

Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil

Christovam Barcellos¹
Antonio Miguel Vieira Monteiro²
Carlos Corvalán³
Helen C. Gurgel⁴
Marília Sá Carvalho⁵
Paulo Artaxo⁶
Sandra Hacon⁵
Virginia Ragoni²

1 Centro de Informação Científica e Tecnológica, Fundação Oswaldo Cruz
2 Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
3 Coordenação de Intervenções para Ambientes Saudáveis, Organização Mundial de Saúde
4 Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
5 Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz
6 Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Introdução

A ocorrência do processo de mudanças climáticas, principalmente aquelas devidas ao aquecimento global induzido pela ação humana, foi pela primeira vez alertada na década de 1950. Já no final do Século XIX o pesquisador sueco Svante Arrhenius havia levantado a possibilidade de aumento de temperatura devido a emissões de dióxido de carbono. Ao longo dos anos 1980 cresceu a preocupação de pesquisadores ligados a questões ambientais com o impacto dessas mudanças sobre ecossistemas. Na década de 1990 foram desenvolvidos modelos que permitiram, de um lado explicar a variabilidade de clima ocorrida ao longo do século e de outro lado, avaliar a contribuição de componentes naturais (vulcanismo, alterações da órbita da Terra, explosões solares, etc.) e antropogênicos (emissão de gases do efeito estufa, desmatamento e queimadas, destruição de ecossistemas, etc.) sobre estas variações. O primeiro relatório global sobre as mudanças climáticas e a saúde foi publicado pela OMS em 1990 (WHO, 1990). Durante a ECO-92, foi instalada a convenção sobre mudanças climáticas, junto com as convenções sobre diversidade biológica e a desertificação. No entanto, o tema das mudanças climáticas somente tomou a mídia com maior intensidade no último ano, repercutindo sobre agendas de governos e pesquisa e no imaginário popular.

A divulgação do 4º relatório de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR4) em fevereiro de 2007; o filme "Uma verdade inconveniente", ganhador do Oscar de melhor documentário de 2007; e o tratamento midiático dado a uma série de eventos extremos do ponto de vista climático e catastróficos do ponto de vista social como o furacão Katrina, que destruiu Nova Orleans; a onda de calor na Europa em 2003 quando foi registrado um excesso de mais de 35 mil mortes, o Catarina, que atingiu o sul do Brasil em 2004, a seca no oeste da Amazônia em 2005, mesmo sem consenso para suas determinações causais, contribuíram para trazer à tona e reforçar o debate sobre as origens e os efeitos das

mudanças climáticas em escala global. Tanto o furacão Katrina como a onda de calor na Europa evidenciaram que os impactos das mudanças climáticas não seriam exclusivos dos países mais pobres, mas realmente global e ao mesmo tempo localizado. Esse debate tem sido marcado pelo inevitável entrelaçamento entre questões técnicas, tecnológicas, políticas e sociais. Se por um lado a visibilidade dada às mudanças globais tem permitido a retomada da agenda ambientalista em sua versão mais ampliada, a visão catastrofista e globalizante sobre essas mudanças pode gerar um sentimento de impotência ou mesmo insensibilidade frente a mudanças que podem parecer inexoráveis. Além disso, esse debate carrega problemas intrínsecos relacionados às diferentes linguagens e interesses de pesquisadores, empresários, gestores e sociedade civil. Longe de pretender obter um consenso entre esses atores sociais, esse texto tem como objetivo principal avaliar, em um cenário de mudanças climáticas e ambientais em escala global, suas incertezas para o Brasil, bem como contribuir para a identificação de recursos que podem ser utilizados para desenvolver uma rede de diagnóstico, modelagem, análise e intervenção sobre as repercussões dessas mudanças sobre as condições de saúde da população brasileira no século XXI.

Processos climáticos: Tendências e incertezas

Em primeiro lugar é importante destacar que o clima da Terra esteve, desde sempre, sujeito a mudanças, produzidas por ciclos longos ou curtos, que estão registrados na história da Humanidade. Na Idade Média foram observados períodos de aquecimento seguido de um período de esfriamento, conhecido como pequena Era do Gelo. Algumas das grandes ondas de migração humana, como as chamadas “invasões bárbaras” de povos do norte e leste em direção ao sul da Europa, e a entrada de grupos asiáticos no continente americano pelo Estreito de Bering, são em parte devidas a fenômenos climáticos. Esses ciclos podem ter sua origem explicada por processos naturais, ligados a alterações no eixo de rotação da terra, explosões solares e dispersão de aerossóis emitidos por vulcões. Outros fenômenos climáticos, mais localizados no espaço e mais concentrados no tempo são bastante frequentes, como os furacões, enchentes decorrentes de chuvas intensas ou degelo, ondas de calor, etc. Até o Século XX, estes fenômenos eram considerados como manifestações da “natureza” como concepção aristotélica, não podendo por isso ser controlados, previstos ou mitigados. Recentemente, muitos desses fenômenos passaram a ser atribuídos a mudanças climáticas globais, o que sem dúvida constitui um exagero, muitas vezes estimulado pela mídia.

Uma importante discussão que vem sendo travada nos fóruns acadêmicos sobre clima diz respeito à parcela atribuível desses fenômenos às mudanças climáticas globais, já que uma parte dos fenômenos atmosféricos se deve ao aumento do efeito estufa, outra parte é inerente de ciclos naturais. Os primeiros registros sistemáticos de temperatura datam da década de 1850 e a análise histórica desses registros permite reconhecer algumas tendências de aumento

da temperatura média do planeta. Esse aumento vem acompanhando o processo de industrialização e de emissão de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis. A recuperação de dados mais remotos sobre o clima da Terra tem sido possível através da análise da composição de testemunhos de gelo do Ártico e Antártica. Esses dados têm demonstrado que as concentrações de CO₂ e de CH₄ na atmosfera nunca foram tão altas nos últimos 600.000 anos (IPCC, 2007). O aumento do efeito estufa¹, causado pela acumulação de gases, teria produzido um acréscimo de um grau Celsius na temperatura média ao longo do último século.

As mudanças climáticas podem ser entendidas como qualquer mudança no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007a). O IPCC divulgou recentemente que há 90% de chance do aquecimento global observado nos últimos 50 anos ter sido causado pela atividade humana (IPCC, 2007b), através do aumento das emissões de gases de efeito estufa. Este aumento nas emissões de gases estufa poderá induzir um aquecimento da atmosfera, o que pode resultar em uma mudança no clima mundial a longo prazo (McMichael, 2003). As mudanças climáticas refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização descontrolada, a industrialização e o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos (McMichael, 1999; Confalonieri et al, 2002).

Segundo o relatório do IPCC (AR-4, 2007), a prosseguir essa tendência, alguns dos efeitos do aquecimento global poderão ser:

- Até o fim deste século, a temperatura média da Terra pode subir de 1,8°C até 4°C. Na pior das previsões, essa alta pode chegar a 6,4°C;
- O nível dos oceanos vai aumentar de 18 a 59 centímetros até 2.100;
- As chuvas devem aumentar em cerca de 20%;
- O gelo do Pólo Norte poderá ser completamente derretido no verão, por volta de 2100;
- O aquecimento da Terra não será homogêneo e será mais sentido nos continentes que no oceano. O hemisfério norte será mais afetado do que o sul.

Essas previsões são resultantes de modelos de simulação que vêm sendo aperfeiçoados por diversas instituições do mundo. No Brasil, destaca-se o papel do INPE, notadamente o CPTEC no monitoramento e desenvolvimento de Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) e Modelos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera (AOGCMs) para a previsão de mudanças climáticas (Marengo, 2007). Deve-se observar que estes modelos são sensíveis a condições de contorno como os cenários de emissão de gases e a qualidade e cobertura de dados

¹ Ressalta-se que o efeito estufa existe mesmo antes do aparecimento do homem na Terra, sendo responsável por efeitos benéficos, como a filtragem de raios solares, a estabilização da temperatura da atmosfera e ciclagem de gases essenciais para a vida.

meteorológicos. A figura 1 mostra a distribuição de estações meteorológicas no mundo. O resultado de uma das previsões é mostrado na figura 2.

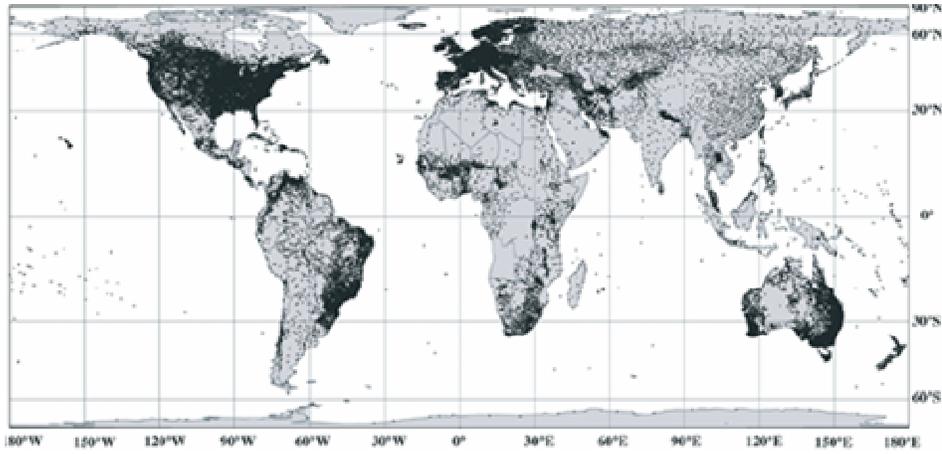


Figura 1: Distribuição de rede de observação meteorológica no mundo. Fonte: OMM, 2005.

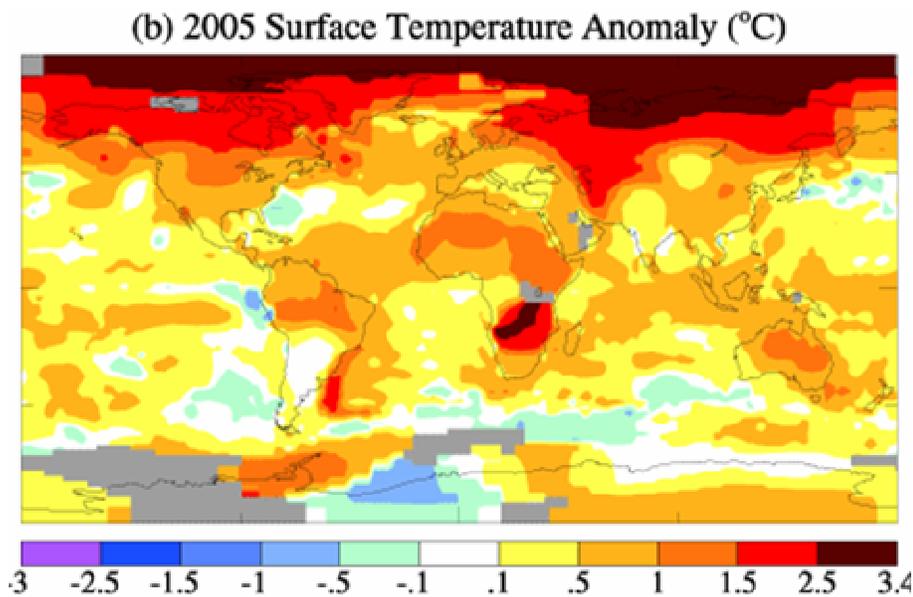


Figura 2: Anomalias de temperatura em 2005. Fonte: IPCC, 2007.

Observa-se que a superfície resultante do modelo mostra um aumento de temperatura acima de 2 °C nas altas latitudes do hemisfério norte e de 1° C próximo do equador. Em regiões onde é baixa a densidade de estações meteorológicas, há uma tendência de superestimar as anomalias ou produzir valores não confiáveis, como na África equatorial, Oriente Médio e Antártica. O Brasil conta com uma rede de estações meteorológicas que cobre boa parte do litoral, mas tem baixa densidade no interior, principalmente nas regiões Norte e Centro-oeste.

Além disso, grande parte das estações não é automática e registra somente dados pluviométricos, não as temperaturas.

Os modelos de previsão global produzem valores pouco confiáveis quando aplicados no nível regional. A maior parte dos modelos leva em consideração os fluxos de energia entre solo, ar e oceano, mas subestimam o papel do uso e da cobertura da terra nesses fluxos. A Amazônia, por exemplo, vem exercendo um papel de tamponamento de variações de temperatura devido à grande quantidade de água circulante e da evapotranspiração. A diminuição da sua cobertura vegetal nativa produziria efeitos de difícil previsão sobre todo o planeta, já que haveria uma excedente de água e calor a ser redistribuído por todo o planeta (Gerten et al., 2004). Alterações nos padrões de temperatura e precipitação acarretam necessariamente em mudanças de composição e localização de biomas, além de causar mudanças nas práticas agrícolas. Por outro lado, essas alterações de uso da terra promovem alterações de ciclos de nutrientes, água e calor (Nobre et al., 2007). Esses processos de retroalimentação das mudanças climáticas globais são raramente considerados nos modelos de previsão.

