

CAPÍTULO 5

Saúde

Sandra Hacon¹
Christovam Barcellos¹
Diego Ricardo Xavier¹
Renata Gracie¹
Beatriz Fátima Alves de Oliveira¹
Paulo Artaxo²
Eliane Ignotti³

Resumo

Impactos das mudanças climáticas já são observados no Brasil em alguns setores. As pesquisas recentes indicam que as diferentes regiões do país apresentam registros de efeitos adversos à saúde humana, principalmente em populações vulneráveis, marcadas pelas desigualdades sociais. As doenças de veiculação hídrica relacionadas à crise de abastecimento de água apontam o aumento da diarreia infantil nas regiões Norte e Nordeste. Outros resultados que apresentaram evidência no desenvolvimento do projeto INCT para Mudanças Climáticas foram os impactos na mortalidade geral devido a eventos climáticos extremos, como enchentes e secas, e as doenças transmitidas por vetores, como dengue e malária; o incremento da morbidade por doenças respiratórias associadas aos efeitos sinérgicos da interação da poluição do ar com os fatores meteorológicos; e o aumento da mortalidade de idosos por doenças cardiovasculares relacionadas aos extremos de temperatura. A partir do projeto INCT para Mudanças Climáticas, o subprojeto Saúde teve a oportunidade de ampliar o escopo do Observatório de Clima e Saúde e desenvolver aplicativos para a integração e disseminação de dados sobre clima, ambiente, população e saúde no Brasil.

1 Fundação Oswaldo Cruz

2 Universidade de São Paulo

3 Universidade do Estado de Mato Grosso

A disponibilização de dados e informações permite que o usuário obtenha resultados de indicadores e riscos das mudanças climáticas para a saúde dos brasileiros. O observatório também contribuiu para a estrutura de um sistema de alertas sobre eventos extremos, de modo a subsidiar os tomadores de decisão no planejamento de ações proativas e preventivas. As abordagens metodológicas para avaliação e análise de dados de saúde e das projeções dos cenários climáticos ainda necessitam avançar no desenvolvimento de modelos de impacto e vulnerabilidade que contemplem a dinâmica social considerando diferentes escalas territoriais (macrorregiões, estados e municípios). O projeto também contribuiu de forma significativa para a formação de mestres e doutores, com a inserção de instituições nacionais e internacionais nos projetos, e para avanços nas parcerias internacionais.

Introdução

A discussão do tema mudanças climáticas teve início em nível internacional a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em junho de 1972 em Estocolmo. Nessa época, os governantes, as comunidades científicas e a população mundial desconheciam os riscos globais para a humanidade. A partir da criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em 1988 (<http://ipcc.ch/>), no âmbito das Nações Unidas (ONU), por iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM), os governantes, sociedades científicas, organizações não governamentais e uma pequena parcela da população mundial passaram a conhecer o tema, que foi internalizado pelas esferas governamentais nacionais e internacionais na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em junho de 1992, no Rio de Janeiro (RJ). Nessa mesma data foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

Na saúde humana, as mudanças climáticas podem produzir impactos sobre a saúde humana por diferentes vias. Por um lado, impactam 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 mudanças no ambiente, como a alteração de ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos, que podem modificar a distribuição de doenças vetoriais, de veiculação hídrica e as associadas ao

aumento da poluição do ar. Apesar de didaticamente classificados, os impactos das alterações climáticas na saúde humana são complexos e, muitas vezes, multifatoriais e não lineares. Portanto, poderão ser potencializados ou minimizados em função das características dos determinantes individuais e coletivos inerentes a uma determinada organização social e de suas inter-relações.

A maioria dos estudos sobre os potenciais impactos à saúde associados às mudanças climáticas considerou cenário de risco de aquecimento menor ou igual a 2°C. Essa projeção otimista ainda não apresenta elementos confirmatórios, considerando os resultados das políticas de emissões adotadas até o presente. Os modelos climáticos indicam que, para o período de 2081-2100, o aumento da temperatura média global está estimado entre 0,3°C e 4,8°C em relação ao período de referência, de 1986 a 2005, a depender da trajetória de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (IPCC, 2013). Considerando as incertezas associadas às mudanças econômicas, ambientais, sociais, demográficas e geopolíticas, alguns países, incluindo áreas do território brasileiro, poderão experimentar um aumento de 4°C até 7°C na temperatura para aqueles cenários de mais altas emissões de GEE, o que poderá acarretar novas doenças e exacerbações de outras existentes no cenário atual (IPCC, 2014). Se as emissões de gases de efeito estufa continuarem nas suas atuais proporções, o planeta estará caminhando em direção a um aquecimento médio global de mais de 3°C, com 20% de chances de atingir um valor de 4°C próximo ao final deste século (World Bank, 2012).

