas-ano expostas ao risco], e a incidência de malária *falciparum* de 16,3/100 pessoas-ano expostas ao risco (IC de 95% de 12,9-20,3/100 pessoas-ano expostas ao risco).

Foram fatores de risco para ter malária o envolvimento em atividades de desflorestamento (OR = 7,35, P = 0,004), morar com pessoa envolvida em desflorestamento (OR = 2,26, P = 0,017), morar em domicílio com grande número de residentes (OR =

1,31, P = 0,001), morar nas áreas de ocupação recente do ramal (OR = 1,19, P = 0,0001), e ter tido episódio prévio recente de malária (OR = 2,77, P = 0,001). Malárias por *P. falciparum* tiveram grande associação com a atividade de desflorestamento (OR = 10,74, P = 0,002). A probabilidade de ter malária *vivax* aumentou nos primeiros 5-6 anos de residência no local, para depois cair abruptamente. Por outro lado, a probabilidade de ter malária *falciparum* aumentou menos rapidamente, atingindo um pico com 8-9 anos de residência no local, diminuindo lentamente após esse período. Modelos aditivos mostraram que a idade contribuiu muito pouco para explicar o risco de malária nessa população, uma vez que esta se constituía principalmente em migrantes com tempo de exposição variável ao *Plasmodium*. A outra característica importante é que a ocupação da área de estudo pela coorte se deu ao longo do tempo; existe, portanto, uma heterogeneidade espaço-temporal no que se refere ao local de moradia e nas condições ambientais a que cada família é ou foi exposta. Estas duas variáveis sugerem transmissão intradomiciliar da malária em pelo menos parte dos casos.

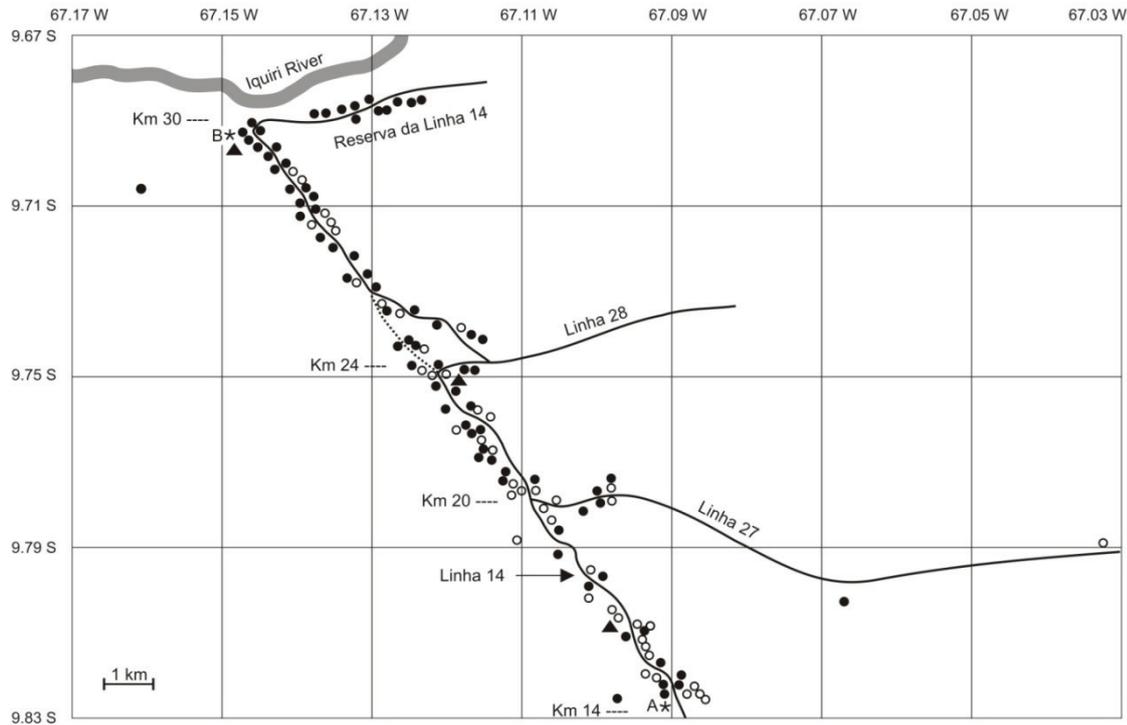
Outro importante achado descrito por da Silva-Nunes *et al.* (2008a,b) foi a ocorrência de conglomerados de casos de malária (78,9% dos indivíduos residentes em apenas 43,9% das casas, distribuídas ao redor de 6,2km, P = 0,0001). Esse efeito foi observado tanto para malária *vivax* como para malária *falciparum* isoladamente, sendo que os casos de malária *falciparum* concentraram-se na porção final do ramal, de ocupação mais recente e próximo a um rio de médias proporções, mostrando que o local de residência é um determinante importante do risco de ter malária (Figura 2).

Este estudo mostra, portanto, que a epidemiologia da malária em áreas de assentamento rural na Amazônia apresenta fatores de risco inerentes a esse tipo de população, principalmente ligados ao uso e ocupação da terra. Outras variáveis analisadas como fatores genéticos e resposta imune do hospedeiro não tiveram associação com o risco de ter malária (da Silva-Nunes 2008a,b). Esses achados confirmam em parte os estudos previamente publicados por Marques (1987) e de Castro *et al.* (2006), descritos anteriormente, e mostram que o ciclo de expansão das fronteiras agrícolas, com alterações ambientais e manutenção da transmissão de malária continuam a ocorrer nas áreas de assentamento agrícola incentivadas pelo governo na Amazônia brasileira.



**Figura 1.** Evolução dos assentamentos rurais, desmatamento e risco de malária, Brasil, 1980- 2007. Em (A) municípios com alta transmissão de malária em 1985 (Aa), assentamentos rurais da Amazônia Legal com alta transmissão de malária em 1985 (Ab) e áreas de mineração na Amazônia Legal em 1985 (Ac); (B) Assentamentos rurais estabelecidos na Amazônia até 1999, onde o tamanho do círculo indica o tamanho do assentamento; (C) Áreas de alto (verde-escuro), médio (verde-médio) e baixo (verde-claro) risco para malária em 2007, sendo as áreas em branco de risco inexistente; (D) Desmatamento cumulativo (áreas em cinza) até 2003. Fontes: (A) Marques (1987); (B) Brasil (Governo Federal) (2003); (C) SVS/MS (2008); (D) INPE (2004). Figura 1(A) reproduzida de Marques (1987), com permissão de Elsevier.

**Figure 1.** Evolution of rural settlements, deforestation and malaria risk, Brasil, 1980-2007. In (A) municipalities with high malaria transmission in 1985 (Aa), rural settlements of Legal Amazon with high malaria transmission in 1985 (Ab) and mining areas in Legal Amazon in 1985 (Ac); (B) Rural settlements established in the Amazon up to 1999, where the size of the circle indicates the size of the settlement; (C) Areas with high (dark green), moderate (green) and low (light green) malaria risk in 2007, white color indicates areas with no risk; (D) Cumulative deforestation (gray areas) up to 2003. Source: (A) Marques (1987); (B) Brasil (Federal Government) (2003); (C) SVS/MS (2008); (D) INPE (2004). Figura 1(A) reprint from Marques (1987), with permission from Elsevier



**Figura 2.** Mapa mostrando o ramal do Granada, no PAD Pedro Peixoto, com a localização de cada domicílio (círculos). Os círculos pretos e brancos indicam, respectivamente, domicílios com e sem casos de malária registrados durante o seguimento longitudinal de 15 meses. Os triângulos pretos indicam os postos de diagnóstico microscópico de malária mantidos pelo serviço de saúde local, e as estrelas são as habitações usadas para se calcular a distância de cada habitação em relação à casa-índice (distância da casa A para as demais casas da Linha 14 gleba Q e distância da casa B + casa A para as casas da Reserva da Linha 14) (Reproduzido de da Silva-Nunes *et al.* 2008b, com permissão dos autores).

**Figure 2.** Map showing Ramal do Granada, at PAD Pedro Peixoto, with the location of each household (circles). The black and white circles indicate households with and without malaria cases registered during the 15-month follow-up, respectively. The black triangles indicate the malaria microscopy diagnostic posts maintained by local health services, and the stars are the houses used to calculate the distance between each house and the index house (distance between house A to all the other houses at Linha 14 gleba Q and distance from house B + house A to houses from Reserva da Linha 14) (Reprint from da Silva-Nunes *et al.* 2008b, with permission from the authors).

## ALTERAÇÕES AMBIENTAIS E SEU IMPACTO NA TRANSMISSÃO DO *Plasmodium*

Oesterholt *et al.* (2006) comprovaram que na Tanzânia o número de mosquitos vetores aumenta entre 2 a 4 semanas após as chuvas pesadas, provavelmente pelo surgimento de criadouros propícios. Várias outras associações entre alterações climáticas e malária foram encontradas, como aumento volumoso da precipitação mensal e epidemias de malária subsequentes (Hay *et al.* 2003); epidemias de malária precedidas por aumento da temperatura mínima (Abeku *et al.* 2003). Modelos matemáticos contendo variáveis como temperatura média máxima, precipitação cumulativa mensal, índice de vegetação e número de casos de malária no mês anterior conseguiram prever a incidência de malária no Burundi em um determinado mês com 93% de acurácia (Gomez-Elipe *et al.* 2007); em Ruanda

(Loevinsohn 1994) cerca de 80% da variabilidade na incidência de malária pôde ser explicada pela precipitação cumulativa mensal anterior (2-3 meses anteriores) e temperatura mínima prévia (1-2 meses anteriores); a precipitação cumulativa mensal e a temperatura anual também explicam grande parte da variação sazonal da malária em outras áreas endêmicas na África (Craig *et al.* 2007), Ásia (Nagao *et al.* 2003), Índia (Dev *et al.* 2004) e no Brasil (Camargo *et al.* 1994, 1996, Laserson *et al.* 1999, Vasconcelos *et al.* 2006, Tada *et al.* 2007).