Para o Brasil, alguns cenários de alterações climáticas são destacados por pesquisadores (Marengo, 2007):

- Eventos El Niño-Oscilação Sul (Enso) mais intensos: Secas no Norte e Nordeste e enchentes no Sul e Sudeste;
- Diminuição de chuvas no Nordeste;
- Aumento de vazões de rios no Sul;
- Alteração significativa de ecossistemas como o mangue, Pantanal e Hiléia Amazônica.

Como destacado anteriormente, não há como destacar o efeito desses fenômenos climáticos dos processos de ocupação que vêm sofrendo essas regiões. Na Amazônia, particularmente, se sobrepõem às oscilações climáticas, a intensificação de queimadas e desflorestamento. A seca de 2005 no oeste da Amazônia pode ter sido resultado de não de processos climáticos globais, mas de alterações do padrão de uso da terra no Brasil e países limítrofes (Marengo, 2007). O desflorestamento causa uma diminuição da capacidade de retenção de água de chuva e um aumento proporcional do escoamento superficial dessas águas pelos rios. Em suma, aumenta a variabilidade da vazão de rios. Essa mudança de regime de rios pôde ser sentida pela ocorrência de enchentes na mesma região da Amazônia poucos meses após o período de seca.

Também do ponto de vista da termodinâmica, o processo de aquecimento global pode ser assumido como uma acumulação de calor, não só pela atmosfera, mas também na água e solo. Essa energia pode ser mobilizada e dissipada de forma rápida e concentrada, gerando eventos extremos (Nordell, 2007). Essa é uma possível explicação para o aumento da frequência e intensidade de furacões no hemisfério norte. Em resumo, mais que causar o

aumento global de temperatura, esse processo, conjugado às alterações de uso da terra podem aumentar a amplitude de variações de temperatura e precipitação.

As grandes cidades se caracterizam pela geração de calor e a sua cobertura por construções diminui a percolação de água de chuva, e aumenta o fluxo ascendente de ventos, o que as torna vulneráveis para efeitos de aquecimento e enchentes (Campbell-Lendrum e Corvalán, 2007).

A variabilidade climática anual já é bem caracterizada. Possui um ritmo pendular com a alternância de estações quentes e frias nas zonas moderadas, e secas e úmidas nas zonas tropicais. Mas há certos períodos nos quais se observa uma ruptura deste ritmo. Numa escala inter-anual e mundial, distinguem-se o fenômeno El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria), também conhecidos como ENSO (El Niño/Southern Oscillation). Ele é caracterizado por irregularidades da temperatura da superfície de águas do oceano Pacífico, que influenciam a circulação atmosférica e alteram as precipitações e a temperatura em diversos lugares do mundo. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de ENSO pode durar de 12 a 18 meses (Trenberth, 1997). Este fenômeno tem geralmente conseqüências de grande amplitude e produzem-se a intervalos irregulares. A origem destas modificações ainda é mal conhecida, e conseqüentemente a sua previsão e a sua amplitude a longo prazo são ainda difíceis de avaliar.

No Brasil, alguns estudos indicam que o semi-árido do nordeste, norte e leste da Amazônia, sul do Brasil e vizinhanças são afetados de forma pronunciada pelo fenômeno ENSO. Na região sul ocorre um aumento da precipitação, particularmente durante a primavera do primeiro ano e no fim do outono e início do inverno do segundo ano. O norte e o leste da Amazônia e o nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente no segundo ano, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do semi-árido. O sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Nas demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para outro (Sampaio, 2000). Uma visão geral do que ocorre sobre o Brasil e no continente sul americano durante o El Niño e la Niña pode ser observada na Figura 3.

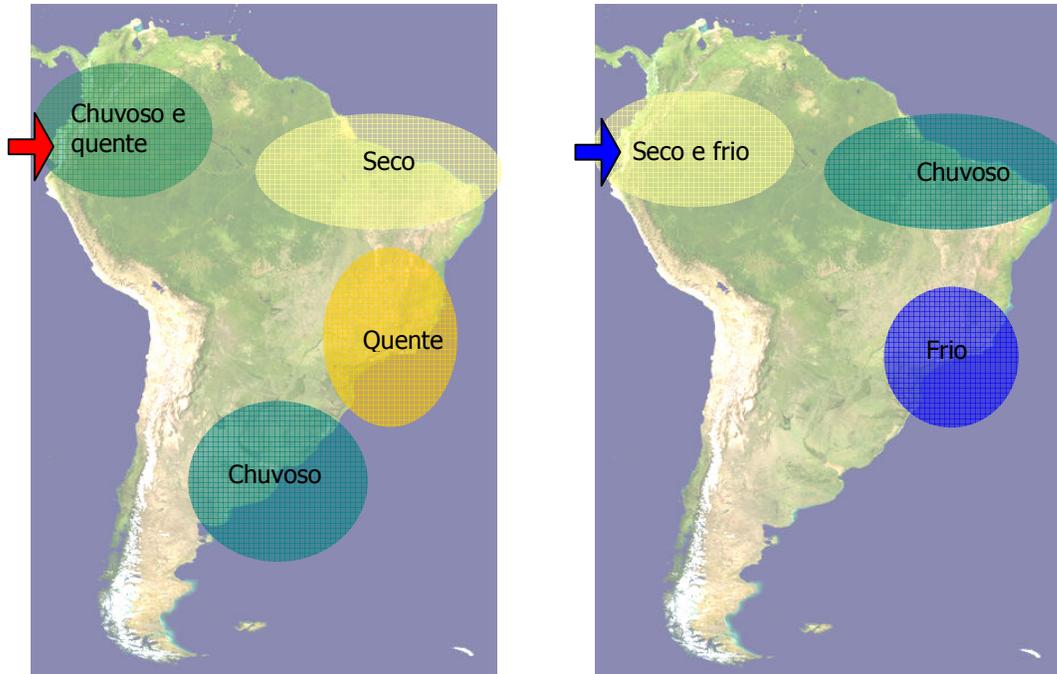


Figura 3: Impactos do El Niño (mapa da esquerda) e da La Niña (mapa da direita) sobre a América do Sul. Adaptada de INPE/CPTEC (2006).

Entretanto, o evento El Niño de 1997-1998, chamou a atenção devido às graves consequências a nível mundial, com importantes prejuízos físicos e econômicos (seca, inundação, perda de produtividade agrícola, etc.) e de perdas em vidas humanas. Apesar da dificuldade para reunir dados homogêneos e completos, o *Compendium of climate variability* indica que quase 10 milhões de pessoas foram afetadas ou deslocadas pelos efeitos desastrosos deste fenômeno (Sari Kovats, 2000). Epidemias importantes de malária foram registradas em vários lugares do mundo, como no Paquistão, Sri Lanca, Vietnã e em diversos países endêmicos da África e da América Latina.

Desde esse importante evento de El Niño, epidemiologistas e entomologistas começaram a dar uma atenção especial aos impactos dos grandes fenômenos climáticos sobre a saúde. A OMS criou um grupo de estudo específico sobre este tema em 1999 que enfatizou a permanência de eventos como El Niño e os desafios para não esquecer e repetir erros do passado (OPS, 2000). No entanto, a maior parte dos estudos que relacionam este acontecimento a doenças vetoriais é feita no um nível planetário ou continental (Githeko et al., 2000; Gagnon et al., 2002; Basher et Cane, 2002; Thomson et al., 2003) enquanto que os impactos de El Niño são muito variáveis de acordo com a intensidade do evento e as regiões que ele atinge (Dessay et al., 2004). São ainda necessários estudos mais detalhados no nível regional para verificar o impacto destes eventos na dinâmica de doenças infecciosas. Porém, a dificuldade de realizar esse tipo de estudo ainda é grande devido à dificuldade de obter dados

climáticos e de saúde nessa escala, com uma série histórica compatível que permita avaliar o impacto das anomalias climáticas na saúde.

Além do conhecido ENSO outras anomalias climáticas afetam a dinâmica do clima no Brasil, em especial a precipitação, como as oscilações intra-sazonais 30-60 dias de Madden-Julian Oscillation (MJO), os sistemas intertropicais como os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) na região nordeste e as zonas de convergência do atlântico sul (ZCAS) no sul e sudeste, entre outros (Kiladis e Mo, 1998; Cunningham e Cavalcanti, 2006).

O papel dos biomas – o exemplo do Bioma Amazônia

A atmosfera é um recurso natural vital para a humanidade que até meados do século XX parecia não ser afetado pela atividade humana. Entretanto, nos últimos 50 anos as mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo associadas às atividades de exploração econômica de bens naturais, de modo geral, com manejos inadequados e produzindo um forte impacto na estrutura e funcionamento dos biomas terrestres, têm evidenciado mudanças ambientais em nível global com impactos sobre os serviços ambientais, garantidos por estes biomas, vitais para o homem. A identificação da influência humana na alteração do clima é um dos principais aspectos analisados pelo IPCC–TAR (IPCC, 2001 A-C). A queima de biomassa em florestas tropicais é um dos exemplos de pressão humana com alterações significativas de perdas ambientais, ou seja, perdas de oportunidades para o uso sustentável. Dentre os vários serviços que os ecossistemas desempenham como reguladores das condições de vida estão a manutenção da biodiversidade, da ciclagem de água e dos estoques de carbono, que mitigam o agravamento do efeito estufa.

Nas regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, África, sudeste da Ásia e parte da Oceania estão os países que mais queimam biomassa em todo o globo terrestre (Freitas et al., 2005) contribuindo diretamente para o fenômeno das mudanças climáticas globais. Na América do Sul, as estimativas de liberações de partículas de aerossóis para a atmosfera por queima de biomassa representam um terço do total do material particulado liberado mundialmente para a atmosfera, chegando a 34 Tg/ano de partículas (Andreae, 1991). No Brasil, os principais ecossistemas afetados pelas queimadas são a Floresta Amazônica e o Cerrado (Artaxo et al., 2001). Em um quadro de aquecimento global, um estudo apresentado em 2004 (Nepstad et al., 2004), aponta para a possibilidade de que a Floresta Amazônica, com intensificação do período de seca, possa perder muita umidade, tornando a região mais vulnerável às queimadas.

A Amazônia legal tem sofrido nas últimas décadas significativas mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo, através de intenso processo de ocupação humana acompanhado de pressões econômicas nacionais e internacionais. A Amazônia perdeu aproximadamente 17% de floresta nativa nas últimas três décadas (PRODES, 2006). A complexidade da Amazônia, um

bioma único, que acomoda quase 13 milhões de brasileiros e, como provoca a Professora Bertha Becker, uma “floresta urbanizada” (Becker, 2004), nos apresenta um desafio imenso para decifrá-la. Compreender o mosaico de processos, em diferentes escalas no tempo e no espaço, responsáveis pelas mudanças de uso e cobertura da terra na região, observados através da dinâmica dos padrões espaciais de áreas desmatadas é fundamental. A interação de modelos de uso e cobertura mais realistas com os modelos de clima, observando as diferentes escalas, a heterogeneidade do espaço amazônico, suas diferentes expressões culturais e suas peculiares formas de configuração e uso do território, é essencial para os estudos das relações entre clima, ambiente e saúde. A Amazônia são muitas *Amazônias* e por isso um grande, porém crucial desafio, em tempos de mudanças globais e suas implicações para as doenças infecciosas e a vigilância em saúde de base territorial no século XXI (Figura 4).

Vários são os fatores políticos, econômicos e sociais que pressionam os ecossistemas resultando no desmatamento e, conseqüentemente, na queima de biomassa. As várias dimensões envolvidas na questão têm provocado um constante debate e, um pensar e repensar sobre as causas do desmatamento. O debate é rico e com muitas posições e argumentos. Em geral, são visões que se complementam se observadas em um espaço transdisciplinar, mas que se reduzem quando o olhar é estritamente a partir de um recorte disciplinar. Os efeitos disso para as políticas públicas ambientais e de ordenamento territorial são graves. O papel da ciência é desmistificar, estabelecendo bases para o debate fora do espaço das paixões e das agendas geopolíticas para a região, quer sejam estas agendas científicas ou político-institucionais. De qualquer maneira podemos observar um conjunto comum de fatores na literatura sobre as forças que comandam os diferentes processos na região. A construção de estradas, a expansão da pecuária, a crescente extração de madeira, o aumento intensivo da agricultura de monocultivos, a fraqueza das instituições constituídas, a mobilidade da população, o sistema de *aviamento* tradicional desde o século XIX na Amazônia baseado na violência e ilegalidade (Santos-Júnior et al., 1996; Santos-Júnior, 2001), as redes multi-modais, as novas redes informacionais e as novas e velhas redes sociais nos apresentam um quadro complexo de atores, processos e padrões de desmatamento e emissões na Amazônia brasileira. (Fearnside, 2006; Soares-Filho et al., 2005; Escada et al., 2005; Câmara et al., 2004; Evans e Moran, 2002). A complexa interação destas forças tem produzido um padrão de atividades econômicas que têm sido responsável por emissões de gases e partículas de aerossóis para a atmosfera, através da queima de biomassa em áreas de pastagem, cerrado e florestas primárias (Artaxo et al, 2002, Bulbovas et al, 2007).