Entre os vários acordos assinados no âmbito da UNFCCC, está o comprometimento científico de “promover e cooperar em pesquisas científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e outras, em observações sistemáticas e no desenvolvimento de bancos de dados relativos ao sistema climático”. O Brasil vem fazendo a sua parte, por meio de várias iniciativas, incluindo o programa dos institutos nacionais de ciência e tecnologia em áreas estratégicas, entre elas, mudanças climáticas.

A partir do INCT para Mudanças Climáticas, o subprojeto Saúde, coordenado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), teve a oportunidade de compartilhar e expandir o Observatório de Clima e Saúde; ampliar conceitos (Freitas et al., 2011); desenvolver estudos de vulnerabilidade, bem como aperfeiçoar metodologias integradas de projeção de impactos das mudanças climáticas para a saúde humana, considerando diferentes escalas territoriais (macrorregiões, estados e municípios); avançar em estudos de

projeções climáticas e impactos à saúde; estudar efeitos sinérgicos para a saúde humana entre as interações de aumento da temperatura e a poluição atmosférica; e desenvolver os primeiros estudos sobre os efeitos derivados da queima de biomassa na Amazônia ao nível celular e molecular, entre outras contribuições. Também permitiu integrar de forma multi e interdisciplinar a temática da saúde pública e mudanças climáticas na formação de mestres e doutores, com a inserção de instituições nacionais e internacionais, assim como avançar nas parcerias com instituições internacionais.

Entre as várias atividades do subprojeto Saúde, a estruturação do Observatório de Clima e Saúde, em parceria com o Ministério da Saúde e a Organização Panamericana da Saúde, tem como iniciativas a conscientização e a mobilização da sociedade para a discussão e tomada de decisão sobre os problemas decorrentes das mudanças climáticas, assim como a integração de várias áreas do conhecimento, facilitando o acesso à informação para toda a sociedade. O projeto desenvolveu aplicativos e um site para a constituição de um Observatório de Clima e Saúde (www.climasaude.icict.fiocruz.br), voltado para a integração e disseminação de dados sobre clima, ambiente, população e saúde no Brasil numa plataforma de livre acesso, com o objetivo de subsidiar pesquisas e o monitoramento dos efeitos das mudanças ambientais e climáticas sobre a saúde (Jancloues et al., 2014).

A disponibilização de dados e informações permite que o usuário obtenha resultados de indicadores, riscos e impactos das mudanças climáticas para a saúde dos brasileiros. O observatório também permite estruturar um sistema de alertas sobre eventos extremos, definindo ações proativas e preventivas que possam subsidiar os tomadores de decisão de forma antecipada.

Contexto do subprojeto

O suprojeto Saúde foi composto por vários outros subprojetos, contemplando geograficamente o território nacional, com ênfase nas regiões Centro-Oeste e Norte, principalmente a Amazônia, e com foco em grupos vulneráveis. O projeto se desenvolveu em cinco linhas de pesquisa, compreendendo o contexto da vulnerabilidade socioeconômica e de acesso aos serviços de saúde; avanços nas metodologias de avaliação de impactos qualitativos de doenças respiratórias e cardiovasculares causadas por variações sazonais de temperatura e precipitação, e aquelas exacerbadas

pelos efeitos sinérgicos da interação da poluição do ar e de fatores meteorológicos; doenças de veiculação hídrica relacionadas à crise de abastecimento de água, assim como nos estudos dos impactos na mortalidade geral devido a eventos climáticos extremos, como enchentes e secas e as doenças transmitidas por vetores, como dengue e malária.

Estudos recentes observaram como possíveis efeitos das mudanças ambientais globais e climáticas sobre a saúde o agravamento da incidência de problemas de saúde existentes, se mantidos seus padrões socioepidemiológicos (Gonçalves et al., 2016); estimativas do incremento percentual de mortes por doenças cardiopulmonares para 18 capitais brasileiras, de acordo com os cenários climáticos RCP 4.5 e 8.5 (Oliveira et al., 2017); a dispersão espacial de algumas doenças para novas áreas receptivas e vulneráveis; e a emergência de novas doenças, principalmente em relação às arboviroses, como zika, dengue e chikungunya (Barcellos & Lowe, 2013).

Os estudos desenvolvidos no âmbito INCT para Mudanças Climáticas evidenciam a necessidade de aperfeiçoamento de sistemas de vigilância em saúde com novas tecnologias, capazes de detectar, diagnosticar de forma precoce e tratar agravos à saúde inusitados, ou fora dos padrões atuais de transmissão. Nesse sentido, o projeto procurou desenvolver estudos sobre a situação atual de algumas doenças sensíveis ao clima (DSC) e identificar fatores climáticos e ambientais que podem promover uma mudança nesse quadro (Barcellos et al., 2009).