A interação entre precipitação, evaporação e temperatura modula a umidade do ambiente, alterando a sobrevivência e atividade dos mosquitos do gênero *Anopheles* (Martin & Lefebvre 1995). A capacidade vetorial dos anofelinos pode variar com a temperatura, sendo maior entre 22° e 30°C (Molineaux 1988); nessa faixa de temperatura o tempo de vida dos mosquitos aumenta, bem como o

número de repastos sanguíneos feito pelas fêmeas. Além disso, o ciclo aquático do mosquito diminui de 20 para 7 dias (Kondrashin 1992) e o intervalo de tempo entre a emergência e oviposição diminui (Molineaux 1988). A própria duração do ciclo do *Plasmodium* no vetor pode variar conforme a temperatura ambiente, sendo menor entre 27° e 31°C. A modelagem de dados ambientais para o continente africano como um todo mostrou que a transmissão de malária tem relação com altos níveis de precipitação, enquanto a maturação e sobrevivência de larvas de *A. gambiae* se relacionam com a temperatura (Hoshen & Morse 2004); a sazonalidade da precipitação se associa positivamente com a sazonalidade da taxa de inoculação entomológica, enquanto a temperatura mínima e a precipitação se associam negativamente (Mabaso *et al.* 2007).

O desmatamento expande os habitats vetoriais já existentes, podendo também criar novos habitats ou alterá-los de forma a aumentar a população de vetores pré-existentes. Em áreas deflorestadas, ocorre perda das copas e alteração do solo, propiciando a formação de pequenas coleções de água que recebem luz e calor do sol, favorecendo o desenvolvimento das larvas e pupas e eclosão dos mosquitos adultos (Norris 2004). *Anopheles darlingi*, por exemplo, prefere áreas desmatadas onde os criadouros recebem bastante luz (Norris 2004), sendo pouco encontrado em áreas de floresta densa ou habitats inalterados (Tadei *et al.* 1998); o mesmo parece ocorrer com *Anopheles gambiae* (Minakawa *et al.* 2004, 2005). Em criadouros temporários há menor predação das larvas de *Anopheles* (Washburn 1995, Sunahara *et al.* 2002); como esses criadouros recebem mais luz e calor, há maior disponibilidade de algas para sua alimentação (Gimnig *et al.* 2002), levando ao aumento da produtividade de mosquitos adultos e aumentando o risco da transmissão de malária. Com a perda da cobertura vegetal, ocorre também aumento da temperatura ambiente, o que por sua vez favorece a capacidade vetorial dos mosquitos (Lindsay & Birley 1996).

A agricultura também leva a modificações ambientais propícias para os vetores da malária e outras doenças (Norris 2004), dentre elas o aumento da densidade populacional de vertebrados, ou seja, aumento da disponibilidade de sangue humano para a alimentação das fêmeas de mosquitos, além de induzir o desmatamento da floresta para proporcionar áreas de

cultivo, que servirão de abrigo aos mosquitos adultos. A agricultura também está associada à sedimentação dos rios, criando coleções rasas de água propícias para o estabelecimento de criadouros (Dian & Changxing 2001); e microalterações locais do clima, aumentando a densidade dos vetores, diminuindo o tempo de incubação extrínseco do *Plasmodium* e resultando em aumento da transmissão das doenças (Lindblade *et al.* 2000). Na Amazônia peruana, as taxas de picadas de *A. darlingi* em áreas de pasto e culturas foram quase 300 vezes maior do que as taxas obtidas em áreas de florestas intactas (Vittor *et al.* 2006), mostrando um impressionante efeito da agricultura e do desflorestamento na ecologia do principal vetor de malária na América do Sul (Kiszewski *et al.* 2004).

Munga *et al.* (2006) avaliaram o impacto de diferentes usos do solo na produtividade dos vetores de malária no Quênia, e demonstraram que a produtividade vetorial dos vetores locais (número de mosquitos adultos/m<sup>2</sup>/semana) emergentes dos ambientes aquáticos localizados em área cultivadas, era maior do que aqueles emergentes de ambientes aquáticos situados em florestas intactas ou pântanos naturais, além do tempo de desenvolvimento de larva a adulto ser menor nas áreas cultivadas, onde a temperatura da água dos criadouros era maior. Afrane *et al.* (2007) relatam menor tempo de emergência de adultos, maior tempo de sobrevivência e maior produtividade de *Anopheles arabiensis* em áreas desmatadas do Quênia quando comparado com florestas intactas.

A associação entre alterações ambientais e transmissão de malária parece ser mais pronunciada nas populações de assentamento rural, porque ocorrem mudanças intensas e contínuas no meio-ambiente, como já indica o termo malária de fronteira; tal fenômeno não parece ocorrer nas populações ribeirinhas e indígenas estáveis, onde ocorre pouca mudança ambiental pelo próprio estilo de vida dessas populações. Entretanto, populações urbanas em expansão, como as de Porto Velho e Manaus, acabam modificando bastante o meio-ambiente, o que vem provocando aumento das transmissões de malária em virtude do surgimento de criadouros permanentes para *A. darlingi* (Ferreira-Gonçalves & Alecrim 2004, Gil *et al.* 2007, Tada *et al.* 2007).

Essas alterações ambientais podem ocorrer em pequenas áreas, que, no entanto, são suficientes para desencadear ou aumentar a transmissão do

*Plasmodium*, levando ao conglomerado de vetores em áreas específicas ou ao redor de poucas casas (Mbogo *et al.* 1995, Ribeiro *et al.* 1996, Keating *et al.* 2005) e à heterogeneidade espacial na prevalência e incidência de malária (Gamage-Mendis *et al.* 1991, Brooker *et al.* 2004). Como medida de controle, seria mais eficiente concentrar as intervenções em habitats com alta produtividade vetorial que se localizam próximos a fontes de repasto sanguíneo; para tanto, é necessário definir quais são esses habitats a partir de análises de produtividade vetorial e da avaliação espacial de sua localização (Gu *et al.* 2008).

### **HETEROGENEIDADE ESPACIAL DA MALÁRIA E PERSPECTIVAS PARA O CONTROLE DA TRANSMISSÃO**

Da Silva-Nunes *et al.* (2008a,b) mostraram que a localização das casas é um importante fator de risco para malária e que o componente ambiental desempenha papel importante na incidência de malária em áreas rurais. Os conglomerados identificados no PAD Pedro Peixoto sugerem a presença de criadouros próximos às habitações, fornecendo uma importante diretriz para estudos entomológicos futuros destinados a identificar áreas com criadouros permanentes ou temporários e planejar intervenções ambientais bem-sucedidas em áreas de assentamentos rurais. De fato, heterogeneidade espaço-temporal na composição das populações de vetores de malária e nas taxas de inoculação entomológica já foi descrita em vários estudos na África (Mbogo *et al.* 2003, Minakawa *et al.* 2005, Mushinzimana *et al.* 2006, Zhou *et al.* 2007), alguns dos quais mostraram íntima associação de criadouros de *Anopheles* com rios e pântanos (Oesterholt *et al.* 2006, Zhou *et al.* 2007).

Estudos espaciais de prevalência de malária sem envolver avaliações entomológicas também são capazes de identificar conglomerados de casos e fatores ambientais envolvidos, como feito em Eritrea, onde 90% dos casos de malária identificados em inquéritos populacionais foram encontrados em apenas 6,7% dos domicílios visitados, localizados em vilas situadas em altitudes menores, na porção mais baixa e úmida do país (Sintasath *et al.* 2005). Em Uganda, um estudo longitudinal envolvendo 558 crianças identificou como principal fator de risco para malária a distância entre os domicílios e o pântano

mais próximo (Clark *et al.* 2008). No Vietnã, estudos espaciais mostraram que as comunidades com maior prevalência de infecções estavam situadas próximas a florestas (Erhart *et al.* 2005); e no Peru, pelo menos dois estudos epidemiológicos com análises de dados espaciais confirmaram a heterogeneidade espacial e temporal da malária na Amazônia peruana (Branch *et al.* 2005; Bautista *et al.* 2006).

Programas de controle devem contemplar a heterogeneidade espacial da transmissão de malária. Análises espaciais podem ajudar a prever criadouros baseados em dados ambientais e epidemiológicos combinados, bem como avaliar mudanças no padrão espacial de transmissão ao longo do tempo. Essas análises, quando combinadas com informações epidemiológicas, podem identificar famílias, populações, ou mesmo áreas com maior participação na transmissão de malária, permitindo o uso de medidas de combate vetorial em domicílios selecionados, direcionando as medidas de controle e prevenção e maximizando o impacto das mesmas ao selecionar alvos específicos e facilitar a ação dos serviços de saúde. No caso do Ramal do Granada (da Silva-Nunes *et al.* 2008a,b), a identificação de um conglomerado contendo 64,3% dos casos de malária *falciparum* em apenas 19,6% dos domicílios, permite direcionar eficazmente as medidas de combate vetorial e de busca ativa de casos na tentativa de diminuir a transmissão de malária em toda a área.

### **MALÁRIA E USO DA TERRA: QUESTÃO LOCAL, REGIONAL OU GLOBAL?**

A implementação de pequenas propriedades rurais na Amazônia, sob a forma de assentamentos rurais, levanta a seguinte discussão: é este um problema pontual e de pequena dimensão, com pouco impacto sobre a comunidade, ou um fator de risco mais abrangente? Em outras palavras, o desflorestamento de pequenas propriedades contribui para o aumento ou manutenção da transmissão de malária na região Amazônica como um todo?