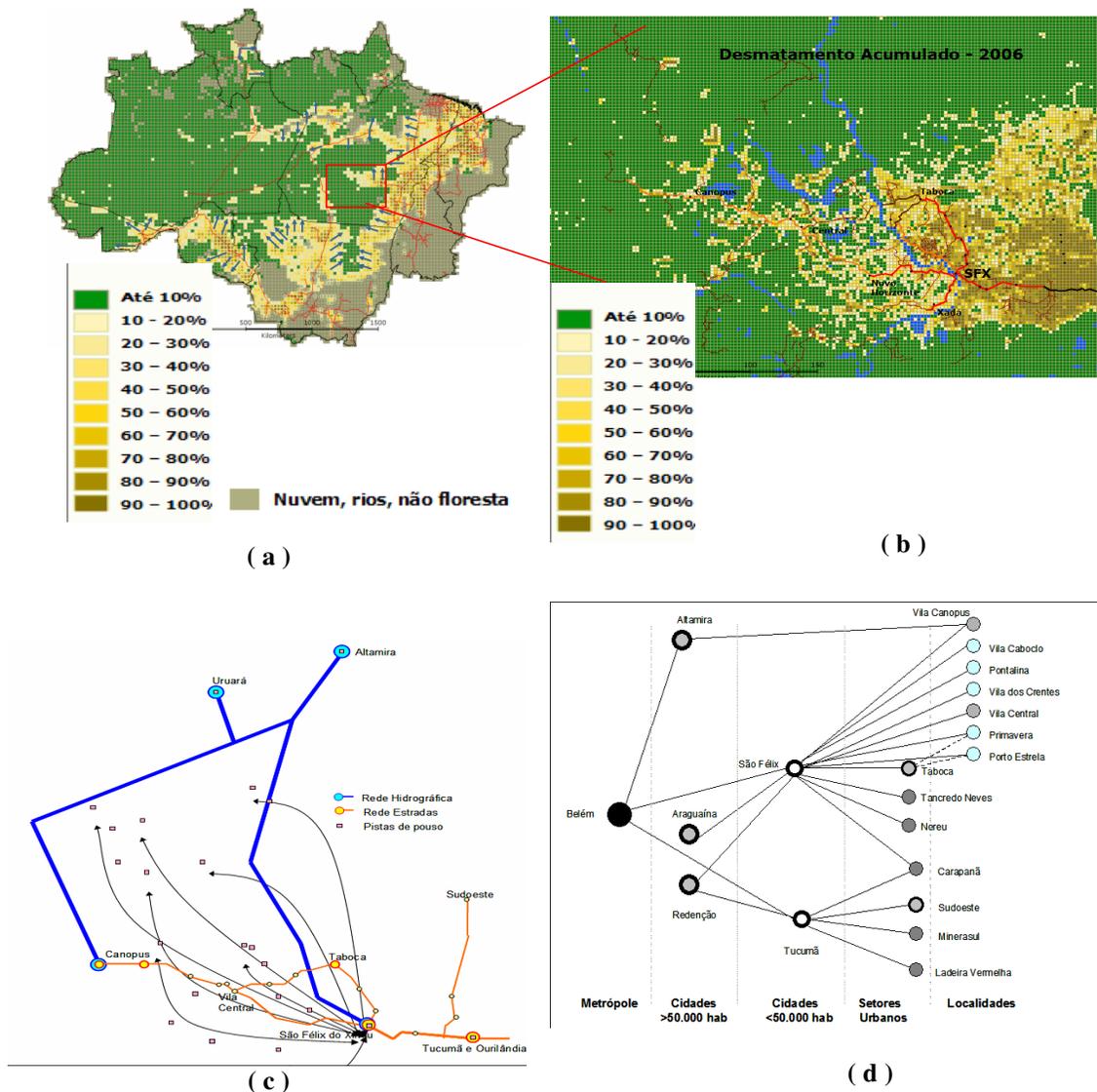


Figura 4: **(a)** Padrões espaciais de desmatamento acumulado para a Amazônia de 1997 a 2006 (97-00; 00-03; 03-06), utilizando um Banco de Dados Celular com células de 25×25 Km. **(b)** Observação desmatamento acumulado em resolução mais fina para uma área de fronteira, na Terra do Meio, PA com células de $2,5 \times 2,5$ km com rede de infra-estrutura de transporte sobreposta. **(c)** Detalhe da complexidade das redes de infra-estrutura para acesso e conectividade na região. Estradas, rios e pistas de pouso. **(d)** Rede hierárquica de cidades, vilas, localidades e assentamentos na região do Xingu-Iriri na Terra do Meio mostrando um novo e complexo espaço urbano em articulação na Amazônia. [FONTES: Adaptados de Amaral et al., 2007 e Escada et al., 2007].

Para o clima global, a Floresta Amazônica tem como uma de suas características um intenso metabolismo que resulta em fonte natural de gases traço, partículas de aerossóis, compostos orgânicos voláteis e vapor de água para atmosfera global (Guenther et al., 1995;

Andreae & Crutzen, 1997). Também são significativas as emissões de hidrocarbonetos como isopreno e terpenos, e uma grande variedade de compostos oxigenados (Artaxo et al., 2005). A grande disponibilidade de radiação solar somada à expressiva quantidade de vapor de água na atmosfera são características que favorecem uma alta reatividade química atmosférica na região tropical (Andreae & Crutzen, 1997). As emissões de metano e dióxido de carbono em áreas alagáveis da Floresta Amazônica, representam uma parcela importante das emissões destes gases, recentemente observada em larga escala na Amazônia (Artaxo et al., 2005). Andreae e Crutzen (1997) identificaram que durante a estação chuvosa, acima de 90% da massa de aerossol consiste de matéria orgânica. O estudo do comportamento das partículas de aerossóis emitidas naturalmente pela floresta Amazônica tem sido um desafio para o entendimento do componente químico atmosférico e sua relevância na complexidade dos impactos das mudanças climáticas em níveis regional e global.

Vários estudos já mostraram que a composição química da atmosfera amazônica na época da seca sofre mudanças devido ao aumento das emissões de gases traço e partículas de aerossóis provenientes de queimadas observadas na Floresta Amazônica e no cerrado, na parte central do Brasil, com efeitos ambientais no nível local, regional e global (Guenther et al., 1995; Andreae et al., 2004; Kaufman et al., 1998; Artaxo et al., 2002; Artaxo et al., 2005). A maioria dos estudos enfatiza a ameaça que as queimadas representam para a Floresta Amazônica acelerando os episódios de mudanças climáticas. As partículas de aerossol são de especial interesse climático porque atuam como núcleos de condensação de nuvens (NCC) alterando os seus mecanismos de formação e o albedo, conseqüentemente alterando os processos radiativos, afetando a carga de radiação (Guyon et al., 2004). As queimadas alteram os ciclos hidrológicos nas regiões tropicais, reduzindo o volume pluviométrico, e a composição química e física da atmosfera (Yamasoe et al., 2000). Também podem reduzir a radiação incidente na superfície devido à grande carga de aerossóis, podendo ter implicações na produção primária dos ecossistemas vulneráveis (Eck et al., 1998). As emissões de gases traço e partículas de aerossol da Amazônia têm como trajetória o continente Sul Americano por duas vias principais: o Oceano Atlântico Sul e o Oceano Pacífico Tropical (Freitas et al. 2000, Freitas, 1999). Logo, os impactos ambientais das queimadas têm papel fundamental nas mudanças climáticas nos níveis local, regional e global.

Mesmo considerando que a principal fonte global de emissão para gases de efeito estufa sejam as produzidas por combustíveis fósseis, as queimadas na Amazônia e no cerrado representam a principal contribuição brasileira para as fontes globais de vários gases de efeito estufa como CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) (Liousse et al., 2004). Elas também contribuem com emissões significativas de CO, NO₂ (dióxido de nitrogênio), HCNM (Hidrocarbonetos não metano), cloreto e brometo de metila, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e dezenas de outros gases (Andreae et al., 2002). As emissões de gases precursores da formação de ozônio pelas queimadas fazem com que as concentrações

deste gás sejam elevadas, podendo comprometer a saúde das populações nas áreas de influência das queimadas assim como a saúde da floresta não queimada, uma vez que o ozônio é fitotóxico alcançando milhares de quilômetros a partir das áreas queimadas (Bulbovas et al., 2007).

Dinâmica da atmosfera e problemas de saúde

Acredita-se que os problemas de saúde humana associados às mudanças climáticas não têm sua origem necessariamente nas alterações climáticas. A população humana sob influência das mudanças climáticas apresentará os efeitos, de origem multi-causal, de forma exacerbada ou intensificada. Muitas são as pesquisas, tendo como foco as questões de saúde pública, que tentam se relacionar com as mudanças climáticas. As pesquisas em saúde geralmente alertam para fatores relacionados às alterações climáticas que afetam a saúde humana, mas geralmente não são desenvolvidas com este objetivo. A avaliação dos efeitos sobre a saúde relacionados com os impactos das mudanças climáticas é extremamente complexa e requer uma avaliação integrada com uma abordagem interdisciplinar dos profissionais de saúde, climatologistas, cientistas sociais, biólogos, físicos, químicos, epidemiologistas, dentre outros, para analisar as relações entre os sistemas sociais, econômicos, biológicos, ecológicos e físicos e suas relações com as alterações climáticas (McMichael et al., 2003).

As mudanças climáticas podem produzir impactos sobre a saúde humana por diferentes vias. Por um lado impacta de forma direta, como no caso das ondas de calor, ou mortes causadas por outros eventos extremos como furacões e inundações. Mas muitas vezes, esse impacto é indireto, sendo mediado por alterações no ambiente como a alteração de ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos, que podem aumentar a incidência de doenças infecciosas, tratadas nesse documento com maior detalhe, mas também doenças não-transmissíveis, que incluem a desnutrição e doenças mentais. Deve-se ressaltar, no entanto, que nem todos os impactos sobre a saúde são negativos. Por exemplo, a alta de mortalidade que se observa nos invernos poderia ser reduzida com o aumento das temperaturas. Também o aumento de áreas e períodos secos pode diminuir a propagação de alguns vetores. Entretanto, em geral considera-se que os impactos negativos serão mais intensos que os positivos.

As conseqüências desse aumento da variabilidade e o aumento de eventos climáticos extremos são de difícil previsão para a saúde pública. Alguns modelos devem ser buscados para concatenar processos climáticos com eventos de saúde. O esquema a seguir foi proposto por McMichael et al. (2006) (Figura 5).