Os impactos das mudanças climáticas sobre a saúde podem se dar por diferentes formas e caminhos. Raramente se pode dizer que esses impactos são resultado direto e linear do aumento da temperatura. Vários outros fatores podem causar ou agravar esses efeitos. Este projeto procurou mostrar como o clima altera as condições de saúde, mais especificamente:

- Que problemas de saúde podem surgir ou ser agravados com as mudanças climáticas;
- Que outros fatores sociais e ambientais estão relacionados às causas dessas doenças;
- Como essas doenças podem progredir nos próximos anos, devido às projeções das mudanças climáticas.

Para isso, foi preciso reunir e analisar um grande número de dados e informações que permitiram compreender a situação da saúde da população, suas vulnerabilidades socioambientais e socioeconômicas, analisar o

risco climático e seus impactos para diferentes grupos etários, e subsidiar os gestores com dados, informações e ferramentas que possam contribuir com ações proativas e fundamentação para as políticas públicas de Clima e Saúde.

Amazônia, saúde e as mudanças climáticas

Nas últimas décadas, os estudos sobre os impactos do aumento da temperatura na saúde humana têm se concentrado em estudos de casos retrospectivos, como os impactos na mortalidade causados pelas ondas de calor que atingiram a Europa em 2003 e a Rússia em 2010 (Robine et al., 2008; Matsueda, 2011), e estudos de avaliação da relação exposição-resposta, com estabelecimento do risco relativo entre temperatura e diversos desfechos na saúde, sobretudo na mortalidade geral (Kingsley et al., 2015, Gasparini et al., 2015). Muitos desses estudos têm procurado estabelecer os limiares de temperatura a partir dos quais se iniciam os efeitos em desfechos de morbimortalidade, seja em condições extremas de calor ou frio. Tanto os valores de risco relativo quanto os limiares de temperatura vêm sendo usados na quantificação dos impactos das mudanças climáticas por meio da estimativa do excesso de mortes ou internações hospitalares em diferentes cenários de mudanças climáticas (Wu et al., 2014; Huynen & Martens, 2015; Kingsley et al., 2015). No Brasil, os primeiros estudos sobre saúde e as projeções climáticas foram desenvolvidos no âmbito do INCT para Mudanças Climáticas (Hacon et al., 2016).

Outros estudos buscaram relacionar as mudanças climáticas e a poluição atmosférica (Hacon et al., 2016), tendo como foco os efeitos do ozônio, do material particulado e da temperatura (Jacob, Winner, 2009; Doherty et al., 2009) em diversos estudos sobre poluentes e efeitos na saúde humana (Gouveia et al., 2006; Ignotti et al., 2010). Esses fatores, no entanto, não atuam de forma isolada, isto é, possuem efeitos sinérgicos sobre os organismos, e muitas vezes provêm de fontes de emissão em comum. A temperatura, nesse caso, atua como uma variável que interage com as demais (fator de confusão), potencializando os efeitos da poluição sobre a saúde, e é controlada por meio de técnicas estatísticas multivariadas. O caso das queimadas na Amazônia foi estudado no âmbito do INCT para Mudanças Climáticas - a interação entre estiagem, queimadas, poluição atmosférica e aumento de temperatura (Rodrigues et al., 2016).

Na Amazônia, o aumento das concentrações de material particulado da queima de biomassa e seus efeitos na saúde estão sendo estudados nos grupos mais vulneráveis, como as crianças e os idosos (Ignotti et al., 2010; Oliveira et al., 2012; Smith et al., 2014), de modo a contribuir com as políticas públicas de adaptação e seu monitoramento. Na medida em que se avança para a elevação da temperatura de 3°C ou mais para algumas regiões do Brasil, e concomitante aumento da ocorrência de secas intensas, tende-se a aumentar ainda mais o risco da exposição a poluentes atmosféricos, principalmente o material particulado e o ozônio, decorrentes da queima de biomassa.

Apesar da extensa literatura disponível sobre a relação saúde e poluição atmosférica em centros urbanos no Brasil, especialmente das regiões Sudeste e Sul, até 2008 poucos estudos abordavam os efeitos da fumaça oriunda da queima de biomassa para a saúde pública na região amazônica. A partir do projeto INCT para Mudanças Climáticas, parcerias nacionais e internacionais com o Laboratório de Física Atmosférica da Universidade de São Paulo, a Universidade Estadual de Mato Grosso, a Universidade de Rondônia, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Departamento de Genética e Biologia Celular), a Universidade Federal de Mato Grosso, a Universidade do Estado do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC e DPI), a Universidade de Exeter, a Universidade de Basel, e o Instituto Tropical e Saúde Pública da Suíça permitiram o desenvolvimento de um conjunto de estudos sobre os efeitos das queimadas e fatores meteorológicos para a saúde da população da região Norte e Centro-Oeste do país. Esse recorte geográfico teve como objetivo estudar os impactos sinérgicos das queimadas, considerando a sazonalidade das regiões e os parâmetros meteorológicos para a saúde humana no Arco do Desmatamento.