Para responder a essa pergunta, precisamos primeiramente determinar se essa associação, observada no PAD Pedro Peixoto, já foi encontrada também em outros locais. Em segundo lugar, é necessário determinar qual a extensão do desmatamento na região de estudo (PAD Pedro

Peixoto) e quanto desse desmatamento tem a participação de assentados rurais e suas famílias, e se esse fato se reproduz em outras áreas da Amazônia brasileira onde ocorre transmissão de malária.

De fato, a associação entre desflorestamento/uso do solo e aumento da transmissão de malária já foi demonstrada no Brasil por vários outros autores e também em outros países. A construção da estrada de ferro Madeira-Mamoré levou a uma epidemia de malária nos trabalhadores (Singer & de Castro 2001). Marques (1987) mostrou como o desflorestamento causado pela abertura de garimpos e assentamentos rurais na Amazônia levou ao aumento da malária na década de 80. Singer & de Castro (2001) analisaram em detalhes a relação entre migração humana, desenvolvimento agrícola e transmissão de malária no Projeto de Assentamento Machadinho, em Rondônia, no período de pouco mais de uma década (1984-1995), comprovando mais uma vez que os padrões de uso da terra (desflorestamento para construção de estradas e estabelecimento de culturas e pecuária) causaram o aumento da transmissão de malária no local. Resultado semelhante foi obtido por Erhart *et al.* (2004) em áreas rurais do Vietnã com transmissão hipoendêmica; nessas comunidades o envolvimento em atividades regulares na floresta (derrubadas e agricultura) se associou fortemente à ocorrência de malária *falciparum*.

O uso da terra no PAD Pedro Peixoto (AC) foi quantificado por diferentes grupos de pesquisa. Em 1984, cerca de 78% da área avaliada correspondia a lotes de colonos assentados pelo INCRA, somente 6% pertenciam a grandes fazendas, e 16% tinham outros usos. Nos lotes de colonos assentados, ou seja, em pequenas propriedades, a área de floresta convertida em outros usos aumentou progressivamente de 8,8% para 25% entre 1984 e 1992 (Fujisaka *et al.* 1996). Em 2005, a área desflorestada aumentou para 39%, com aumento expressivo da área de pastagens (32%), enquanto a área de capoeira (2%) e culturas perenes (1,65%) praticamente não mudaram (d'Oliveira *et al.* 2005).

Sant'Anna *et al.* (2001) quantificaram a área de desmatamento do PAD Pedro Peixoto através de imagens de satélite LANDSAT-5 TM. Em 1984, 16,7% da área total avaliada encontrava-se desmatada, aumentando para 50,1% em 1999. Enquanto no estado do Acre a taxa de desflorestamento cresceu

65,3% entre 1988 e 1998, o desflorestamento no PAD Pedro Peixoto aumentou em 200% entre 1984 e 1999, mostrando o alto grau de antropização da região (Sant'Anna *et al.* 2001).

Segundo estudo sobre uso da terra em 156 propriedades do PAD Pedro Peixoto e em Theobroma (RO), realizado entre 1994 e 1996 pelo International Food Policy Research Institute (IFPRI 2002), a área média de cobertura florestal dessas propriedades diminuiu 7% nesses dois anos, enquanto a área de pasto aumentou 10% (ocupando em média 56% e 27% dos lotes em 1996, respectivamente). Cerca de 40% das famílias visitadas em 1996 trabalharam em atividades de desflorestamento ou manutenção de pasto para outros proprietários; 50% das famílias empregaram mão-de-obra para atividades de desflorestamento de mata nativa e 23% empregaram mão-de-obra para desflorestamento de mata secundária em seu próprio lote (Fujisaka & White 1998).

Em resumo, a área de pastagem aumentou nos lotes amostrados, enquanto a área de floresta diminuiu. Culturas permanentes parecem levar a um ritmo mais lento de desflorestamento, porém sem impedir tal prática, e sem melhorar os rendimentos dos proprietários. No período de estudo (1994-1996) a taxa de desflorestamento parece ter acelerado, com poucos lotes contendo mais do que 50% de cobertura vegetal intacta, como requerido por lei nessa época. Esses dados sugerem que a pressão pelo desmatamento é maior em ambientes com população maior e maior mercado consumidor, do que em locais onde os colonos dependem apenas da terra para subsistência. O tamanho da área desmatada é relativamente constante entre os colonos, apenas muda o momento em que isso é realizado, abrindo, portanto, espaço para que políticas anti-desmatamento possam entrar em ação ao longo da existência do assentamento (IFPRI 2002).

Lorena (2003) também estudou a dinâmica de uso do solo no PAD Pedro Peixoto entre 1990 e 1999 (Figura 3), evidenciando que a floresta tropical primária sofreu forte redução em área (de 81% para 60% em 9 anos), enquanto que a área de pastagens aumentou de 15% para 27% da área avaliada. Houve um rápido acréscimo em áreas de culturas anuais/perenes nos primeiros anos do assentamento, com certa estabilização em área ao final do período considerado, cobrindo cerca de 300km<sup>2</sup> em 1999. A

área de pastagens aumentou em mais de 90% durante o período de estudo, chegando a 1.022km<sup>2</sup> em 1999, estando presente em todos os lotes, em maior ou menor percentual, de acordo com a origem e condição do proprietário. As capoeiras tiveram um acréscimo significativo entre 1997 e 1999, ocasionada pelo abandono temporário do lote devido ao baixo retorno financeiro, ou abandono temporário da parcela cultivada devido à baixa produtividade (solos pobres em nutrientes), numa prática de manejo comum do pequeno agricultor, que deixa aquela parcela de terra em repouso para abrir um novo roçado na área de floresta primária.

Comparando as imagens de satélite de 1990 e 1997, Lorena (2003) encontrou grande ocupação do espaço físico na região, com expansão de atividades agrícolas pelos colonos com cultivos de subsistência e/ou perenes, como também expressiva ocupação em setores da área relacionados às grandes propriedades destinadas à pecuária. Para o período 1997-1999, as imagens avaliadas mostraram expansão dos assentamentos na área, com aumento dos roçados e das pastagens. O autor conclui que os colonos, após terem o roçado em produção durante 3 ou 4 anos, “abrem” uma nova frente cultivável, devido ao declínio de produtividade da terra. Com a derrubada e queima, prática comum na Amazônia (Brown *et al.* 2006), o conteúdo de cinzas momentâneas da floresta torna o solo temporariamente “mais rico”, permitindo um bom desempenho da lavoura nesses primeiros anos, para depois entrar em declínio novamente, impulsionando novas frentes de expansão agrícola (Lorena 2003).

Portanto, esses estudos descritos anteriormente mostram que o uso da terra no PAD Pedro Peixoto mantém um padrão constante ao longo das últimas duas décadas, indicado pela substituição da floresta nativa por áreas de pastagens e culturas temporárias, com aumento progressivo da taxa de desmatamento devido à necessidade de ocupação de novas áreas em função da baixa produtividade do solo (decorrente de técnicas de agricultura deficientes ou falta de apoio técnico especializado). Esse padrão de uso da terra perpetua as condições propícias para a transmissão de malária nas áreas de fronteira agrícolas, destacando-se entre elas: (a) a escavação de buracos ao longo de estradas que se transformam em poças ideais para o desenvolvimento de larvas de anofelinos;

(b) o desflorestamento que acelera a erosão dos solos, criando áreas de deposição de água e levando ao assoreamento dos rios, com represamento de pequenas coleções de água quando da época das chuvas; (c) drenagem ineficiente ao longo de estradas formando espelhos d’água; (d) criação de açudes próximos às habitações humanas com a finalidade de abastecimento de água. Todas essas atividades podem facilitar a transmissão de malária por aumentarem a densidade vetorial.

Essas alterações ambientais não ocorrem apenas na área do PAD Pedro Peixoto, mas em toda a região amazônica. Em 1970, o estado do Acre possuía 4,1 milhões de hectares contabilizados como propriedades agrícolas, atingindo 5,6 milhões em 1980, e diminuindo para 3,2 milhões em 1995 (IFPRI 2002). Enquanto em 1970 as propriedades possuíam 95% de floresta nativa e somente 1% de pasto plantado, em 1995 essa proporção foi de 73% e 18%, respectivamente, refletindo aumento importante do desflorestamento no estado (IFPRI 2002). Esse fenômeno também é observado em outras regiões da Amazônia; a área cumulativa desmatada da Amazônia Legal foi de 16,3% em 2003, com aumento progressivo nos últimos 10 anos (Ferreira *et al.* 2005).

A Figura 1 mostra a localização dos assentamentos rurais na Amazônia e transmissão de malária em 1985 (A), áreas de alto, médio e baixo risco de transmissão de malária em 2007 (B), o mapa dos assentamentos rurais existentes na Amazônia Legal até 1999 (C) e o mapa da área desmatada cumulativa até 2003 (D). Comparando o mapa de 1985 (Figura 1A) com os mapas posteriores (Figura 1B, 1C e 1D), observamos que em grande parte as áreas desflorestadas coincidem com áreas de assentamento rural, e conforme o desmatamento avança, as áreas de maior risco para malária se deslocam para as fronteiras do desmatamento. Áreas de colonização antiga, como certas áreas do Pará e os estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, possuíam alta transmissão de malária em 1985 (Marques 1987), mas possuem atualmente IPA baixo ou transmissão inexistente, enquanto áreas de ocupação recente, como o norte de Rondônia e o sudoeste do Acre, ainda apresentam IPA elevado, ilustrando graficamente a associação entre desflorestamento, uso da terra e transmissão de malária, tanto na década de 80, como nos últimos 20 anos.