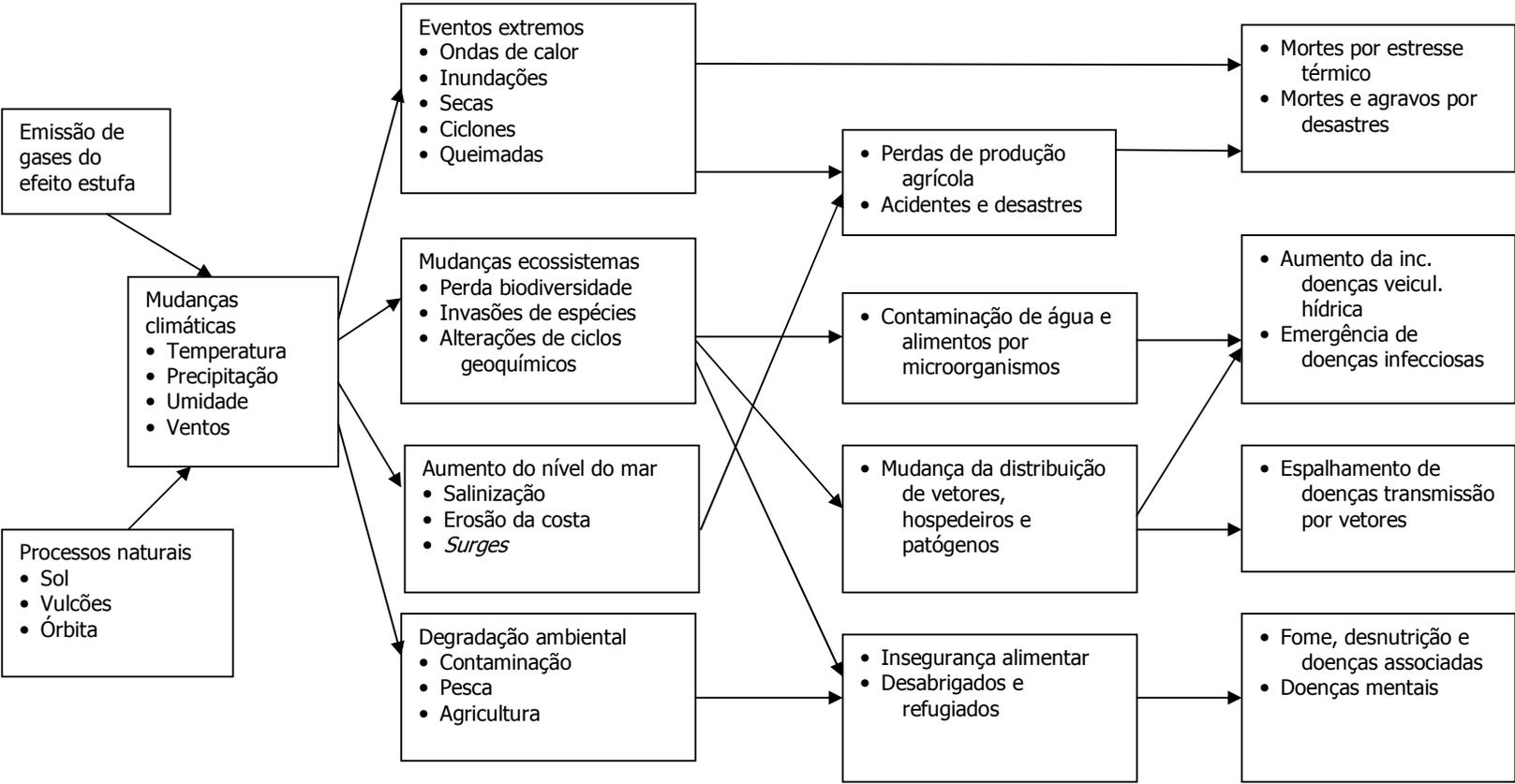


Figura 5: Possíveis caminhos dos efeitos das mudanças climáticas sobre as condições de saúde. Adaptado de McMichael, Woodruff e Hales. Lancet, 2006.

Pode-se observar pelo esquema que o aquecimento global pode ter conseqüências diretas sobre a morbidade e mortalidade, por meio da produção de desastres como enchentes, ondas de calor, secas e queimadas. Uma onda de calor ocorrida na França em 2003 causou cerca de 15000 óbitos, principalmente entre mulheres, idosos, residentes em grandes cidades, viúvos ou solteiros. Parte dessas mortes pode ser atribuída às mudanças climáticas globais (McMichael et al., 2006). Mas o fato de que uma parcela considerável de óbitos pudesse ter sido evitada colocou em xeque todo o sistema de saúde e proteção social do país. O aumento na mortalidade deve ser tomado como uma conjunção de fatores extrínsecos (climáticos e sociais) e intrínsecos ao sistema de saúde. A conjunção de envelhecimento, pobreza, isolamento e problemas de acesso a serviços de saúde, associados ao aumento de temperatura condenou grupos sociais urbanos abandonados por suas famílias e pelos serviços públicos especialmente no período de férias de verão (Fleuret e Séchet, 2004). Nesse e em diversos outros casos, a avaliação dos riscos à saúde devidos às mudanças climáticas globais não podem ser dissociados das análises sociais, que consideram as desigualdades sociais fator estrutural da sociedade atual.

As flutuações climáticas sazonais produzem um efeito na dinâmica das doenças vetoriais, como por exemplo, a maior incidência da dengue no verão e da malária na Amazônia durante o período de estiagem. Os eventos extremos introduzem considerável flutuação que podem afetar a dinâmica das doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose, as hepatites virais, as doenças diarréicas, etc. Essas doenças podem se agravar com as enchentes ou secas que afetam a qualidade e o acesso à água. Também as doenças respiratórias são influenciadas por queimadas e os efeitos de inversões térmicas que concentram a poluição, impactando diretamente a qualidade do ar, principalmente nas áreas urbanas. Além disso, situações de desnutrição podem ser ocasionadas por perdas na agricultura, principalmente a de subsistência, devido às geadas, vendavais, secas e cheias abruptas.

A variação de respostas humanas relacionadas às mudanças climáticas parece estar diretamente associada às questões de vulnerabilidade individual e coletiva. Variáveis como idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais contribuem diretamente para as respostas humanas relacionadas às variáveis climáticas (Martins et al, 2004). Alguns estudos também apontam que alguns fatores que aumentam a vulnerabilidade dos problemas climáticos são uma combinação de crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental IPCC (2001), especialmente em crianças, com aumento de doenças respiratórias e diarréicas resultantes de aglomerado humano em locais muitas vezes inadequados (McMichael et al., 2003).

As condições atmosféricas podem influenciar o transporte de microorganismos, assim como de poluentes oriundos de fontes fixas e móveis e a produção de pólen (Moreno, 2006). Os efeitos das mudanças climáticas podem ser potencializados, dependendo das características físicas e químicas dos poluentes e das características climáticas como temperatura, umidade e precipitação. Estas características definem o tempo de residência dos poluentes na atmosfera,

podendo ser transportados a longas distâncias em condições favoráveis de altas temperaturas e baixa umidade. Estes poluentes associados às condições climáticas podem afetar a saúde de populações distantes das fontes geradoras de poluição.

As alterações de temperatura, umidade e o regime de chuvas podem aumentar os efeitos das doenças respiratórias, assim como alterar as condições de exposição aos poluentes atmosféricos. Dada a evidência da relação entre alguns efeitos na saúde devido às variações climáticas e os níveis de poluição atmosférica, tais como os episódios de inversão térmica, aumento dos níveis de poluição e o aumento de problemas respiratórios, parece inevitável que as mudanças climáticas de longo prazo possam exercer efeitos à saúde humana ao nível global.

Em áreas urbanas alguns efeitos da exposição a poluentes atmosféricos são potencializados quando ocorrem mudanças climáticas, principalmente as inversões térmicas. Isto se verifica em relação à asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das vias aéreas superiores (sinusite), principalmente nos grupos mais susceptíveis, que incluem as crianças menores de 5 anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade. Os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana têm sido amplamente estudados em todo o mundo. Estudos epidemiológicos evidenciam um incremento de risco associado às doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como da mortalidade geral e específica associadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera (Pope et al., 1995; OPAS, 2005; Anderson et al., 1996; Rumel et al., 1993; Cifuentes et al., 2001). Segundo a OMS, 50% das doenças respiratórias crônicas e 60% das doenças respiratórias agudas estão associadas à exposição a poluentes atmosféricos. A maioria dos estudos relacionando os níveis de poluição do ar com efeitos à saúde foi desenvolvida em áreas metropolitanas, incluindo as grandes capitais da região sudeste no Brasil, e mostram associação da carga de morbimortalidade por doenças respiratórias, com incremento de poluentes atmosféricos, especialmente de material particulado (Saldiva et al 1994; Gouveia et al, 2006). A maior parte do material particulado está na fração de PM 2.5. O tamanho da partícula, superfície e a composição química do material particulado determinam o risco para a saúde humana que a exposição representa a este agente. O aumento de ataques cardíacos, a multiplicação de casos de asma e o aumento da síndrome respiratória aguda, são alguns dos efeitos já reportados em vários estudos (Gouveia et al., 2006).

Alguns estudos evidenciam que a associação entre altas temperaturas e elevadas concentrações de poluentes atmosféricos pode gerar um incremento das hospitalizações, atendimentos de emergência, consumo de medicamentos e taxas de mortalidade (<http://www.epa.gov/globalwarming/impacts/health/index.html>). A interface entre poluição e clima também deve ser considerada como fator de risco para as doenças do coração, seja como consequência de stress oxidativo, infecções respiratórias ou alterações hemodinâmicas. O aumento da temperatura também está associado ao incremento de partículas alergênicas produzidas pelas plantas, aumentando o número de casos de pessoas com respostas alérgicas e asmáticas (Zamorano et al., 2003; U.S. Climate Action Report, 2002).

Em áreas onde a poluição do ar é mais intensa, os idosos encontram-se num cenário de maior vulnerabilidade que somados aos episódios de altas temperaturas ambientais, causam estresse aos organismos humanos e perda de resiliência fisiológica. As condições sociais como situação de moradia, alimentação e acesso aos serviços de saúde são fatores que aumentam a vulnerabilidade para as populações expostas aos episódios das mudanças climáticas que somados a exposição a poluentes atmosféricos poderá apresentar efeitos sinérgicos com agravamento do quadro clínico. Em áreas sem ou com limitada infra-estrutura urbana, principalmente em países em desenvolvimento, todos esses fatores podem recair sobre as populações mais vulneráveis e, conseqüentemente, mais pobres, pressionando a infra-estrutura de saúde pública, causando uma super-ocupação de serviços e aumentando os gastos em saúde (Martins et al., 2004; IPCC, 2001).

As emissões gasosas e de material particulado para a atmosfera derivam principalmente de veículos, indústrias e da queima de biomassa. No Brasil, as fontes estacionárias e grandes frotas de veículos concentram-se nas áreas metropolitanas localizadas principalmente no sudeste, enquanto a queima de biomassa ocorre em maior extensão e intensidade na Amazônia legal, situada ao norte do país. Segundo o inventário brasileiro de emissões de carbono, 74% das emissões ocorrem através das queimadas na Amazônia, em contraste com 23% de emissões do setor energético (MCT, 2005).

Na Amazônia, a intensa queima de biomassa cobre uma área de cerca de 4 a 5 milhões de Km² observada através de sensoriamento remoto (Freitas et al., 2005). Estudos na região realizados durante a estação chuvosa, quando predominam as emissões naturais, mostram que a concentração de partículas de aerossóis é da ordem de 10 a 15 $\mu\text{g.m}^{-3}$, com uma concentração da ordem de 100 a 300 partículas cm^{-3} . Na estação seca, devido às emissões provenientes de queimadas, a concentração em massa sobe para cerca de 300 a 600 $\mu\text{g m}^{-3}$, enquanto o número de partículas sobe para 15.000 a 30.000 partículas cm^{-3} (Yamasoe, 1999). A maioria das partículas biogênicas encontra-se na fração grossa, com diâmetros maiores que 2 μm , e tem como constituição principalmente fungos, esporos, fragmentos de folhas e bactérias, em uma enorme variedade de partículas.

Quanto mais próximo for o local de exposição aos focos de queimadas, geralmente maior é o seu efeito à saúde. Mas a direção e a intensidade das correntes aéreas têm muita influência sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos e sobre as áreas afetadas pela pluma oriunda do fogo. Se os ventos predominantes dirigirem-se para áreas densamente povoadas, um número maior de pessoas estará sujeito aos efeitos dos contaminantes. Esse é o caso do Sudeste Asiático, onde queimadas provocam névoa de poluentes de extensão regional com impactos à saúde de centenas de milhões de pessoas (Ribeiro e Assunção, 2002).

Na região do arco do desmatamento, que abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, parte do Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, foram detectados em 2005 mais de 73% dos focos de queimadas do país. Destes, o estado de Mato Grosso foi o que concentrou o maior percentual de área desmatada e focos de queimadas, com

38% e 30% e respectivamente (IBAMA, 2007). No estado de Mato Grosso, as doenças do aparelho respiratório foram as principais causas das internações em crianças menores de cinco anos respondendo por 70% dos casos na região de Alta Floresta. Dentre as principais categorias de internações por doenças do aparelho respiratório nessa faixa etária, estão as pneumonias, responsáveis por 73% das internações no estado, seguida da asma, respondendo por 14% das internações por doenças do aparelho respiratório no estado de Mato Grosso (Mourão et al, 2007). Em Rio Branco no Acre, um dos principais impactos negativos ocasionados pela poluição do ar através das queimadas, está na taxa de mortalidade que no período de 1998 a 2004, apresentou uma diferença de cerca de 21% no período de queimadas em relação ao período de não-queimadas. No período das queimadas, a taxa de mortalidade foi de 3,3 por mil/habitantes, enquanto no período de não-queimada, essa taxa foi de 2,7 (Silva, 2005).