Os estudos sobre os impactos das queimadas na saúde humana e suas relações com a sazonalidade tiveram início na região do Arco do Desmatamento em 2009, analisando a relação da mortalidade e morbidade de doenças respiratórias e cardiovasculares em grupos etários mais vulneráveis (crianças e idosos). Esses estudos inicialmente tiveram caráter retrospectivo, descritivo e exploratório, mostrando os efeitos de variações sazonais e espaciais na distribuição de determinados indicadores de morbimortalidade. Contribuíram para o entendimento do incremento dos efeitos da exposição à poluição gerada pela queima de biomassa, evidenciando que

a taxa de internação por doenças respiratórias nesses grupos alcançava valores três vezes maiores no período da seca quando comparada ao período chuvoso na Amazônia.

Os resultados indicaram que os estados de Rondônia e Mato Grosso foram os mais impactados pelos efeitos sinérgicos das queimadas e a seca na Amazônia brasileira (Ignotti et al., 2010; Pereira et al., 2011; Andrade Filho et al., 2012 e 2013; Barros et al., 2013; Gonçalves et al., 2013; Nunes et al., 2013; Rodrigues et al., 2013; Silva et al., 2014; Jacobson et al., 2014). Os estudos no âmbito do INCT para Mudanças Climáticas permitiram conhecer os mecanismos genéticos de proteção e predição dos efeitos da exposição ao material particulado oriundo das queimadas na Amazônia, em relação às doenças respiratórias com evidências de efeitos de estresse oxidativo e respostas inflamatórias usando células de pulmão (A549) (Alves et al., 2011 e 2014). Um estudo mais recente evidenciou que o Reteno, um marcador de queimadas na Amazônia, presente no PM10, causa dano ao nível do DNA e morte celular mesmo em baixas concentrações no material particulado (Alves et al., 2016).

Os estudos na região do Arco do Desmatamento se ampliaram, incluindo doenças transmissíveis e as vulnerabilidades socioambientais. O projeto desenvolveu um trabalho de mapeamento de vulnerabilidade e impactos para os municípios brasileiros no contexto da Terceira Comunicação Nacional para a UNFCCC. Nesse estudo foram construídos índices de vulnerabilidade socioeconômica, associada ao acesso a serviços de saúde e ambiental em nível municipal. Além disso, a abordagem de carga de doença foi aplicada para quantificar o impacto do aumento da temperatura e da ocorrência de ondas de calor na mortalidade geral, doenças respiratórias e diarreia. Os resultados preliminares foram suficientes para identificação de áreas mais vulneráveis e sob maior risco climático. Porém, apesar das informações sobre exposição climática serem refinadas e mais específicas, os riscos relativos aplicados foram aqueles sugeridos para uma avaliação mais geral, e não levam em conta a complexidade do contexto de vulnerabilidade da população brasileira (Hacon et al., 2016).

Estudos de algumas doenças transmissíveis, condições sociais e desmatamento na Amazônia brasileira evidenciaram que a hanseníase está associada aos indicadores de condições de vida e à ocupação do território. O estudo indica que o desmatamento e, conseqüentemente, a mudança no uso da terra, exercem papel importante na transmissão e manutenção da hanseníase no território (Xavier et al., 2010).

As grandes cidades da região, como Rio Branco (AC), enfrentam ameaças do efeito de ilha de calor urbano, juntamente com o aumento de temperatura e mudança no padrão de precipitação. Esses fatores combinados podem elevar o nível de infestação pelos mosquitos transmissores de dengue (*Aedes aegypti*) e, conseqüentemente, da incidência de dengue (Horta et al., 2014). Outros estudos sobre a influência de fatores climáticos em níveis local e regional ainda são necessários para a análise tanto dos padrões de distribuição temporal e espacial dos vetores, quanto da influência da dinâmica de transmissão da dengue e outras doenças vetoriais.

O efeito combinado de padrões de uso do solo e clima pode influir na transmissão da malária, tanto pelo desmatamento, quanto pela extração seletiva de madeira, queimadas, urbanização e construção de estradas na região. Esses indicadores foram calculados para cada município da Amazônia Legal e foi verificada a sua associação com a incidência de malária (contagem de casos), usando uma regressão binomial negativa, controlada pela população. Tanto a presença de estradas pavimentadas ou não pavimentadas quanto as queimadas aumentaram o risco de transmissão, enquanto a extração seletiva de madeira apresentou tendência de redução dos riscos de malária. Esses resultados mostram a importância da regulação e monitoramento de todos os tipos de desmatamento que vêm sendo empreendidos nas áreas de ocupação recente da Amazônia, incluindo o desmatamento seletivo e localizado, produzido por garimpos, assentamentos, pequenas áreas de exploração de madeira, onde podem ocorrer maiores perturbações no uso do solo, com graves conseqüências sobre a transmissão de malária (Hahn et al., 2014).