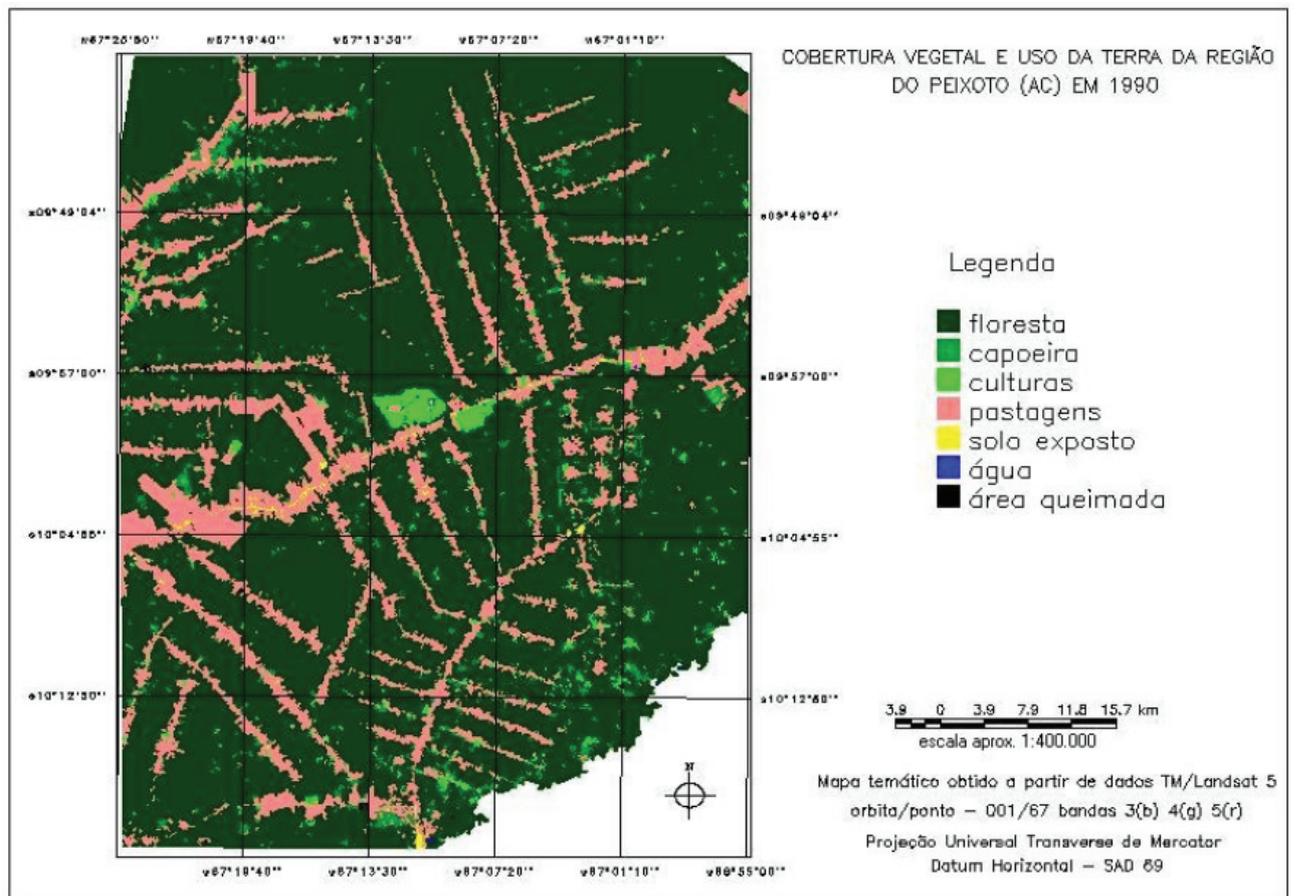
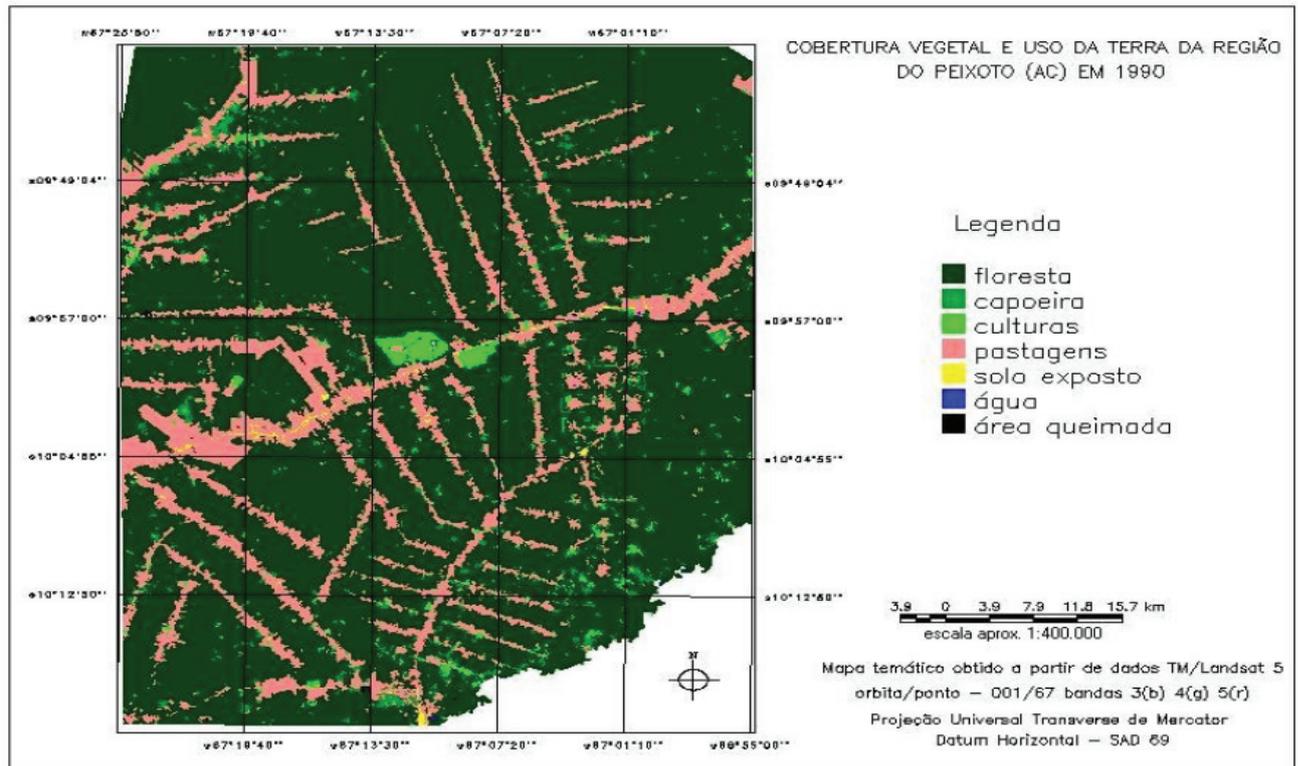


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo da Região do Peixoto (AC) em 1990 (acima) e 1999 (abaixo) (Lorena 2003, reproduzido com permissão).  
Figure 3. Land use and land cover map from Peixoto área (AC) in 1990 (above) and 1999 (below) (Lorena, 2003, reprint with permission).

Nos primeiros anos de colonização de novas áreas, as alterações ambientais impetradas incorrem em alterações do equilíbrio da população de vetores anofelinos com consequente aumento da transmissão do *Plasmodium* (Sawyer & Sawyer 1992). Com o avanço das mudanças ambientais e estabelecimento de pastos e culturas, o risco ambiental diminui (na opinião de alguns autores, como de Castro *et al.* 2006), passando a predominar os riscos comportamentais, como por exemplo: local da moradia, proximidade a áreas de expansão da fronteira agrícola, uso de medidas protetoras e qualidade da habitação (de Castro *et al.* 2006). Enquanto mineradores com malária podem ser repostos por outros empregados, pequenos agricultores assentados em suas próprias terras podem ter a produção agrícola comprometida por episódios frequentes de malária, principalmente se vários membros da família adoecem ao mesmo tempo (Marques 1987). Dessa forma, cria-se um ciclo vicioso onde as alterações ambientais introduzidas pelo homem acabam por inviabilizar a própria atividade econômica, levando ao êxodo para outras áreas na esperança de maior prosperidade econômica, resultando em novas fronteiras de expansão, mais mudanças ambientais, e novos criadouros, perpetuando o ciclo da malária. Além disso, a mobilização de pessoas potencialmente infectadas pode levar à introdução de novos isolados de *Plasmodium* em áreas isoladas, iniciando novos focos de transmissão (Marques 1987).

Frente a esses dados, fica claro que a associação entre uso do solo e transmissão de malária ocorre em toda a Amazônia, sendo muito importante principalmente em áreas de assentamento rural, que embora descontínuas e constituídas primariamente por aglomerados familiares situados em pequenas propriedades, representam em sua totalidade um expressivo contingente populacional distribuído em boa parte da região amazônica. Essa associação entre uso do solo e malária também ocorre em outras regiões do mundo, tanto em áreas rurais (Munga *et al.* 2006, Vittor *et al.* 2006) como em áreas periurbanas (Matthys *et al.* 2006).

#### **ALTERNATIVAS AO DESMATAMENTO: DA TEORIA AO CONTROLE DA MALÁRIA**

Se o desflorestamento propicia a transmissão de malária, quanto da transmissão seria evitada caso

se adotassem medidas para seu controle? E quais seriam medidas eficazes para se obter o controle da transmissão de malária em áreas de fronteiras agro-pastoris? Em outras palavras, quais são as alternativas para o desmatamento e como colocá-las em prática?