Efeitos sobre doenças infecciosas

No caso das doenças infecciosas, os mecanismos de produção de agravos e óbitos são mais indiretos e mediados por inúmeros fatores ambientais e sociais. Dois exemplos são destacados nesse texto: a possível expansão das áreas de transmissão de doenças relacionadas a vetores e o possível aumento dos riscos de incidência de doenças de veiculação hídrica.

Diversas doenças, principalmente as transmitidas por vetores são limitadas por variáveis ambientais como temperatura, umidade, padrões de uso do solo e de vegetação (Hay et al, 1996). As doenças transmitidas por vetores constituem, ainda hoje, importante causa de morbidade e mortalidade no Brasil e no mundo. O ciclo de vida dos vetores, assim como dos reservatórios e hospedeiros que possam ter participação na cadeia de transmissão de doenças, está fortemente relacionado à dinâmica ambiental dos ecossistemas onde estes vivem. A dengue é considerada a principal doença reemergente nos países tropicais e subtropicais. A malária continua sendo um dos maiores problemas de saúde pública na África, ao sul do deserto do Saara, no sudeste asiático e nos países amazônicos da América do Sul. As leishmanioses, tegumentar e visceral, têm ampliado sua incidência e distribuição geográfica. Outras doenças, como a febre amarela, a filariose, a febre do oeste do Nilo, a doença de Lyme, e outras transmitidas por carrapato e inúmeras arboviroses, têm variável importância sanitária em diferentes países de todos os continentes. O aquecimento global do planeta tem gerado ainda uma preocupação científica sobre a possível expansão da área atual de incidência de algumas doenças transmitidas por insetos (Tauli, 2002). Porém, deve-se sempre que levar em conta que são múltiplos os fatores que influenciam a dinâmica das doenças vetoriais, além dos fatores ambientais (vegetação, clima, hidrologia); como os sócio-demográficos (migrações e densidade populacional); além dos biológicos (ciclo vital dos insetos vetores de agentes infecciosos) e dos médico-sociais (estado imunológico da população; efetividade dos sistemas locais de saúde e dos programas específicos de controle de doenças, etc.) e a história da

doença no lugar, estes dois últimos sempre muito esquecidos nas apressadas análises causais entre o impacto das mudanças climáticas e as doenças vetoriais (Bruce-Chwatt e Zulueta, 1980).

As doenças à transmissão vetoriais presentes nos países de clima tropical aparecem como um dos principais problemas de saúde pública que podem decorrer desta possibilidade de aquecimento. Vários modelos matemáticos foram construídos a fim de prever as conseqüências do aumento da temperatura sobre a malária, por exemplo (Tanser et al., 2003; Hales e Woodward, 2003).

Contudo, a relação entre o clima e a transmissão da malária continua bastante complexa e não é a mesma de acordo com os lugares que se estuda (Reiter et al., 2004). Pelo menos para a malária, a dengue e a febre amarela, raramente o clima foi o principal determinante para sua prevalência ou seu alcance geográfico, em vez disso, impactos nos ecossistemas em nível local provocados por atividades humanas têm se mostrado muito mais significantes (Reiter, 2001; Rogers e Randolph, 2000). A maior parte dos modelos é baseada em dados restritos a alguns locais e variáveis ambientais vinculadas sobretudo aos vetores ou ao plasmódio, sem levar em conta os fatores sociais e de políticas de desenvolvimento e controle que são igualmente importantes na dinâmica da malária, assim como nas demais doenças vetoriais.

A história da malária, uma das doenças vetoriais mais antigas que se tem registro, mostra claramente a importância desses fatores. Devido ao seu caráter endêmico, ela foi responsável em vários momentos da história por tantas mortes quanto as guerras (Mouchet et al, 2004). Durante quase cinco séculos, devastou uma grande parte da Europa e do resto do mundo (Figura 6). O pior período da transmissão dessa doença na Europa foi muito mais frio que o atual, durante a Pequena Idade do Gelo na Idade Média (Reiter, 2003). Esta época era caracterizada por condições sanitárias bastante degradadas. A partir do século XVIII, numerosas modificações das condições de vida da população como o saneamento, as habitações, mas também os trabalhos de drenagem, e as mudanças de utilização do solo e as práticas agrícolas, traduzem-se num retrocesso progressivo da malária em diversas regiões do mundo (Hay et al., 2004). No Brasil, onde até bem recentemente, na década de 1970, havia registro de incidência da malária em diversas regiões brasileiras e passando a se reconcentrar recentemente na região Amazônica (Barata, 1998).

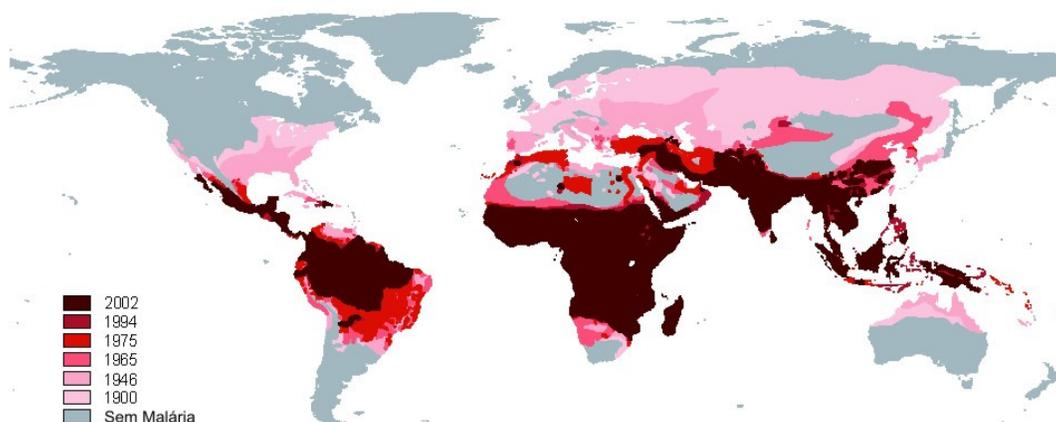


Figura 6: Retração das áreas de transmissão de malária no Século XX. Adaptado de Hay et al., 2004.

Esses fatos mostram que a complexidade dos processos ambiente-doença deve ser considerada pelos investigadores, antes de se afirmar que a expansão da malária, assim como outras doenças zoonóticas, pode ser causada diretamente pelo aquecimento climático global.

A proteção à saúde e o conforto são os principais objetivos dos sistemas de saneamento. Desde as primeiras intervenções de saneamento de grandes cidades no fim do Século XIX, houve redução significativa de indicadores como a mortalidade infantil e a ocorrência de epidemias. No Brasil, tem se observado um aumento gradual da cobertura dos serviços de abastecimento de água, que alcança hoje 91,3% da população urbana (segundo dados da PNAD de 2002). Ao mesmo tempo permanecem altas as incidências de diversas das doenças de veiculação hídrica como a esquistossomose, hepatite A, leptospirose, gastroenterites, entre outras. Mesmo com a expansão da cobertura da rede de água, a coleta e tratamento do esgoto e lixo não atingem a todos, colocando os sistemas de saneamento em condições extremamente vulneráveis. Segundo avaliações preliminares da OMS, os problemas relacionados ao saneamento básico causam cerca de 15 mil óbitos por ano no Brasil (www.who.int/quantifying_ehimpacts/en).

Cada vez mais, o processo de urbanização e adensamento populacional produz riscos que são característicos de grandes centros urbanos, com mananciais e redes de distribuição de água vulneráveis. Há diversos relatos de surtos de doenças de veiculação hídrica transmitidos pelo sistema de distribuição de água (e.g., Godoy et al., 2003; Winston et al., 2003). A expansão destes sistemas, neste caso, pode atuar também como meio de amplificação de riscos. A decadência dos serviços públicos de saneamento na Rússia (Semenza et al., 1998) tem promovido um aumento de riscos associados à distribuição de água devido à precariedade destes sistemas. O sistema de abastecimento, neste caso, funciona mais como veículo de difusão de agentes infecciosos que como fator de proteção das populações (Winston et al., 2003). A existência de uma geração (*coorte*) de pessoas moradoras de grandes cidades que

nunca tiveram contato com alguns agentes infecciosos transmitidos pela água pode tornar esses surtos acentuados do ponto de vista epidemiológico e graves do ponto de vista clínico.

Segundo Lee e Schwab (2005), os principais problemas enfrentados hoje pelos sistemas de abastecimento de água no Terceiro Mundo são ligados à vulnerabilidade e intermitência destes sistemas, mais do que a sua cobertura. A intermitência do regime de abastecimento, por sua vez, permite a intrusão de agentes patogênicos através da água contaminada nas redes de distribuição (LeChevallier et al., 2003). A maior parte da população do Município do Rio de Janeiro (cerca de 95% dos domicílios segundo o censo demográfico de 1991) é abastecida de água pela rede geral. Por outro lado, a contaminação da rede geral de abastecimento de água por coliformes abrange a maior parte da população sob risco, representando cerca de 35% da população total do município (Barcellos et al., 1998). Devido à conhecida heterogeneidade na ocupação do solo urbano e à acidentada topografia da cidade, os problemas com o abastecimento de água são concentrados em áreas e grupos sócio-espaciais vulneráveis.

Esse cenário de *universalização precária* dos serviços de saneamento pode agravar os riscos das populações servidas por esses sistemas. O aumento da variabilidade, tanto da qualidade quanto da quantidade de água nos mananciais, pode afetar gravemente o funcionamento dos sistemas de abastecimento de água. Esses sistemas são sujeitos à entrada de micro-organismos e a produção de surtos de doenças de veiculação hídrica. Além disso, acidentes, como o rompimento de barragens em mananciais de água, a danificação da rede ou de reservatórios de água e uma pressão de consumo devido ao aumento de temperatura podem levar a um colapso dos sistemas de abastecimento. Mesmo em países onde o saneamento é universal e de bom funcionamento estão sendo propostas medidas para aumentar a flexibilidade e capacidade de adaptação desses sistemas, por meio do aumento do estoque de água nos domicílios e nas cidades, bem como a busca de fontes alternativas de suprimento (Meuleman et al., 2007).

Alternativas metodológicas para o monitoramento e preparação

A avaliação dos possíveis impactos dos processos de mudanças globais sobre a saúde é dificultada pela inadequação de metodologias tradicionais utilizadas para a análise das relações entre ambiente e saúde. Destacam-se como maiores desafios a ausência ou insuficiência de dados históricos sobre a incidência de doenças no Brasil. A maior parte dos bancos de dados nacionais foi criada nas décadas de 1980 e 1990, impedindo uma análise de tendências de longo prazo. A maior parte das previsões das condições de saúde frente a mudanças globais é produzida pela extrapolação de estudos locais e de curta duração para cenários globais e de longo prazo, o que pode gerar inúmeras incertezas e imprecisões. Os desenhos de estudos epidemiológicos de base individual parecem não ser adequados para esses problemas, uma vez que pressupõem a distinção entre grupos expostos e não-expostos, o que não é o caso dos estudos relacionados a mudanças globais (McMichael, 2002). Além disso, a dinâmica de eventos

extremos também se altera em um cenário de aquecimento global, e o estudo do efeito destas condições climáticas sobre a saúde é ainda mais complexo. Por outro lado, a modelagem estatística clássica não permite incorporar relações não-lineares e estruturas de dependência entre observações, esperados neste contexto.

Novas metodologias devem ser buscadas, o que inclui a análise de extensas séries temporais, a adoção de eventos e áreas sentinela e o uso do geoprocessamento para a análise de situações particulares de produção de agravos. Há necessidade de implementar sistemas de alerta baseados em parâmetros ambientais que possam detectar precocemente alterações nas doenças infecciosas.

Um monitoramento ambiental para aplicação em saúde abrange diversos agravos e fatores como queimadas, desmatamentos, enchentes, urbanização, entre outros. Todos esses aspectos contribuem e serão afetados pelas mudanças climáticas. A interação entre esses fatores é complexa e carregada de incertezas. Em condições climáticas favoráveis, algumas doenças estão limitadas à proporção de suscetíveis na população e a outros fatores como mobilidade populacional, medidas de intervenção, condições de moradia e alimentação que não são diretamente relacionados ao clima, mas afetam o padrão das doenças.

Uma das ferramentas úteis para monitoramento da dinâmica ambiental é o sensoriamento remoto especificamente no Brasil, com um território extenso, com diversidade de fauna e flora e regiões de difícil acesso. Alguns satélites, de média e alta resolução espacial, porém baixa resolução temporal, são aplicados a estudos de mudanças de uso e cobertura do solo como o LANDSAT, CBERS, SPOT, IKONOS. Já os satélites de alta resolução temporal são ideais para trabalhar com o monitoramento da dinâmica climática.