A equipe de pesquisadores do Observatório do Clima, associada a pesquisadores estrangeiros, atuou na polêmica levantada por um artigo na revista PLOS (Valle, D, Clark J. *Conservation efforts may increase malaria burden in the Brazilian Amazon*. Eisele T., ed. PLoS ONE. 2013;8(3):e57519) afirmando que a existência de áreas protegidas da Amazônia brasileira poderiam agravar as condições de transmissão de malária na região. A disseminação desse tipo de afirmação pode incentivar iniciativas de desmatamento e desregulação do controle ambiental da região, além de não contribuir para o controle da malária. A resposta foi preparada por pesquisadores ligados ao INCT para Mudanças Climáticas, em conjunto com a Universidade de Wisconsin (EUA) (Hahn et al., 2013) e mostrou que a metodologia empregada pelo primeiro grupo de pesquisadores era tendenciosa e sobrevalorizou o

papel das áreas de preservação na transmissão da malária. O novo estudo do grupo do Observatório mostrou que as periferias urbanas, áreas de ocupação recente, de garimpo, novas estradas e territórios indígenas são hoje os maiores responsáveis pela permanência da transmissão de malária e que estes se localizam próximos às áreas protegidas.

Estudos na escala nacional - interações Clima-Saúde

Os eventos extremos hidrometeorológicos e climáticos afetam a dinâmica das doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose, as hepatites virais e as doenças diarreicas, como a gastroenterite. Essas doenças podem se agravar com alterações na temperatura, na umidade e no regime de chuvas com as enchentes ou secas, e alterar o transporte de microrganismos, a emissão de poluentes e, conseqüentemente, afetar a saúde humana. Outro impacto indireto relacionado com as doenças de veiculação hídrica provém da qualidade e do acesso à água e dos fatores de higiene pessoal. As doenças respiratórias e cardiovasculares também podem ser influenciadas por eventos extremos que acelerem o processo de queimadas de vegetação, exacerbação da poluição do ar em áreas urbanas e de queima de biomassa, como na Amazônia. Além disso, situações de desnutrição podem ser ocasionadas por perdas na agricultura, principalmente a de subsistência, devido às geadas, ciclones, vendavais, secas e cheias e outros eventos climáticos extremos.

Os desastres naturais de origem em extremos climáticos produzem efeitos diretos e indiretos sobre a saúde humana e são, em geral, registrados nos sistemas de informação da Defesa Civil, que relatam os números de vítimas imediatas. No entanto, diversos problemas de saúde podem ocorrer ao longo de meses depois desses desastres e são dificilmente monitorados e mensurados. O projeto investigou o estudo de caso de municípios atingidos pela enchente de novembro de 2008 no estado de Santa Catarina. As informações sobre o estudo de caso geradas por diferentes fontes de disseminação de dados, suas contradições e suas semelhanças, bem como sobre os reflexos do desastre nos sistemas de saúde, foram recuperadas e analisadas no contexto da saúde pública. Os resultados identificaram discordâncias nas informações divulgadas pela Defesa Civil, fontes da imprensa e nos registros de mortalidade segundo o Sistema provido pelo DATASUS. Diversas causas de internação e de óbito tiveram sua frequência significativamente

elevada alguns meses após as enchentes de Santa Catarina em novembro de 2008, como a leptospirose, acidentes vasculares-cerebrais (AVC), quedas e outros acidentes, e as doenças transmissíveis em geral (Xavier et al., 2014). Esses agravos devem ser foco de políticas específicas, já que não fazem parte da rotina de avaliação de danos dos desastres naturais e podem passar despercebidos pelos sistemas de alerta e vigilância em saúde.

A relação entre a ocorrência de eventos climáticos extremos, desastres e efeitos sobre a saúde foi estudada usando dados combinados do Relatório de Avaliação de Danos (AVADAN) do ano 2000 a 2010, disponibilizados pela Defesa Civil (Freitas et al., 2014). Esses relatórios, que continham 10.001 registros inicialmente organizados em formulários, foram georreferenciados segundo o município de ocorrência, fornecido pelos instrumentos de avaliação de danos. Foi criado um sistema de disseminação de dados individuais dos desastres naturais, de análise espacial do conjunto de desastres por tipologia, e de visualização em forma de mapas. Além disso, esses dados foram relacionados com registros de notificação de doenças (SINAN) e mortalidade (SIM) (Xavier et al., 2014). A Figura 1 mostra a distribuição de número de eventos e de óbitos relacionados a eventos climáticos extremos causados por chuvas intensas (deslizamentos, inundações bruscas e graduais) no Brasil de 2000 a 2011, que foi obtida com base nos dados do AVADAN, consolidados no âmbito do INCT para Mudanças Climáticas.