Através da modelagem de dados epidemiológicos (da Silva-Nunes *et al.* 2008a) calculou-se a fração prevenível esperada de malária em um grupo de 100 indivíduos jovens (18-25 anos) do sexo masculino, recém-chegados na área do Granada (15 meses de residência no local), distribuídos aleatoriamente em um dos 129 domicílios ou em qualquer das casas localizadas entre os quilômetros 24-30 ou Reserva da Linha 14, usando as características daquele domicílio sorteado aleatoriamente (número de moradores no domicílio, índice sócio-econômico, co-habitação com alguém que pratica derrubada) em duas situações diferentes: (a) todos os recém-chegados praticam atividades de derrubada na região do Iquiri e alguns passam a praticar derrubadas fora do Iquiri; (b) todos os recém-chegados praticam derrubada em outras regiões que não o Iquiri; alguns passam a exercer outras atividades que não a derrubada. As intervenções foram aplicadas em cada cenário em 25%, 50%, 75% e 100% dos indivíduos; os cenários (a) e (b) têm distribuição aleatória dos indivíduos na área e distribuição restrita na parte final (recente) do ramal, respectivamente (da Silva-Nunes 2008a).

Os resultados da modelagem das intervenções nos assentamentos rurais (Tabela 1) mostram que a fração de malária prevenível esperada, varia entre 6,7 e 31,1% simplesmente ao mudar o local das derrubadas de áreas de alto risco (no caso a região na proximidade do rio Iquiri) para outras áreas. Se no entanto forem oferecidas outras atividades ocupacionais aos moradores da comunidade, a fração de malária prevenível aumentará proporcionalmente ao número de indivíduos que deixam de participar em atividades de derrubada, podendo chegar a 59,2% caso as derrubadas sejam eliminadas. Entretanto, a intensidade da prevenção sofre influência entretanto do local de residência do indivíduo, isso porque mesmo não praticando atividades ocupacionais de risco, existe ainda um risco ambiental residual (da Silva-Nunes 2008a,b).

Resultados semelhantes foram obtidos por Erhart *et al.* (2004) ao calcular a fração atribuível populacional para atividades na florestas do Vietnã (trabalhar ou dormir em áreas de floresta). Os autores

estimaram que pelo menos metade dos casos de malária de comunidades rurais do Vietnã poderia ser evitada ao se abolir esse tipo de atividade.

Obviamente, qualquer modelo teórico está sujeito a falhas, pois permite apenas uma previsão grosseira do que aconteceria em determinadas intervenções, uma vez que tendem a reduzir sistemas biológicos

e sociais complexos a poucas variáveis. Entretanto quando interpretados, levando-se em conta suas possibilidades e limitações, podem comparar estratégias de intervenção antes que elas sejam postas em prática e auxiliar na escolha de decisões que potencialmente trarão o maior benefício quando implementadas (Bremen *et al.* 2004).

**Tabela 1.** Fração Prevenível Esperada de malária de qualquer tipo segundo diferentes cenários distribuídos pelo tipo de ocupação (A e B) e local de residência (1 e 2), submetidos a diferentes tipos e intensidades de intervenção. FPE = Fração Prevenível Esperada, IC = Intervalo de confiança de 95%.

*Table 1.* . Expected preventable fraction of malaria of any type according to different scenarios distributed by type of occupancy (A and B) and place of residence (1 and 2) were subjected to different types and intensities of intervention. FPE = Expected preventable fraction, CI = confidence interval 95%.

Cenário	Tipo de intervenção	Intensidade da intervenção	FPE (%) - Média e IC 95%	
			(1) Local de residência aleatório	(2) Local de residência no final do ramal
A) Todos os recém-chegados praticam derrubadas na região do Iquiri (N=100)	Uma porção dos recém-chegados passa a praticar derrubadas em outros locais	25%	6.7 (-7.0 – 21.7)	6.3 (-3.8- 13.7)
		50%	14.6 (2.8 – 26.0)	12.0 (2.7- 20.7)
		75%	22.9 (13.0 – 37.0)	17.5 (10.6- 23.7)
		100%	31.1 (19.0 – 41.0)	23.7 (16.3-30.7)
B) Todos os recém-chegados praticam derrubadas em diferentes locais, incluindo o Iquiri (N=100)	Uma porção dos recém-chegados se dedica a outras atividades	25%	14.4 (-1.0 – 28.0)	11.9 (0.2 – 21.7)
		50%	29.0 (18.4 – 41.0)	24.0 (14.4 – 34.2)
		75%	43.6 (33.0 – 55.0)	36.5 (27.6 – 45.0)
		100%	59.2 (48.5 - 66.9)	49.0 (43.6 – 55.3)

Controlar o desflorestamento na Amazônia pode diminuir a transmissão de malária além de preservar a biodiversidade e reduzir a erosão dos solos, através de métodos de agricultura sustentáveis guiados pelo uso apropriado do solo e prevenção do desflorestamento descontrolado que se segue à abertura de novas estradas e ocupação de novas áreas (Vittor *et al.* 2006). Estratégias destinadas para tal fim devem levar em conta os motivos que desencadeiam cada uso do solo para serem bem sucedidas.

Para Alencar *et al.* (2004) áreas de pastagens para criação de gado têm sido consideradas a causa principal do desmatamento. A principal razão para a transformação da floresta em pasto é o alto valor capital atribuído às terras em detrimento do valor das culturas e da exploração da floresta nativa (Fujisaka

*et al.* 1996, Fujisaka & White 1998). Além de requerer atividades intensas de desflorestamento para sua criação, diminuir a riqueza de espécies e degradar o solo, as pastagens na Amazônia já estão infestadas com pragas (Riesco *et al.* 1982, International Centre for Research on Agroforestry and Alternative to Slash-and-Burn Project 1994) e portanto, degradadas, diminuindo o rendimento da pecuária. Além disso, a implantação de projetos de assentamento em áreas pouco adequadas para agricultura tem contribuído para altas taxas de rotatividade de propriedades e um baixo retorno em termos dos objetivos sociais e econômicos da colonização (Alencar *et al.* 2004). Quanto às culturas permanentes, se por um lado podem diversificar os rendimentos dos assentados e serem consideradas como uso da terra relativamente

sustentável, com custos ambientais menores quando comparados com pastagens e culturas temporárias (Sanchez 1995, Harwood 1996), por outro lado contribuem com uma porção significativa de desmatamento.

Lorena & Lambin (2007) avaliaram o uso da terra em quatro projetos de colonização distintos, projetados pelo INCRA para atender objetivos diferentes (agricultura e pecuária; integração comunitária, subsistência familiar e preservação ambiental). Os padrões de desflorestamento e uso da terra foram similares nos quatro projetos avaliados, indicando que embora os assentamentos tenham sido projetados com finalidades diversas, foram submetidos à mesma política regional ou nacional de incentivo, o que levou à homogeneização do comportamento dos colonos para sua subsistência. Faz-se necessário, portanto, uma mudança na política de desenvolvimento da Amazônia, que permita aos moradores das zonas rurais garantirem o seu sustento a partir das pequenas propriedades, ao mesmo tempo que preservem o meio ambiente, possibilitando deste modo o controle da malária e a preservação da biodiversidade amazônica.

Becker (2005) propõe para a Amazônia uma revolução científico-tecnológica capaz de dar valor econômico à floresta intacta, equiparando-a com o preço da madeira, soja e pecuária, para desta forma impedir a destruição das florestas e consolidar o desenvolvimento da região. Esta opinião é partilhada por Costa (2005), que vê na ciência agrária a tendência a criar sistemas botânicos homogêneos mecanizados (como a cultura da soja e do café) que negam o capital contido na biodiversidade, sendo necessário, portanto, uma reorientação nas instituições de Ciência e Tecnologia para a produção de técnicas ajustadas às necessidades regionais da Amazônia, que possam fornecer ao Estado brasileiro as ferramentas para essa transformação científico-tecnológica. Exemplos desse novo paradigma tecnológico visando à sustentabilidade são as propostas de financiamento para reforma de pastagens já existentes, para máximo aproveitamento das mesmas; e financiamento de pecuária baseada em animais de alto rendimento, para diminuir a tensão sobre as florestas (Costa 2005).

Araújo (1998, 2006) e d'Oliveira e Braz (2006) descrevem um plano de manejo florestal proposto para o PAD Pedro Peixoto, que permite um ciclo

de corte a cada 10 anos, focando o manejo florestal em pequena escala para a produção de madeira de forma sustentada, permitindo ao colono aproveitar economicamente a área de floresta sem destruir o meio ambiente. O uso da reserva legal de cada propriedade é regulamentado pela Lei nº 4771, de 15.09.65 e por Medidas Provisórias que estabelecem em 80% a cobertura florestal a ser mantida; isso faz com que seja vista pelos produtores como um transtorno à expansão agropecuária. Esse sistema de manejo proposto para o PAD Pedro Peixoto e aplicável em outros locais possibilita dar à reserva legal de cada propriedade uma importância econômica, reduzindo as chances de sua remoção (Araújo 2006); entretanto, necessita de mecanismos práticos na divulgação e implementação de tais técnicas para que possam ser adotadas pelas famílias assentadas.