Dados climáticos podem ser obtidos por medidas locais a partir de estações meteorológicas ou medidas derivadas de imagens de satélite. Dados de sensoriamento remoto podem gerar índices que substituem variáveis meteorológicas como, por exemplo, o índice de temperatura média da superfície da terra (LST) e do status da vegetação (NDVI). Esses índices podem ser obtidos tanto em uma resolução de 1 a 8 km utilizando dados do sensor AVHRR a bordo do satélite NOAA, quanto em resolução de 250 a 1000 metros utilizando o sensor MODIS. Um outro índice, *cold cloud duration* (CCD), obtido por satélites meteorológicos como GOES e Meteosat é utilizado como variável indicadora de precipitação. Esses sensores têm uma resolução temporal alta, respectivamente, de 15 minutos (GOES e Meteosat), 12 horas (NOAA) e 24 horas (MODIS) e as cenas cobrem porções continentais. As informações obtidas, a tempo-real dos satélites meteorológicos, GOES e Meteosat, são utilizadas nos modelos de previsão de tempo (www.cptec.inpe.br). Além disso, para a maioria desses satélite/sensores, existem dados por um período relativamente longo. Os dados do sensor AVHRR dos satélites NOAA, por exemplo, fornecem estimativas diárias de LST e NDVI desde 1981 e esses dados estão armazenados e disponíveis para análise. Pode-se, por exemplo, construir uma série temporal de ocorrências de malária e de variáveis ambientais para diversos níveis de agregação espaço-temporais, verificando sazonalidades e anomalias. Esses gráficos podem mostrar os padrões

cíclicos inerentes à doença, assim como indicar fatores, como subnotificação, intervenções e correlações com fatores ambientais (WHO, 2005). O que se faz necessário é fornecer dados obtidos por satélite em uma escala espacial-temporal adequada ao tipo de análise. Isso ainda não existe. O ideal seria manipular esses dados disponibilizando os índices em escalas úteis, assim como os demais dados ambientais e de saúde.

As conseqüências do aquecimento global para a saúde podem ser minoradas através de medidas preventivas como, por exemplo, melhorar os sistemas de vigilância para que sirvam de alerta para a emergência ou reemergência de doenças infecciosas ou dos vetores. Essa medida poderia controlar a proliferação de vetores sem danos ao meio ambiente, informar ao público como se proteger, vacinar e tratar rapidamente a população em risco. Uma outra medida seria minimizar os riscos prevendo quando as condições ambientais, especificamente as climatológicas, estão favoráveis à ocorrência da doença. Nesse caso as imagens de satélite e os modelos climáticos podem ser particularmente úteis (Epstein, 2000).

Para ampliar a capacidade do setor saúde no controle das doenças transmissíveis, é necessário desenvolver novos instrumentos para a prática da vigilância epidemiológica, incorporando os aspectos ambientais, identificadores de riscos, e métodos automáticos e semi-automáticos, que permitam a detecção de surtos e o seu acompanhamento no espaço e no tempo. Por isso as questões levantadas pelas mudanças climáticas em escala global, para a saúde pública serão relevantes se pudermos entender como elas atingem os ecossistemas, também na escala local. Isto forneceria melhores informações sobre a dinâmica das variáveis climático-ambientais envolvidas nos modelos integrados de caracterização de risco. Precisamos produzir os instrumentos necessários à antecipação e, conseqüentemente, a ampliação da capacidade preventiva do setor saúde, para que este possa otimizar suas atividades e recursos visando à prevenção das doenças, a promoção da saúde, e a minimização dos danos à população exposta a estes riscos.

A estruturação do setor saúde nos últimos anos, permitiu e ampliou com grande competência, o sistema de registro de eventos e agravos de saúde. A estrutura hierárquica e territorial definida com o estabelecimento constitucional do SUS em 1988, também definiu unidades espaciais de coleta de informação, e o DATASUS tem cumprido sua missão de organizar as bases de dados de saúde. Some-se a isso a crescente possibilidade de acesso a um conjunto bem mais amplo de dados demográficos e ambientais, como é o caso do Censo 2000, publicado pelo IBGE com a malha de setores censitários disponibilizada por município. Por outro lado os sistemas de produção sistemática de dados climáticos e ambientais evoluíram muito nos anos recentes. O INPE, em particular, e observando uma escala nacional, tem avançado na tarefa de disponibilização de dados e informações climáticas e da situação de biomas brasileiros. Mais importante, há um alinhamento das políticas relativas aos dados produzidos na linha de caracterizá-los como um bem público e, portanto de acesso irrestrito e gratuito. Dados dos satélites brasileiros da série CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Sensoriamento Remoto da Terra - <http://www.cbbers.inpe.br/>) têm suas imagens distribuídas

pela internet e sem custos. Os dados de modelos e informações climáticas são produzidos e distribuídos pelo CPTEC-INPE sob a mesma política.

Em tempos de mudanças globais, uma das mais importantes e necessárias mudanças é a alteração nas políticas institucionais, em escala global e local, para o acesso aos dados ambientais, imagens de satélite, dados de tempo e clima e informações sócio-demográficas com registro de localização em coordenadas geográficas que possam ser incorporadas nas análises e na produção de mapas em saúde. A capacidade brasileira de geração de dados com referência espaço-temporal cresceu muito. O que não avançou como desejado foram as políticas de acesso. Dados espaciais com função social, geodados, precisam ser liberados (*Habeas Data*), estabelecendo uma possibilidade de acesso integrado entre os sistemas de informação de saúde e os sistemas de informações climático-ambientais. Mais que isso, é preciso uma nova compreensão, mais abrangente, para os sistemas de informação de saúde (SIS). Para os novos desafios da vigilância em saúde de base territorial, ter acesso aos dados de natureza climática e ambiental de modo mais direto é essencial. Trabalhar esta integração é fundamental para o setor saúde. Não é uma integração somente tecnológica, exige um esforço multi-institucional e a formação de recursos humanos na saúde com capacidade para produzir, coletar, armazenar, recuperar, tratar e analisar estes dados e informações.

No entanto, a capacidade brasileira de analisar este conjunto de dados, em várias escalas e unidades espaciais, ainda é bem menor que a nossa capacidade de produzi-los. É preciso estabelecer novos métodos de análise espaço-tempo, que permitam detectar os padrões e as alterações na ocorrência de múltiplos eventos, em apoio à vigilância epidemiológica de base territorial (Knorr-Held e Richardson, 2002; Kulldorff, 2001; Rogerson, 2001; Assunção et al., 2002, 2001; Câmara e Monteiro, 2001; Christensen e Ribeiro-Jr, 2002; Ribeiro e Diggle, 2001; Shimakura et al., 2001; Carvalho e Santos, 2005). No campo das Tecnologias da Informação (TI), as geotecnologias permitem analisar e reconhecer padrões espaço-temporais provenientes de fontes diversas, e disponibilizadas em bancos de dados que devem dar suporte a representações de suas geometrias, bem como de suas descrições tabulares tradicionais. São estes padrões que podem revelar processos, cujas estruturas se busca detectar, monitorar e visualizar.

Para vencer este desafio, é necessário compartilhar trabalhos, dados, metodologias, *softwares* e resultados. Esse uso compartilhado se desenvolve com base em três linguagens comuns: a primeira, a do espaço, a informação que permite localizar os elementos de análise nos territórios; a segunda, a metodológica, que posiciona o problema como tendo muitas dimensões e permite superar a armadilha da redução a uma determinação unicamente ambiental, ou uma determinação social ou uma determinação biológica exclusivas para o processo saúde-doença em investigação; a terceira é a técnico-científica, que apresenta a necessidade de novos métodos e instrumentos para tratar um problema intrinsecamente complexo.

É necessária uma mobilização para encontrar as respostas e produzir os instrumentos de TI Espacial, métodos, algoritmos e produtos de *software*, para dotar os sistemas de vigilância epidemiológica, e de controle de endemias, de capacidade de antecipação, a partir da possibilidade de tratar grandes bases de dados espaço-temporais, com dados dos SIS, com os dados caracterizadores da população e de seu lugar. São necessários Sistemas de Informação Sócio-Ambientais para a Saúde do nível local ao nacional. Uma maneira de iniciar essa mobilização é intensificar o esforço para georreferenciar e homogeneizar as localidades dos bancos de dados de Sistema de Vigilância Epidemiológicas das doenças de notificação compulsória, o que possibilitará análises multi-escalares, facilitando assim uma maior compreensão da dinâmica de morbidade e mortalidade para os diversos níveis de gestão da saúde (local, municipal, estadual, regional e nacional).

Estes sistemas não devem contemplar somente os dados e indicadores, mas incluir as tecnologias de suporte como os Bancos de Dados Geográficos, Sistemas de Informação Geográfica e Análise Espaço-Temporal, e capacidade de incorporar estas novas técnicas e metodologias na dinâmica dos serviços, no contexto do controle de endemias.

O programa Geocapacita (www.capacita.geosaude.cict.fiocruz.br), "Abordagens Espaciais em Saúde", é um exemplo de como o trabalho coletivo e multi-institucional pode gerar material para a formação de recursos humanos com características e perfil para os novos enfrentamentos, além de produção de tecnologia e dos instrumentos para sua inserção no serviço.

Em um contexto de mudanças climáticas e ambientais globais, as incertezas sobre a natureza de seu impacto na escala dos ecossistemas locais se somam às complexidades das novas realidades de um Brasil urbano, sugerem novas questões no enfrentamento do velho problema das doenças transmissíveis no contexto da saúde pública. A sinergia existente entre os processos sociais e os ecossistemas sobre os quais eles se desenvolvem, associada à persistência de condições inadequadas de vida, tem possibilitado a proliferação e disseminação de doenças endêmicas nestes territórios, onde antes eram mais raras. A leptospirose é um bom exemplo, com dois perfis distintos de ocorrência. Na situação endêmica, os grupos populacionais atingidos são os mais carentes, graças ao modo de transmissão baseado no contato com urina de rato, que pressupõe condições de saneamento extremamente precárias. No entanto, com as enchentes causadas por chuvas intensas, ainda que estas atinjam também populações carentes, a doença tem um raio de risco muito ampliado (Barcellos e Sabroza, 2001).

O mesmo ocorre com a transmissão de dengue, de filariose e da leishmaniose visceral, todas acontecendo em grandes cidades brasileiras, algumas atingindo os mesmos grupos populacionais, todas transmitidas por vetores, outras com reservatórios animais importantes, cada uma das quais com diferentes características, mas sobre as quais não se podem isolar os efeitos do controle de cada uma sobre as demais. Dois são os aspectos fundamentais para o enfrentamento destes problemas: a capacidade de detecção, registro e acompanhamento

precoce de número de casos e local de sua ocorrência, e a identificação e modelagem de fatores de risco e de proteção nas situações endêmica e epidêmica para estes territórios.

Conclusões - Um olhar além das mudanças climáticas

O setor saúde se encontra frente a um grande desafio. As mudanças climáticas ameaçam as conquistas e os esforços de redução das doenças transmissíveis e não-transmissíveis. Ações para construir ambiente mais saudável poderiam reduzir um quarto da carga global de doenças, e evitar 13 milhões de mortes prematuras (Pruss-Ustun, Corvalan, OMS, 2006). Do ponto de vista epidemiológico, se as mudanças climáticas representam uma série de exposições a diversos fatores de risco, a causa mais distal dessas exposições é a alteração do estado ambiental devido à acumulação de gases do efeito estufa. Isso significa que não é possível a curto prazo evitar essas exposições. As modificações que se possam promover para alterar esse quadro no nível global podem consumir décadas para se obter um efeito estabilizador do clima. Portanto, o setor saúde deve tomar medidas e intervenções de "adaptação", para reduzir ao máximo os impactos via ambiente, que de outra maneira serão inevitáveis. Essa adaptação deve começar por: discussões intersetoriais, uma vez que as ações (inclusive de luta contra a emissão de gases e redução do consumo) dos outros setores que afetam as ações do setor saúde; investimento estratégico em programas de proteção da saúde para populações ameaçadas pelas mudanças climáticas e ambientais, como sistemas de vigilância de doenças transmitidas por vetores, suprimento de água e saneamento, bem como a redução do impacto de desastres. Por outro lado, os determinantes das mudanças climáticas globais podem somente ser superados a longo prazo, com medidas de "mitigação". Também nesse caso, o setor saúde pode ter um papel importante. Deve-se ressaltar que o modelo de desenvolvimento e a própria produção de energia causam mudanças climáticas, mas também problemas de saúde através da poluição do ar, que resulta em mais de 800 mil óbitos por ano; acidentes de trânsito, que causam 1,2 milhões de óbitos por ano e a redução da atividade física, que resulta em 1,9 milhões de óbitos por ano. Isto significa que uma mudança na infraestrutura de produção, consumo e circulação pode representar uma redução de emissões de gases efeito estufa, por uma parte, e por outro lado, a diminuição de várias causas importantes de mortalidade.