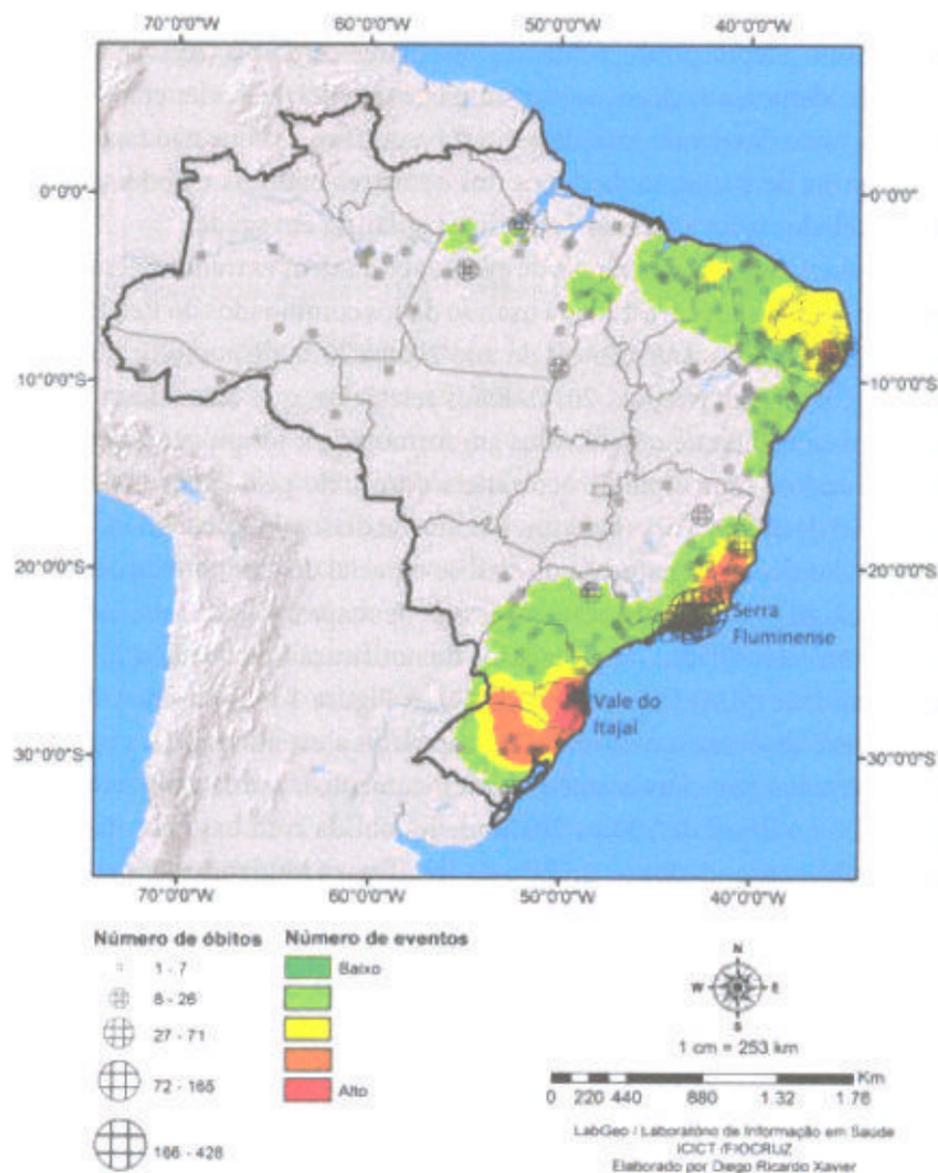


Figura 1 - Áreas de concentração de deslizamentos, inundações bruscas e graduais e número de óbitos relacionados de 2000 a 2011 (AVADAN, consolidado pelo Observatório de Clima e Saúde. www.climasaude.icict.fiocruz.br).

No Brasil, o maior número de eventos é observado nas secas, com 49% do total registrado. Em seguida, são observadas as inundações bruscas, com 31%. O percentual de afetados também é maior em eventos de secas, com 52% dos afetados; as inundações bruscas apresentam cerca de 28%; nas inundações graduais e em causas eólicas ocorre um maior percentual de

afetados em um menor número de eventos. Apesar de um número menor de eventos em comparação com as demais causas, a média de atingidos pelos deslizamentos é a maior observada, com mais de 115 mil pessoas afetadas em cada desastre (Freitas et al., 2014).