De Castro *et al.* (2006) propõe como intervenção para a mitigação da transmissão de malária em áreas de fronteiras agrícolas o financiamento e suporte do desmatamento rápido e mecanizado de grandes porções de floresta para o estabelecimento imediato de áreas agrícolas. Tal proposta baseia-se no pressuposto de que o desmatamento mecanizado não envolveria grande quantidade de mão-de-obra e não criaria habitats favoráveis ao *A. darlingi*. Além de defender a destruição da biodiversidade amazônica de forma mecanizada, os autores substanciam sua proposta com apenas um relato de desmatamento mecanizado bem-sucedido (Sawyer 1992), sem provar que a rápida destruição da cobertura vegetal impeça a proliferação dos vetores de malária e que consiga interromper o círculo vicioso do desgaste rápido do solo por técnicas agrícolas inadequadas, além de minimizar o fato comprovado de que áreas de pastagem e culturas também causam desequilíbrio da fauna de vetores, como demonstrado na Amazônia peruana (Vittor *et al.* 2006) e na África (Munga *et al.* 2006, Afrane *et al.* 2007). Os resultados do presente estudo indicam que parte da redução na incidência de malária que ocorre após 6-8 anos de residência no Ramal do Granada, deve-se não somente à sucessão de alterações ambientais, mas também à aquisição de imunidade decorrente da exposição cumulativa ao *Plasmodium*. Em outras palavras, o desflorestamento rápido, como meio de evitar epidemias de malária nos trabalhadores, pode funcionar em um primeiro momento como prevenção da malária, mas continuará

a prover um meio ambiente modificado, onde o vetor tem chances de proliferar próximo a indivíduos ainda sem imunidade contra a malária.

Medidas de controle da malária devem captar as particularidades de cada área. No caso da população e área estudada, encontramos as seguintes características que favorecem a transmissão e manutenção da malária na população local: indivíduos com pouco tempo de residência em área endêmica; localização das habitações, com conglomerados de casos de malária *vivax* na segunda metade do ramal e de malária *falciparum* ao final do ramal do Granada e início da Reserva da Linha 14; envolvimento em ocupações de alto risco (derrubadas e em menor grau agricultura e pecuária), sugerindo transmissão extradomiciliar do *Plasmodium*; número de indivíduos que habitam o domicílio e co-habitação com indivíduo que trabalha em derrubadas, sugerindo transmissão intradomiciliar ou peridomiciliar do *Plasmodium*; expressão clínica variável da infecção plasmodial, com ocorrência de episódios oligossintomáticos e assintomáticos; e incidência sazonal da malária, relacionando-se aos níveis de precipitação.

Baseado nesses resultados pode-se sugerir algumas medidas de controle e prevenção da malária nessa população de assentamento rural, extensíveis a outras populações com perfil epidemiológico semelhante:

1. Posicionamento dos postos de microscopia nas áreas de alto risco, com busca ativa periódica de casos nas micro-áreas onde foram identificados os conglomerados de casos de malária (e em novas áreas com as mesmas características: população recente, maior porcentagem de mata residual, proximidade a brejos, lagoas e pântanos), para detecção e tratamento precoce da doença, que deve ser intensificada na época das chuvas.

2. Centralização de medidas de combate vetorial (como o uso de mosquiteiros e a aplicação intradomiciliar de inseticidas eficientes no combate ao vetor, mas seguros para uso humano) nas micro-áreas com alto risco, principalmente após as chuvas.

3. Estabelecimento de atividades didáticas com o intuito de orientar os moradores sobre os principais fatores de risco para malária e medidas preventivas adequadas para a região, por exemplo, procura precoce do sistema de saúde, uso de mosquiteiros, uso de repelentes em situações de alto risco, entre outros.

4. Capacitação técnica dos funcionários da saúde municipais e/ou estaduais no uso de equipamentos

de GPS e programas livres de análise espacial para direcionar o planejamento e execução das medidas de combate à malária.

5. Reorientação da política de desenvolvimento regional visando à reformulação do uso da terra, de modo a diminuir o desflorestamento e impedir o desequilíbrio ecológico que resulta na proliferação vetorial e aumento da transmissão do *Plasmodium*, como já discutido anteriormente.

## CONCLUSÕES

A epidemiologia da malária em áreas de assentamento rural na Amazônia apresenta fatores de risco inerentes a esse tipo de população, principalmente ligados ao uso e ocupação da terra, e muito pouco relacionadas com variáveis constitucionais (genéticas e imunológicas) do indivíduo (Bastos *et al.* 2007, da Silva Nunes 2008b). As atividades de desmatamento, por provocarem mudanças ambientais que criam condições propícias para a transmissão do *Plasmodium*, constituem-se no principal fator de risco para os que as desempenham e também para os demais moradores do assentamento rural, podendo-se estender essa conclusão para outras populações com as mesmas características epidemiológicas.

Além disso, o constante influxo de indivíduos não-imunes para as regiões de fronteira agrícola, onde estão ocorrendo essas mudanças ambientais, acaba perpetuando o ciclo de transmissão do *Plasmodium* nessas comunidades rurais. A marcante distribuição espacial dos casos de malária sugere que medidas de intervenção domiciliares podem ser eficientes para diminuir a transmissão de malária na região, acopladas a medidas político-econômicas mais amplas que visem eliminar as causas primordiais do problema e não apenas reduzir os danos.

**AGRADECIMENTOS:** À população do ramal do Granada, pela participação no trabalho de campo; à equipe de campo do Ramal do Granada, dirigentes e demais membros do programa de controle da malária (SESACRE) de Acrelândia e de Rio Branco, e ao Sr. Adamilson Luís de Souza, pelo auxílio durante o trabalho de campo no PAD Pedro Peixoto; a Sebastião Bocalom Rodrigues, Damaris de Oliveira, Nésio Mendes de Carvalho e demais membros da Prefeitura Municipal de Acrelândia e Secretaria Municipal de Saúde de Acrelândia, pelo excelente apoio logístico em Acrelândia, a Cláudia T. Codeço, pelo auxílio na análise estatística e revisão do artigo, a Cassiano P. Nunes, pelo auxílio à Figura 2. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo apoio financeiro na forma de Auxílios ao Pesquisador (FAPESP 03/09719-6 e 05/51988-0, CNPq 470067/2004-7) e Bolsa de Doutorado Direto (FAPESP 02/04896-4).

## REFERÊNCIAS

- ABEKU, T.A.; VAN OORTMARSEN, G.J.; BORSBOOM, G.; DE VLAS, S.J. & HABBEMA, J.D. 2003. Spatial and temporal variations of malária epidemic risk in Ethiopia: factors involved and implications. *Acta Tropica*, 87: 331-340.
- ACRE (ESTADO). 2000. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre, 1ª fase. 2000. Aspectos sócio-econômicos e ocupação territorial, volume 2*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), Rio Branco, AC. <[http://www.ac.gov.br/meio\\_ambiente/Vol-1/05\\_ZEE\\_V\\_I\\_Characteristics.pdf](http://www.ac.gov.br/meio_ambiente/Vol-1/05_ZEE_V_I_Characteristics.pdf)>. (Acesso em 26/08/2008).
- AFRANE, Y.A.; ZHOU, G.; LAWSON, B.W.; GITHEKO, A.K. & YAN, G. 2007. Life-table analysis of *Anopheles arabiensis* in Western Kenya highlands: effects of land covers on larval and adult survivorship. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77: 660-666.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M.D.C.V. & FILHO, B.S. 2004. *Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Manaus, AM. 89p.
- ARAUJO, H.J.B. 1998. Índices técnicos da exploração e transformação madeireira em pequenas áreas sob manejo florestal no PC Pedro Peixoto. *Relatório Técnico*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CPAF/AC), Rio Branco. 30p.
- ARAUJO, H.J.B. 2006. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. *Acta Amazonica*, 36: 447-464.
- BARBIERI, A.F. & SAWYER, D.O. 2007. Heterogeneity of malária prevalence in alluvial gold mining areas in northern Mato Grosso state, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 23: 2878-2886.
- BARRETO, P.; SOUZA, JR. C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A. & SALOMÃO, R. 2005. *Pressão Humana na Floresta Amazônica Brasileira*. World Resources Institute, Belém, PA. 84p.
- BASTOS, M.S.; DA SILVA-NUNES, M.; MALAFRONTI, R.S.; HOFFMAN, E.H.; WUNDERLICH, G.; MORAES, S.L.; FERREIRA, M.U. 2007. Antigenic Polymorphism and Naturally Acquired Antibodies to *Plasmodium vivax* Merozoite Surface Protein 1 in Rural Amazonians. *Clin Vaccine Immunol.*, 14: 1249-1259.
- BAUTISTA, C.T.; CHAN, A.S.T.; RYAN, JR.; CALAMPA, R.C.; ROPER, M.H.; HIGHTOWER, A.W. & MAGILL, A.J. 2006. Epidemiology and spatial analysis of malária in the northern Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 75: 1216-1222.
- BECKER, B. 2005. Geopolítica da Amazônia. Dossiê Amazônia brasileira I. *Estudos Avançados*, 19: 71-86.
- BRANCH, O.L.; CASAPIA, W.M.; GAMBOA, D.V.; HERNANDEZ, J.N.; ALAVA, F.F.; RONCAL, N.; ALVAREZ, E.; PEREZ, E.J. & GOTUZZO, E. 2005. Clustered local transmission and asymptomatic *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* malária infections in a recently emerged, hypoendemic Peruvian Amazonian community. *Malaria Journal*, 4: 27.
- BRASIL (GOVERNO FEDERAL). 2003. Plano Amazônia Sustentável, Anexo ao volume 1 - Caderno de Mapas. *Relatório Técnico*. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. <<http://www.planalto.gov.br/casacivil/arquivospdf/pas.pdf>>. (Acesso em 23/07/2008).
- BREMAN, J.G.; ALILIO, M.S. & MILLS, A. 2004. Conquering the intolerable burden of malária: what's new, what's needed: a summary. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71(Suppl 2): 1-15.
- BROOKER, S.; CLARKE, S.; NJAGI, J.K.; POLACK, S.; MUGO, B.; ESTAMBALE, B.; MUCHIRI, E.; MAGNUSSEN, P. & COX, J. 2004. Spatial clustering of malária and associated risk factors during an epidemic in a highland area of western Kenya. *Tropical medicine & international health*, 9: 757-766.
- BROWN, I.F.; SCHROEDER, W.; SETZER, A.; RIO, M.J. DE L.; PANTOJA, N.V.; FONSECA, A.A.D. & MARENGO, J. 2006. EOS Transactions. *American Geophysical Union*, 87: 253-264.
- CAMARGO, L.M.A.; FERREIRA, M.U.; KRIEGER, H.; DE CAMARGO, E.P. & DA SILVA, L.P. 1994. Unstable hypoendemic malária in Rondonia (western Amazon region, Brazil): epidemic outbreaks and work-associated incidence in an agro-industrial rural settlement. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 51: 16-26.
- CAMARGO, L.M.; DAL COLLETTI, G.M.; FERREIRA, M.U.; GURGEL, SDE. M.; ESCOBAR, A.L.; MARQUES, A.; KRIEGER, H.; CAMARGO, E.P. & DA SILVA, L.H. 1996. Hypoendemic malária in Rondonia (Brazil, Western Amazon region): seasonal variation and risk groups in an urban locality. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 55: 32-38.