O mundo vem passando por mudanças que não estão limitadas apenas a aspectos climáticos. Paralelos aos processos de mudanças climáticas, vêm se acelerando a globalização (aumentando a conectividade de pessoas, mercadorias e informação), as mudanças ambientais (alterando ecossistemas, reduzindo a biodiversidade e acumulando no ambiente substâncias tóxicas) e a precarização de sistemas de governo (reduzindo investimentos em saúde, aumentando a dependência de mercados e aumentando as desigualdades sociais). Os riscos associados às mudanças climáticas globais não podem ser avaliados em separado desse contexto. Ao contrário, deve-se ressaltar que os riscos são o produto de perigos e

vulnerabilidades, como costumam ser medidos nas engenharias. Os perigos, no caso das mudanças globais são dados pelas condições ambientais e pela magnitude de eventos. Já as vulnerabilidades são conformadas pelas condições sociais, marcadas pelas desigualdades, as diferentes capacidades de adaptação, resistência e resiliência. Uma estimativa de vulnerabilidade das populações brasileiras apontou o Nordeste como uma região mais sensível a mudanças climáticas devido a baixos índices de desenvolvimento social e econômico (Confalonieri, 2005). Essas avaliações são baseadas no pressuposto de que grupos populacionais com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas. No entanto, como ressalta Guimarães (2005), as populações mais pobres nas cidades e no campo têm demonstrado uma imensa capacidade de adaptação, uma vez que já se encontram excluídas de sistemas técnicos. Se a vulnerabilidade é maior entre pobres, não se pode afirmar que a parcela incluída e mais afluyente da sociedade esteja isenta de riscos, ao contrário, sua capacidade de resposta (imunológica e social) é mais baixa.

A possível expansão de áreas de transmissão de doenças não pode ser compreendida como um regresso de doenças como a malária, febre amarela, dengue, leptospirose, esquistossomose entre outras. Ou melhor, a possibilidade de retorno dessas doenças se dá sobre bases históricas completamente diferentes daquelas existentes no Século XIX. As transformações sociais e tecnológicas ocorridas no mundo nas últimas décadas permitem antever que essas doenças adquiriram, ao longo dessas décadas, outras características, além dos fatores biológicos. A possibilidade de prevenir, diagnosticar e tratar algumas pessoas e excluir outras desses sistemas aprofundou as diferenças regionais e sociais de vulnerabilidades e transformou as desigualdades sociais num importante diferencial de riscos ambientais. Cabe ao setor saúde, não só prevenir esses riscos fornecendo respostas para os impactos causados pelas mudanças ambientais e climáticas, mas atuar na redução de suas vulnerabilidades sociais, através de mudanças no comportamento individual, social e político, por um mundo mais justo e mais saudável.

Referências bibliográficas

- Amaral, S.; Monteiro, A.M.V.; Câmara, G.; Escada, M.I.S.; Aguiar, A.P.D. (2007). Redes e conectividades na estruturação da frente de ocupação do Xingu/Iriri-Pará. *Geografia*, 31(3): 655-675.
- Anderson HR, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS e Strachan DP. (1996) Air pollution and daily mortality in London: 1987-92. *BMJ*, 312 (7032): 665-669.
- Andreae M. O., D. Rosenfeld, P. Artaxo, A. A. Costa, G. P. Frank, K. M. Longo, and M. A. F. Silva-Dias (2004) Smoking rain clouds over the Amazon, *Science*, 303: 1337-1342.
- Andreae, M. O. (1991) Biomass burning: Its history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate, In: *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications*, editado por J. S. Levine, pp. 3-21, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Andreae, M. O. et al. (2002) Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments, *J. Geophys. Res.*, 107(D20): 33-25.

- Andreae, M.O. and Crutzen, P.J. (1997) Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science* 276: 1052-1058.
- Andreae, M.O.; Artaxo, P.; Fischer, H.; Freitas, S. R.. (2001) Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. *Geophysical Research Letters*, 28 (6): 951-954.
- Artaxo P, Gatti LV, Leal AMC, Longo KM, Freitas SR, Lara LL et al. (2005) Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta amaz*, 35(2):185-196.
- Artaxo, P., J. V. Martins, M. A. Yamasoe, A. S. Procópio, T. M. Pauliquevis, M. O. Andreae, P. Guyon, L. V. Gatti, A.M. Cordova Leal. (2002) Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia. *J. Geophys. Res.* 107 (D20): 49.1-49.14.
- Artaxo, P.; Andreae, M. O.; Guenther, A.; Rosenfeld, D. (2001) LBA Atmospheric Chemistry: Unveiling the lively interactions between the biosphere and the Amazonian atmosphere. In: IGBP Global Change Newsletter, LBA Special Issue, 12-15.
- Assunção, R. M., Potter, J. E., Cavenaghi, S. (2002) A Bayesian Space Varying Parameter Model Applied to Estimating Fertility Schedules. *Statistics In Medicine*. Estados Unidos, v.21.
- Assunção, R. M., Reis, I. A., Oliveira, C. L. (2001) Diffusion and Prediction of Leishmaniasis in a Large Metropolitan Area in Brazil: a Bayesian Space-Time Model. *Statistics in Medicine*. 20: 2319 - 2335.
- Barata, R.B. (1998). *Malaria e seu controle*. São Paulo, Hucitec. 153p.
- Barcellos, C., Sabroza, P. C. T. (2001). The Place Behind the Case: Leptospirosis Risks Associated Environmental Conditions in a Flood-Related Outbreak in Rio De Janeiro. *Cadernos de Saúde Pública*. 17(supl.): 1-14.
- Barcellos, C.; Barbosa, K.C.; Pina. M.F.; Magalhães, M.M.A.F.; Paola, J.C.M.D.; Santos, S.M. (1998) Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistema de Informações Geográficas. *Cadernos de Saúde Pública*, 14(3): 597-605.
- Basher, R. e Cane, M. (2002). Climate variability, climate change and malaria. The contextual determinants of malaria. In: E. A. Casman and H. Dowlatabadi. Washington, DC, RFF Press: 189-215.
- Becker, B. (2004). *Amazônia: Geopolítica na virada do III Milênio*. Ed. Garamond. São Paulo.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2005) Inventário Nacional de emissões de gases de efeito estufa.
- Bruce-Chwatt LJ, Zulueta J. (1980) *The rise and fall of malaria in Europe, a Historico-Epidemiological study*. Oxford:Oxford University Press, 1980.
- Bulbovas, P.; Souza.; Silvia, R. Moraes.; R. M , Luizão F; Artaxo, P. (2007) Plântulas de soja 'Tracajá' expostas ao ozônio sob condições controladas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 42(5): 641-646.
- Câmara, G., Monteiro, A. M. V. (2001a) Geocomputation techniques for spatial analysis: Are they relevant for health data? *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: 17(5): 1059 - 1081.
- Câmara, G.; Aguiar, A.P.D.; Escada, M.I.S.; Amaral, S.; Carneiro, T.; Monteiro, A.M.V.; Araújo, R.; Vieira, I.; Becker, B. (2005) Amazon Deforestation Models . *Science*, 307(15): 1043-1044.
- Campbell-Lendrum, D.; Corvalán, C. (2007) Climate Change and Developing-Country Cities: Implications For Environmental Health and Equity. *Journal of Urban Health*. 84(1): 109-117.
- Carvalho, M.S.; Santos, R.S. (2005) Análise de dados espaciais em saúde: métodos, problemas e perspectivas. *Cadernos de Saúde Pública*, 21(2): 361-378.
- Christensen, O.F.; Ribeiro Jr., P.J. (2002) GeoRglm: A package for generalised linear spatial models. *R-NEWS*, Vol 2(2): 26-28. <http://www.maths.lancs.ac.uk/~christen/geoRglm>
- Cifuentes LA, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. (2001) Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico City, and New York City. *Environ Health Perspect.*;109 (Suppl 3):419-425.
- Confalonieri, U., Chame, M., Najjar, A., Chaves, S.A.M., Krug, T, Nobre, C., Miguez, J.D.G., Cortesão, J, Hacon, S. (2002) Mudanças globais e desenvolvimento: importância para a saúde. *Informe Epidemiológico do SUS*, 11(3): 139-154.

- Confalonieri, U.E.C. (2005) Regional climate change and human health in South America. In: P.L.S. Dias, W.C. Ribeiro e L.H. Nunes, *A contribution to understand the regional impact of global change in South America*. USP, São Paulo.
- Correia, V. M. C.; Carvalho, M. S.; Sabroza, P. C.; Vasconcelos, C. (2004) Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. *Cad. Saúde Pública*. 20(4): 891-904.
- Cunningham, C.A.C. e Cavalcanti, I.F.A. (2006) Intraseasonal modes of variability affecting the South Atlantic Convergence Zone. *International Journal of Climatology*, 26 (9): 1165-1180.
- Dessay, N.; Laurent, H.; Machado, L.A.T.; Shimabukuro, Y.E.; Batista, G.T., et al. (2004). Comparative study of the 1982-1983 and 1997-1998 El Nino events over different types of vegetation in South America. *International Journal of Remote Sensing* 25(20): 4063-4077.
- Eck, T.F.; Holben, B.N.; Slutsker, I.; Setzer, A. (1998) Measurements of irradiance attenuation and estimation of aerosol single scattering albedo for biomass burning aerosols in Amazonia. *Journal of Geophysical Research- D: Atmospheres*, 103(24): 31865-31878.
- Epstein, P.R (2000) Is global warming harmful to health? *Scientific American* 283 #2, 50-57
- Escada, M. I. S.; Vieira, I. C. G.; Kampel, S. A.; Araújo, R. ; Veiga, J. B. DA; Aguiar, A.P.D. ; Veiga, I ; Oliveira, M. ; Pereira, J.L.G.; Carneiro Filho, A ; Fearnside, P. M. ; venturieri, A.; Thalês, M. ; Carriello. F ; Carneiro, T.; Monteiro, A.M.V., Câmara, G. (2005). Processo de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia: o interflúvio do Xingu/Iriri.. *Estudos Avançados*, 19: 9-23.
- Escada, M.I.S. (2007). O Avanço do Desmatamento na Amazônia no Contexto das Novas Fronteiras - INPE/GEOMA. *Comunicação Interna*, Seminário Técnico-Científico Avaliação Desmatamento, Anápolis, Agosto..
- Evans, T. P.; Moran, E. (2002). Spatial Integration of Social and Biophysical Factors Related to Landcover Change. *Population and Development Review*, supplement to Vol. 28, pages 165-186.
- Fearnside, P.M. (2006) Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*. Vol 36(3):395-400.
- Fleuret, S; Séchet, R (2004) Géographie sociale et dimension sociale de la santé. Colloque ESO. http://eso.cnrs.fr/evenements/contributions_10_2004/fs.pdf.
- Freitas SR, Longo K et al. (2005) Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. *Environmental Fluid Mechanics*, 5(1-2): 135-167.
- Freitas, S. R. (1999) *Modelagem Numérica do Transporte e das Emissões de Gases Traços e Aerossóis de Queimadas no Cerrado e Floresta Tropical da América do Sul*. Tese de Doutorado em Física Aplicada - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, agosto de 1999. 204 p.
- Freitas, S. R., M. A. F. da Silva Dias, P. L. da Silva Dias, K. M. Longo, P. Artaxo, M. O. Andreae and H. Fischer (2000) A convective kinematic trajectory technique for low-resolution atmospheric models, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 105, No. D19: 24375-24386.
- Gagnon, A.S.; Smoyer-Tomic, K.E. e Bush, A.B.G. (2002). The El Nino Southern Oscillation and malaria epidemics in South America. *International Journal of Biometeorology* 46(2): 81-89.
- Gerten, D.; Schaphoff, S.; Haberlandt, U.; Lucht, W.; Sitch, S. (2004) Terrestrial vegetation and water balance--hydrological evaluation of a dynamic global vegetation model. *Journal of Hydrology*, 286(1-4): 249-270.
- Githeko, A.K.; Lindsay, S.W.; Confalonieri, U.E. e Patz, J.A. (2000) Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization* 78(9): 1136-1147.
- Godoy P, Borrull C, Pala M, Caubet I, Bach P, Nuin C, Espinet L, Torres J, Mirada G. (2003) Brote de gastroenteritis por agua potable de suministro público. *Gaceta Sanitaria*. 17(3):204-209.
- Gouveia N, Freitas C U, Martins L C, Marcilio I O. (2006) Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. *Cad. Saúde Pública*. 22(12): 2669-2677.
- Guenther, A.; Hewitt, C. N.; Erickson, D.; Fall, R.; Geron, C. (1995) A global model of natural volatile organic compound emissions, *Journal of Geophysical Research*, 100: 8873-8892.
- Guimarães, R.B. (2005) Health and global changes in the urban environment. In: P.L.S. Dias, W.C. Ribeiro e L.H. Nunes, *A contribution to understand the regional impact of global change in South America*. USP, São Paulo.