Mais recentemente, estão sendo estudados os efeitos da seca prolongada sobre a saúde da população. Esse projeto, que conta com a participação da Universidade de Columbia (IRI), dos Estados Unidos, e financiamento do CNPq, trata e disponibiliza dados da NASA sobre as condições de clima e vegetação. A região Nordeste e particularmente a área do semiárido brasileiro têm registrado eventos acumulados de seca e estiagem, cujo efeito é magnificado pela maior vulnerabilidade da população e do território (Sena et al., 2106). A ocorrência de grandes surtos de diarreia nessa região, investigada no âmbito do projeto, em cooperação com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e do Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (CEPEDES), mostrou o efeito combinado de uma crise hídrica, provocada por um evento climático extremo, em conjunto com a precariedade dos sistemas de abastecimento de água e as condições gerais de vida da população (Rufino et al., 2016). A Figura 2 mostra as possíveis interações entre esses fatores e como são registrados os eventos de saúde.



Figura 2 - Fluxo de relações causais entre seca e efeitos sobre a saúde. Em vermelho são destacados os eventos de saúde que são registrados em sistemas de informação.

No caso da dengue, foi elaborado um modelo de previsão de surtos, usando como dados de entrada algumas variáveis meteorológicas de modelos de previsão, como temperatura e precipitação acumuladas, bem como uma série histórica recente de casos de dengue por município. O modelo permitiu a criação de um sistema de alerta precoce que foi utilizado para prever o risco de epidemias durante a Copa do Mundo de futebol de 2014, nas 12 cidades onde houve jogos (Lowe et al., 2014). O sistema é acoplado a modelos de previsão climática em desenvolvimento pelo INPE e podem gerar alertas com antecedência de três meses (Lowe et al., 2016).

Foi realizado estudo sobre a difusão e extensão atual da área de transmissão de dengue no Brasil (Figura 3). Foram adotadas medidas de intensidade, permanência e temporalidade de casos de dengue para verificar a expansão dessa área de transmissão. Esses indicadores foram georreferenciados usando as coordenadas das cidades (sedes dos 5.507 municípios existentes em 2000) e usados para construir mapas e sobrepor camadas de dados em ambiente SIG. Os indicadores espaciais foram interpolados usando a técnica de *kriging*.

Foi reconhecida uma relação entre padrões temporais e espaciais de difusão de dengue no Brasil. Os picos de transmissão (no tempo) correspondem a pulsos invasivos (no espaço) da doença. Esses pulsos podem atingir áreas distantes e ser mais agressivos, isto é, provocar maior incidência que em áreas onde os vírus não circulavam, já que alcançam populações suscetíveis. A concentração de cidades com surtos verificada ao longo da franja de transição entre climas pode representar o maior risco que correm essas cidades, antes isoladas de circuitos de circulação dos vírus (Barcellos & Lowe, 2013).



Figura 3 – Expansão da área de transmissão de dengue no Brasil, de 2001 a 2012.

Estudos sobre os impactos do aumento da mortalidade na saúde humana mostram que a mortalidade associada ao aumento da temperatura será um dos impactos mais prováveis no setor de saúde até o final do século. Considerando os cenários climáticos RCP 4.5 e 8.5 do IPCC AR5 e com base nas recentes publicações sobre limiares de temperatura a partir dos quais se observam aumento da mortalidade para 18 capitais brasileiras (Guo et al., 2014; Gasparrini et al., 2015), alguns municípios dos estados do Rio Grande do Norte, Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná poderão ter um aumento da temperatura superior a 4°C em relação ao limiar de temperatura para o cenário RCP 4.5 no período de 2071-2099. Esse aumento poderá ser mais acentuado para o cenário RCP 8.5, no qual a maior parte das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte poderá apresentar aumento superior a 4°C na temperatura média em relação aos limiares de temperatura estabelecidos (Figura 4) (Oliveira et al., 2017).