- CLARK, T.D.; GREENHOUSE, B.; NJAMA-MEYA, D.; NZARUBARA, B.; MAITEKI-SEBUGUZI, C.; STAEDKE, S.G.; SETO, E.; KAMYA, M.R.; ROSENTHAL, P.J. & DORSEY, G. 2008. Factors determining the heterogeneity of malária incidence in children in Kampala, Uganda. *Journal of Infectious Diseases*, 198: 393-400.
- CONFALONIERI, U.E.C. 2005. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. Dossiê Amazônia brasileira I. *Estudos Avançados*, 19: 221-236.
- COSTA, F.A. 2005. Questão agrária e macropolíticas na Amazônia. Dossiê Amazônia brasileira I. *Estudos Avançados*, 19: 131-156.
- CRAIG, M.H.; SHARP, B.L.; MABASO, M.L.H. & KLEINSCHMIDT, I. 2007. Developing a spatial-statistical model and map of historical malária prevalence in Botswana using a staged variable selection procedure. *International Journal of Health Geographics*, 6: 44.
- D'OLIVEIRA, H.S.; CAVALCANTE, C.R.S.; MAGALHÃES, A.A. & ROCHA, K.S. 2005. Utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS) e métodos participativos para mapeamento de uso e cobertura do solo em um projeto de assentamento rural no Leste do Estado do Acre. Pp. 3559-3361. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, GO, Brasil. <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbst/2004/11.23.../3559.pdf>>. (Acesso em 28/07/2008).
- D'OLIVEIRA, M.V.N. & BRAZ, E.M. 2006. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica*, 36: 177-182.
- DA SILVA NUNES, M. 2008a. Fatores de risco, distribuição espacial e perspectivas de controle da malária: estudo longitudinal em uma comunidade rural da Amazônia (Granada, Acre). *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 243p.
- DA SILVA-NUNES, M.; CODEÇO, C.T.; MALAFRONTA, R.S.; DA SILVA, N.S.; JUNCANSEN, C.; MUNIZ, P.T. & FERREIRA, M.U. 2008b. Malária on the Amazonian frontier: transmission dynamics, risk factors, spatial distribution, and prospects for control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 79: 624-635.
- DE CASTRO, M.C.; MONTE-MÓR, R.L.; SAWYER, D.O. & SINGER, B.H. 2006. Malária risk on the Amazon frontier. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 14: 2452-2457.
- DE CASTRO, M.C.; SAWYER, D.O. & SINGER, B.H. 2007. Spatial patterns of malária in the Amazon: implications for surveillance and targeted interventions. *Health Place*, 13: 368-380.
- DEV, V.; PHOOKAN, S.; SHARMA, V.P. & ANAND, S.P. 2004. Physiographic and entomologic risk factors of malária in Assam, India. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71: 451-456.
- DIAN, Z. & CHANGXING, S. 2001. Sedimentary causes and management of two principal environmental problems in the lower Yellow River. *Environmental Management*, 28: 749-760.
- DUARTE, E.C.; GYORKOS, T.W.; PANG, L. & ABRAHAMOWICZ, M. 2004. Epidemiology of malária in a hypoendemic brazilian Amazon migrant population: a cohort study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70: 229-237.
- ERHART, A.; THANG, N.D.; HUNG, N.Q.; TOI LE, V.; HUNG LE, X.; TUY, T.Q.; CONG LE, D.; SPEYBROECK, N.; COOSEMANS, M. & D'ALESSANDRO, U. 2004. Forest malária in Vietnam: a challenge for control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70: 110-118.
- ERHART, A.; NGO, D.T.; PHAN, V.K.; TA, T.T.; VAN OVERMEIR, C.; SPEYBROECK, N.; OBSOMER, V.; LE, X.H.; LE, K.T.; COOSEMANS, M. & D'ALESSANDRO, U. 2005. Epidemiology of forest malária in central Vietnam: a large scale cross-sectional survey. *Malaria Journal*, 4: 58.
- FERREIRA, A.M.M. & SALATI, E. 2005. Forças de transformação do ecossistema amazônico. Dossiê Amazônia brasileira II. *Estudos Avançados*, 19: 25-44.
- FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E. & ALMEIDA, A. 2005. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. Dossiê Amazônia brasileira I. *Estudos Avançados*, 19: 157-166.
- FERREIRA-GONÇALVES, M.J. & ALECRIM, W.D. 2004. Non-planned urbanization as a contributing factor for malária incidence in Manaus-Amazonas, Brazil. *Revista de Salud Publica*, 6: 156-166.
- FUJISAKA, S.; BELL, W.; THOMAS, N.; HURTADO, L. & CRAWFORD, E. 1996. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian colonies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 59: 115-130.

- FUJISAKA, S. & WHITE, D. 1998. Pasture or permanent crops after slash-and-burn cultivation? Land-use choice in three Amazon colonies. *Agroforestry Systems*, 42: 45-59.
- GAMAGE-MENDIS, A.C.; CARTER, R.; MENDIS, C.; DE ZOYSA, A.P.; HERATCH, P.R. & MENDIS, K.N. 1991. Clustering of malária infections within an endemic population: risk of malária associated with the type of housing construction. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 45: 77-85.
- GIL, L.H.S.; TADA, M.S.; KATSURAGAWA, T.H.; RIBOLLA, P.E. & DA SILVA, L.H. 2007. Urban and suburban malária in Rondônia (Brazilian Western Amazon) II. Perennial transmissions with high anopheline densities are associated with human environmental changes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102: 271-276.
- GIMNIG, J.E.; OMBOK, M.; OTIENO, S.; KAUFMAN, M.G.; VULULE, J.M. & WALKER, E.D. 2002. Density-dependent development of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) larvae in artificial habitats. *Journal of Medical Entomology*, 39: 162-172.
- GOMEZ-ELIPE, A.; OTERO, A.; VAN HERP, M. & AGUIRRE-JAIME, A. 2007. Forecasting malária incidence based on monthly case reports and environmental factors in Karuzi, Burundi, 1997-2003. *Malaria Journal*, 6: 129.
- GU, W.; UTZINGER, J. & NOVAK, R.J. 2008. Habitat-based larval interventions: a new perspective for malária control. 2008. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 78: 2-6.
- HARWOOD, R.R. 1996. Development pathways towards sustainable systems following slash-and-burn. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58: 75-86.
- HAY, S.; WERE, E.; RENSHAW, M.; NOOR, A.M.; OCHOLA, S. & OLUSANMI, I. 2003. Forecasting, warning, and detection of malária epidemics: a case study. *Lancet*, 361: 1705-1706.
- HOSHEN, M.B. & MORSE, A.P. 2004. A weather-driven model of malária transmission. *Malaria Journal*, 3: 32.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). 2002. Censo Demográfico. *Relatório Técnico*. IBGE, Rio de Janeiro. <<http://www.ibge.gov.br>>. (Acesso em 10/05/2005).
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). 2003. *Produção Agrícola Municipal (PAM)*. IBGE, Rio de Janeiro. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11>>. (Acesso 10/05/2005).
- ICRAF and ASB (INTERNATIONAL CENTRE FOR RESEARCH ON AGROFORESTRY AND THE PROJECT ALTERNATIVES TO SLASH-AND-BURN). 1994. *Report of research site selection in Acre and Rondonia states of the Amazon region, Brazil*. ICRAF and ASB, Nairobi, Kenya. 45p.
- IFPRI (INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE). 2002. *Report 130: Agricultural intensification by smallholders in the Western Brazilian Amazon: from deforestation to sustainable land use*. IFPRI, Washington, DC, EUA. 147p.
- INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). 2004. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite: Projeto PRODES. INPE, São José dos Campos. <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. (Acesso 15/10/2004).
- KEATING, J.; MBOGO, C.M.; MWANGANGI, J.; NZOVU, J.G.; GU, V.; REGENS, J.L.; YAN, G.; GITHURE, J.I. & BEIER, J.C. 2005. *Anopheles gambiae* s.l. and *Anopheles funestus* mosquito distributions at 30 villages along the Kenyan coast. *Journal of Medical Entomology*, 42: 241-246.
- KISZEWSKI, A.; MELLINGER, A.; SPIELMAN, A.; MALANEY, P.; SACHS, S.E. & SACHS, J. 2004. A global index representing the stability of malária transmission. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70: 486-498.
- KONDRASHIN, A.V. 1992. Malária in the WHO Southeast Asia region. *Indian Journal of Malariology*, 29: 129-160.
- KORENKOMP, E.L. 2005. For the roll back malária monitoring and evaluation reference group task force on malária morbidity. Malária incidence estimates at country level for the year 2004 - Proposed estimates and draft report. *Relatório Técnico*. World Health Organization, Roll Back Malária, Geneva. <[http://mosquito.who.int/docs/incidence\\_estimations2.pdf](http://mosquito.who.int/docs/incidence_estimations2.pdf)>. (Acesso em 26/06/2008).
- LASERSON, K.F.; WYPIJ, D.; PETRALANDA, I.; SPIELMAN, A. & MAGUIRE, J.H. 1999. Differential perpetuation of malária species among Amazonian Yanomami Amerindians. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 60: 767-773.
- LINDBLADE, K.A.; WALKER, E.D.; ONAPA, A.W.; KATUNGU, J. & WILSON, M.L. 2000. Land use change alters malária transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. *Tropical Medicine & International Health*, 5: 263-274.
- LINDSAY, S.W. & BIRLEY, M.H. 1996. Climate change and malária transmission. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 90: 573-588.