- Guyon, P.; Graham, B.; Roberts, G. C.; Mayol-Bracero, O. L.; Maenhaut, W.; Artaxo, P.; Andreae, M. O. (2004). Sources of optically active aerosol particles over the Amazon forest. *Atmospheric Environment*, 38(7): 1039-1051.
- Hales S. e Woodward A. (2003) Climate change will increase demands on malaria control in Africa. *Lancet*, v.362, n.9398, p.1775.
- Hay, S.I.; Guerra, C.A.; Tatem, A.J.; Noor, A.M. e Snow, R.W. (2004) The global distribution and population at risk of malaria: past, present, and future. *Lancet Infectious Diseases* 4(6): 327-336.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Disponível em www.ibama.gov.br/proarco, Acessado em 22 de outubro de 2007.
- INPE/CPTEC, Instituto de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão do Tempo e Estudo do Clima (2006). El Niño e La Niña. Acesso em: <http://www.cptec.inpe.br/enos/>.
- IPCC (2001a). International Panel on Climate Change. The Science of Climate Change – The Scientific Basis – Contribution of Working Group 1 to the IPCC, The assessment report Cambridge Univ.
- IPCC (2001b) Climate change the scientific basis. In: Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (eds) Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2001:Cambridge, UK, p 881
- IPCC (2007a). International Panel on Climate Change. Acesso em fevereiro de 2007. Disponível em <http://www.ipcc.ch/>
- IPCC (2007b). Climate Change: 2007: the Physical Science Basis. Summary for Policemakers. IPCC WGI Fourth Assessment Report. 18p.
- Jornal da Fapesp (2007) Novo Clima, novo diálogo – por Fábio de Castro - http://www.agencia.fapesp.br/boletim_dentro.php?id=7921
- Kaufman, Y.J.; Hobbs, P.V.; Kirchhoff, V.W.J.H.; Artaxo, P.; Rmer, L.A.; Holben, B.N.; King, M.D.; Ward, D.E.; Prins, E.M.; Longo, K.M.; Mattos, L.F.; Nobre, C.A.; Spinshine, J.D.; Ji, Q.; Thompson, A.M.; Gleason, J.F.; & Tsay, S.C. (1998) Smoke, clouds and radiation (SCAR-B) experiment. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 103(24): 31783-31808.
- Kiladis G.N. e Mo K.C. (1998) Interannual and intraseasonal variability in the Southern Hemisphere. *Meteorology of the Southern Hemisphere*, Meteor Monogr No. 49 Amer Meteor Soc pp 307–336.
- Knorr-Held, L e Richardson, S. (2002); A hierarchical model for space-time surveillance data on meningococcal disease incidence. Technical Report ST-02-01 www.maths.lancs.ac.uk/dept/stats/techrep/techrep02.html
- Kulldorff, M (2001); Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 164(1), 61-72.
- Lee EJ, Schwab KJ. (2005) Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J Water Health*. 3(2):109-127.
- Lioussé, C.; Cachier, H.; Grégoire, J.M.; Penner, J.; Lavoué, D.; Hobbs, P.; Scholes, M.; Barbosa, P.; Andreae M. O.; Artaxo, P. (2004) Deriving global quantitative estimates for spatial and temporal distributions of biomass burning emissions. In: Granier, C.; Artaxo, P.; Reeves, C. (eds). *Emissions of trace gases and aerosols into the atmosphere*, Kluwer Academic Publishers, London.
- Longo KM, Freitas SR, Silva Dias MAF, Dias P. (2006) Numerical modeling developments towards a system suitable to a real time air quality forecast and climate changes studies in South America. *Newsletter of the International Global Atmospheric Chemistry Project*, 33:12-16.
- Marengo, J.A. (2007) Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. MMA, Brasília.
- Martins MC, Fatigati FL, Vespoli TC, et al. (2004) Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. *J Epidemiol Community Health*, 58(1):41-46.
- McMichael, A.J. (1999) From hazard to habitat: rethinking environment and health. *Epidemiology*, 10(4): 460-464.
- McMichael, A.J. (2002) Population, environment, disease, and survival: past patterns, uncertain futures. *Lancet*. 359(9312): 1145-1148.

- McMichael, A.J. (2003) Global climate change and health: an old story writ large, p 1-17. In: McMichael, A.J.; Campbell-Lendrum, D.H.; Corvalan, C.F.; Ebi, K.L.; Githenjo, A.; Scheraga, J.D.; Woodward, A. (eds). *Climate change and human health. Risks and responses*. WHO, Geneva, 322p.
- McMichael, A.J.; Woodruff, R.E.; Hales, S (2006) Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*. 367: 859-869.
- Meuleman, A.F.; Cirkel, G.; Zwolsman, G.J. (2007) When climate change is a fact! Adaptive strategies for drinking water production in a changing natural environment. *Water Science & Technology*. 56(4): 137-144.
- Moreno, A.R. (2006) Climate change and human health in Latin America: drives, effects, and policies. *Environmental Change*, 6: 157-164.
- Mouchet, J.; Carnevale, P.; Coosemans, M.; Julvez, J.; Manguin, S., et al. (2004). *Biodiversité du paludisme dans le monde*. Paris, J. Libbey Eurotext. 428p.
- Mourão, D.S.; Viana, L.; Hacon, S.; Barcellos, C. Impacto das emissões de queimadas para a saúde em duas áreas do Estado de Mato Grosso - Amazônia Legal. In: *XV Reunião Anual de Iniciação Científica*, Rio de Janeiro, 2007.
- Nepstad, D. C., Moreira, A. G. & Alencar, A. A. (1999) A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia. Brasília: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil.
- Nepstad, D., Lefreve, P., Silva U.L., Tomasella J., Schlesinger, P., Solorzano L., Moutinho.P., Rayd., Brnito J.G. (2004) Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global change biology*, 10:704-717.
- Nobre, C.A.; Sampaio, G.; Salazar, L. (2007) Mudanças climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura*, 59(3): 22-27.
- Nordell, B. (2007) Global warming is large-scale thermal energy storage. In: NATO, *Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption Fundamentals, Case Studies and Design*. Springer-Verlag-NATO, p. 75-86.
- Organização Mundial de Saúde - OMS (2004a) *Malaria epidemics: forecasting, prevention, early detection and control: from policy to practice: report of an informal consultation*, Leysin, Switzerland 8-10 December 2004. Geneva: World Health Organization, 48p.
- Organização Mundial de Saúde - OMS (2004b) *Changement climatique et santé humaine - Risques et mesures à prendre*. Résumé. Geneva: Organisation Mondiale de la Santé, 37p.
- Organización Panamericana de la salud (2000). Crónicas de desastres: fenómeno El Niño 1997-1998. Washington.
- Organización Panamericana de la salud (2005) Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud América Latina y el Caribe.
- Pope CA III, Thun MJ, Namboodiri MM et al. (1995) Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. Adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151: 669-674.
- PRODES - Programa de desmatamento da Amazônia – Monitoramento da Floresta amazônica por satélite, INPE/IBAMA (2005) PRODES – Disponível em: www.obt.inpe.br/prodes/index.html, acessado em 10 de outubro de 2007.
- Pruss-Ustun, A.; Corvalan, C. (2006) Ambientes saludables y prevención de enfermedades. OMS.
- Reiter, P. (2001) Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives*. 109: 141-161.
- Reiter, P. (2003). *Réchauffement global : paludisme en Europe ? Comprendre le passé. Prévenir le futur. Changement climatiques, maladies infectieuses et allergiques*, Annales de l'Institut Pasteur/Actualités. Paris, Elsevier. 16: 63-89.
- Reiter, P.; Thomas, C.J.; Atkinson, P.M.; Hay, S.I.; Randolph, S.E., et al. (2004). Global warming and malaria: a call for accuracy. *Lancet Infectious Diseases* 4(6): 323-324.
- Ribeiro .H; Assunção, J.V. (2002) Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos Avançados*. 16(44): 125-148.
- Ribeiro Jr., P.J.; Diggle, P.J. (2001); geoR: A package for geostatistical analysis. *R-NEWS*, Vol 1, No 2, 15-18. ISSN 1609-3631. <http://www.est.ufpr.br/~paulojus/geoR>
- Rogers, D.J.; Randolph, S.E. (2000) *Science*. 289(5485): 1763-1766.
- Rogerson, PA (2001) Monitoring point patterns for the development of space-time clusters. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 164(1), 87-96.

- Rosas I, McCartney HA, Payne RW, et al. (1998) Analysis of the relationships between environmental factors (aeroallergens, air pollution, and weather) and asthma emergency admissions to a hospital in Mexico City. *Allergy*. 53(4):394-401.
- Rumel D, Riedel LF, Latorre MR, Duncan BB. (1993) Myocardial infarct and cerebral vascular disorders associated with high temperature and carbon monoxide in a metropolitan area of southeastern Brazil. *Rev Saude Publica*: 27(1):15-22.
- Saldiva PH, Lichtenfels AJ, Paiva PS, Barone IA, Martins MA, Massad E et al. (1994) Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in Sao Paulo, Brazil: a preliminary report. *Environ Res*: 65(2): 218-225.
- Sampaio, G. (2001) O El Niño e Você - o fenômeno Climático. 1. ed. São José dos Campos - SP: Transtec Editorial, v. 2000. 116 p
- Santos Júnior; R.A.O. (2001) The drug trade, the black economy and society in Western Amazonia. *International Social Science Journal*, EUA, v. 169.
- Santos Júnior; R.A.O.; Léna, P.M.; Geffray, C. (1996). Avant-Propos', in L'oppression Paternaliste au Brésil. *Lusotopie*, Paris, v. 3.
- Sari Kovats, R. (2000). El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9): 1127-1135.
- Semenza JC, Roberts L, Henderson A, Bogan J, Rubin CH. (1998) Water distribution system and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *Am J Trop Med Hyg*. 59(6):941-946.
- Shimakura, S. E., Carvalho, M. S., Aertz, D., Flores, R. (2001); Distribuição espacial do risco: modelagem da mortalidade infantil em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: , v.17, n.5, p.1251 – 1261.
- Soares-Filho, B. S.; Nepstad, D.; Curran, L.; Cerqueira, G.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Voll, E.; Mcgrath, D. (2005) Cenários de desmatamento para Amazônia . *Estudos Avançados*, São Paulo, 19(54): 138-152.
- Tanser F.C.; Sharp B. e Le Sueur D. (2003) Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa. *Lancet*, v.362, n.9398, p.1792-1798.
- Tauil, P.L. (2002) Controle de doenças transmitidas por vetores no sistema único de saúde. *Informe Epidemiológico SUS*, vol.11, n.2, p.59-60
- Thomson, M.C.; Abayomi, K.; Barnston, A.G.; Levy, M. e Dilley, M. (2003). El Nino and drought in southern Africa. *Lancet* 361(9355): 437-438.
- Trenberth, K.E. (1997). The definition of El Nino. *Bulletin of the American Meteorological Society* . 78(12): 2771-2777.
- United States Department of State (2007) U.S. Climate Action Report, Washington, D.C.
- Werneck, G. L, Rodrigues, L. Jr, Araújo, L. B, Santos, M. V, Moura, L.S, Lima, S.S, Gomes, R.B.B, Maguire, J.H, Costa, C.H.N. (2002) The burden of Leishmania chagasi infection during an urban outbreak of visceral leishmaniasis in Brazil. *Acta Tropica*, 83(1): 13-18.
- WHO (1990) Potential health effects of climatic change - Report of a WHO Task Group, Doc. WHO/PEP/90.10.
- WHO (2005) Using Climate to predict infectious disease epidemics. Kuhn, K; Campbell-Lendrum, D; Haines, A; Cox, J.
- Winston G, Lerman S, Goldberger S, Collins M, Leventhal A. (2003) A tap water turbidity crisis in Tel Aviv, Israel, due to technical failure: toxicological and risk management issues. *Int J Hyg Environ Health*. 206(3):193-200.
- Yamasde, E., M.A.; Artaxo, P.; Miguel, A.H. & Allen, A.G. (2000) Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, 34: 1641-1653.
- Zamorano A, Marquez S, Aranguis JL, Bedregal P, Sanchez I. (2003) Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. *Rev Med Chil*: 131(10):1117-1122.