- LOEVINSOHN, M.E. 1994. Climatic warming and increased malária incidence in Rwanda. *Lancet*, 343: 714-718.
- LORENA, R.B. 2003. *Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças. Dissertação de Mestrado*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP, Brasil. 116p.
- LORENA, R.B. & LAMBIN, E.F. 2007. Linking spatial patterns of deforestation to land use using satellite and field data. Pp. 6807-68014. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, SC. <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.../6807-6814.pdf>>. (Acesso em 28/07/2008)
- MABASO, M.L.H.; CRAIG, M.; ROSS, A. & SMITH, T. 2007. Environmental predictors of the seasonality of malária transmission in Africa: the challenge. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 76: 33-38.
- MARQUES, A.C. 1987. Human migration and the spread of malária in Brazil. *Parasitology Today*, 3: 166-170.
- MARTIN, P.H. & LEFEBVRE, M.G. 1995. Malária and climate: sensitivity of malária potential transmission to climate. *Royal Swedish Academy of Science*, 24: 200-207.
- MATTHYS, B.; VOUNATSOU, P.; RASO, G.; TSCHANNEN, A.B.; BECKET, E.G.; GOSONI, L.; CISSÉ, G.; TANNER, M.; N'GORAN, E.K. & UTZINGER, J. 2006. Urban farming and malária risk factors in a medium-sized town in Côte D'Ivoire. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 75: 1223-1231.
- MBOGO, C.N.; SNOW, R.W.; KHAMALA, C.P.; KABIRU, E.W.; OUMA, J.H.; GITHURE, J.I.; MARSH, K. & BEIER, J.C. 1995. Relationships between *Plasmodium falciparum* transmission by vector populations and the incidence of severe disease at nine sites on the Kenyan coast. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 52: 201-206.
- MBOGO, C.M.; MWANGANGE, J.M.; NZOVU, J.; GU, W.; YAN, G.; GUNTER, J.T.; SWALM, C.; KEATING, J.; REGENS, J.L.; SHILILU, J.I.; GITHURE, J.I. & BEIER, J.C. 2003. Spatial and temporal heterogeneity of *Anopheles* mosquitoes and *Plasmodium falciparum* transmission along the Kenyan coast. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 68: 734-742.
- MINAKAWA, N.; SONYE, G.; MOGI, M. & YAN, G. 2004. Habitat characteristics of *Anopheles gambiae* s.s. larvae in a Kenyan highland. *Medical Veterinary Entomology*, 18: 301-305.
- MINAKAWA, N.; MUNGA, S.; ATIPELLI, F.; MUSHINZIMANA, E.; ZHOU, G.; GITHEKO, A.K. & YAN, G. 2005. Spatial distribution of anopheline larval habitats in western Kenyan highlands: effects of land cover types and topography. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 73: 157-165.
- MOLINEAUX, L. 1988. The epidemiology of human malária as an explanation of its distribution, including some implications for its control. Pp. 913-918. In: W.H. Wernsdorfer, I.A. McGregor (eds.). *Malária: Principles and Practice of Malariology*. Churchill Livingstone, London, GL. 2092p.
- MUNGA, S.; MINAKAWA, N.; ZHOU, G.; MUSHINZIMANA, E.; BARRACK, O.J.; GITHEKO, A.K. & YAN, G. 2006. Association between land cover and habitat productivity of malária vectors in western Kenyan highlands. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74: 69-75.
- MUSHINZIMANA, E.; MUNGA, S.; MINAKAWA, N.; LI, L.; FENG, C.; BIAN, L.; KITRON, U.; SCHIMDT, C.; BECK, L.; ZHOU, G.; GHITEKO, A.K. & YANG, G. 2006. Comparison of three remote sensors for identification of anopheline mosquito larval habitats in western Kenya highlands. *Malaria Journal*, 5: 13.
- NAGAO, Y.; THAVARA, U.; CHITNUMSUP, P.; TAWATSIN, A.; CHANSANG, C. & CAMPBELL-LENDRUM, D. 2003. Climatic and social risk factors for *Aedes* infestation in rural Thailand. *Tropical Medicine & International Health*, 8: 650-659.
- NORRIS, D.E. 2004. Mosquito-borne diseases as a consequence of land use change. *Ecohealth*, 1: 19-24.
- OESTERHOLT, M.J.A.M.; BOUSEMA, J.T.; MWERINDE, O.K.; HARRIS, C.; LUSHINO, P.; MASOKOTO, A.; MWERINDE, H.; MOSHA, F.W. & DRAKELEY, C.J. 2006. Spatial and temporal variation in malária transmission in a low endemicity area in northern Tanzania. *Malaria Journal*, 5: 98.
- RIBEIRO, J.M.; SEULU, F.; ABOSE, T.; KIDANE, G. & TEKLEHAIMANOT, A. 1996. Temporal and spatial distribution of anopheline mosquitoes in an Ethiopian village: implications for malária control strategies. *Bulletin of the World Health Organization*, 74: 299-305.
- RIESCO, A.; MEINI, M.; DE LA TORRE, M.; HUAMAN, H.; REYES, C. & GARCIA, M. 1982. Analisis exploratorio de los sistemas de fundo de pequenos productores en la Amazonia, region de Pucallpa. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)-Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Lima, LM. 47p.

- SANCHEZ, P.A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30: 5-55.
- SANT'ANNA, H.M.; SANT'ANNA, R. & SASSAGAWA, H.S.Y. 2001. Alerta sobre o avanço do antropismo na Amazônia: Projeto de Colonização (PC) – Peixoto. Pp. 655-658. In: Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR. <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/.../0655.658.151.pdf>>. (Acesso em 28/07/2008).
- SAWYER, D.R. 1992. Malaria and the environment. *Relatório Técnico*. Instituto SPN, Brasília. 37p.
- SAWYER, D.R. & SAWYER, D.O. 1992. The malária transition and the role of social science research. Pp. 105-122. In: L.C. Chen (ed.). *Advancing the health in developing countries: the role of social research*. Auburn House, Westport. 230p.
- SINGER, B.H. & DE CASTRO, M.C. 2001. Agricultural colonization and malária on the Amazon frontier. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 954: 184-222.
- SINTASATH, D.M.; GHEBREMESKEL, T.; LYNCH, M.; KLEINAU, E.; BRETAS, G.; SHILILU, J.; BRANTLY, E.; GRAVES, P.M. & BEIER, J.C. 2005. Malária prevalence and associated risk factors in Eritrea. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 72: 682-687.
- SUNAHARA, T.; ISHIZAKA, K. & MOGI, M. 2002. Habitat size: a factor determining the opportunity for encounters between mosquito larvae and aquatic predators. *Journal of Vector Ecology*, 27: 8-20.
- SVS/MS (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE). 2008. SIVEP-Malária, Resumo Epidemiológico por local de notificação-Nacional [banco de dados eletrônico]. SVS/MS, Brasília. <<http://dw.saude.gov.br/portal/page/portal/sivep-malária>>. (Acesso em 25/08/2008).
- TADA, M.S.; MARQUES, R.P.; MESQUITA, E.; DALLA MARTHA, R.C.; RODRIGUES, J.A.; COSTA, J.D.N.; PEPELASCOV, R.R.; KATSURAGAWA, T.H. & PEREIRA-DA-SILVA, L.H. 2007. Urban malária in the Brazilian Western Amazon region. I. High prevalence of asymptomatic carriers in an urban riverside district is associated with a high level of clinical malária. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102: 263-269.
- TADEI, W.P.; THATCHER, B.D.; SANTOS, J.M.H.; SCARPASSA, V.M.; RODRIGUES, I.B. & RAFAEL, M.S. 1998. Ecologic observations on anopheline vectors of malária in the Brazilian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 59: 325-335.
- VASCONCELOS, C.H.; NOVO, E.M.L.M. & DONALISIO, M.R. 2006. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. *Cadernos de Saúde Pública*, 22: 517-526.
- VITTOR, A.Y.; GILMAN, R.H.; TIELSCH, J.; GLASS, G.; SHIELDS, T.; LOZANO, W.S.; PINEDO-CANCINO, V. & PATZ, J.A. 2006. The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of *falciparum* malária in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74: 3-11.
- WASHBURN, J.O. 1995. Regulatory factors affecting larval mosquito populations in container and pool habitats: implications for biological control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 11: 279-283.
- ZHOU, G.; MUNGA, S.; MINAKAWA, N.; GHITEKO, A. & YAN, G. 2007. Spatial relationship between adult malária vector abundance and environmental factors in western Kenya highlands. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77: 29-35.

Submetido em 08/03/2010

Aceito em 05/07/2010