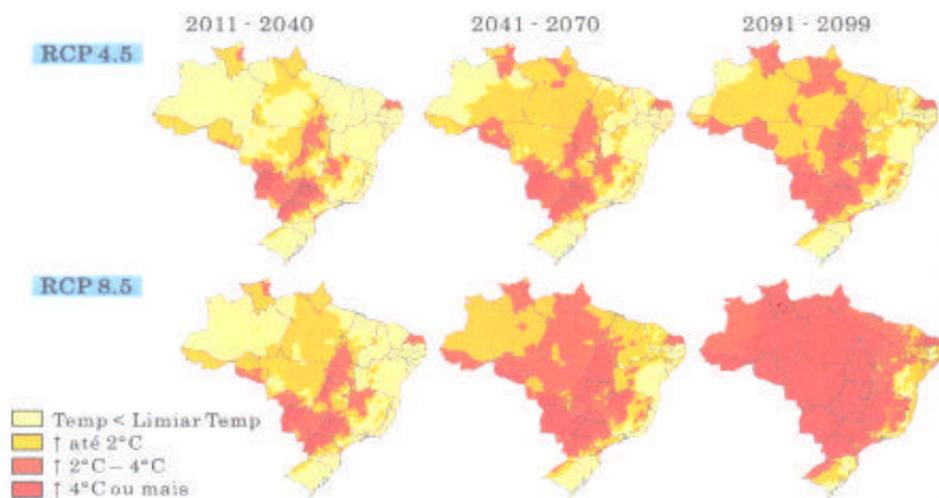


Figura 4 – Identificação de áreas de alto risco para mortalidade geral considerando o aumento da temperatura em relação ao limiar de temperatura estabelecido por Gasparrini et al. (2015), segundo cenários climáticos RCP 4.5 e RCP 8.5 para janelas de tempo 2011-2040; 2041-2070 e 2071-2099.

A importância de sítios sentinelas para alertas

O conhecimento e as técnicas adquiridos ao longo do projeto foram usados para a construção do sítio sentinela de Manaus (AM), que acompanha a variação do nível do rio Negro e a incidência de doenças. Foi demonstrado, através de análises estatísticas de séries temporais, que as alterações de nível do rio são percebidas e assimiladas pelos habitantes locais, desde que essas variações ocorram dentro de uma faixa que não comprometa o funcionamento dos sistemas de transporte, de suprimento de água e alimentos, e do esgotamento sanitário (Barcellos et al., 2015). Ou seja, há uma adaptação natural espontânea da população local. Esses dados e modelos foram interpretados por técnicos, pesquisadores e representantes da sociedade civil de Manaus, o que permitiu não só a validação das informações como a obtenção de dados complementares sobre as condições de vulnerabilidade locais, o que seria impossível de se obter por meio de dados secundários.

Na região de fronteira entre o estado do Amapá e a Guiana Francesa, está sendo construído um sítio sentinela para a vigilância de doenças transmitidas por vetores, como a malária, dengue, zika e chikungunya.

Essas doenças convivem atualmente na região e são potencializadas pelas mudanças socioambientais recentes, juntamente com a intensa mobilidade de trabalhadores pela área de fronteira. O projeto vem sendo apoiado pela agência de fomento à pesquisa do Amapá (FAPEAP) e o Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD-França) (Roux et al., 2014). Esse sítio sentinela tem propiciado estudos sobre a relação entre o uso do solo e condições de habitação com a incidência de malária (Stefani et al., 2013).

Atuação do projeto na formulação de políticas sobre clima e saúde

O desenvolvimento de estudos e pesquisas e a implantação do Observatório de Clima e Saúde contribuíram de forma significativa para as políticas públicas, resultando no Grupo Técnico de Clima e Saúde para subsidiar o Grupo Interministerial no desenvolvimento do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), instituído em 10 de maio de 2016 por meio da Portaria nº 150.

O subprojeto Saúde contribuiu diretamente para a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) brasileira, por meio dos estudos para a Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). O relatório nacional apresenta uma projeção dos impactos climáticos para a saúde dos brasileiros considerando os cenários RCP 4.5 e 8.5 do IPCC até o final do século XXI.

Formação de recursos humanos no âmbito do subprojeto Saúde

Em relação à formação de recursos humanos, os estudos realizados com abrangência geográfica em todo o território nacional e com parcerias nacionais e internacionais avançaram no sentido de ampliar discussões sobre a temática das mudanças climáticas e saúde, sensibilizar profissionais de várias outras áreas do conhecimento e inovar disciplinas em cursos de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado, a partir de estudos de casos desenvolvidos em diferentes biomas e regiões do Brasil. Um exemplo é o curso internacional de modelagem de dados sobre clima e saúde, que em 2016 completou sua quarta edição anual. O curso conta com professores da Fiocruz, Universidade de Columbia (EUA) e de Exeter (Reino Unido)

e alunos de diversos programas de pós-graduação do Brasil e países da América do Sul, Europa e África (<http://indico.ictp.it/event/a14271/>).

O projeto permitiu, ao longo do período de 2009-2016, o desenvolvimento de 18 dissertações de mestrado e 11 de doutorado, com abrangência nacional e internacional, permitindo a formação de uma rede de pesquisas à qual as instituições participantes estão ligadas. Além disso, os dados gerados e/ou organizados pelo projeto estão sendo usados por pesquisadores de diversas outras instituições, com acesso livre pelo site do Observatório de Clima e Saúde. O projeto colaborou para o desenvolvimento de uma massa crítica no país e o reconhecimento e avanço da importância do tema para a saúde coletiva.

Considerações finais

Entre os resultados científicos mais importantes deste tema integrador, pode-se dizer que, em termos climáticos, as projeções mostram que todas as regiões ultrapassarão o limiar de 4°C de aquecimento para o cenário RCP 8.5, principalmente as regiões Norte e Centro-Oeste, onde o aquecimento médio poderá ultrapassar, respectivamente, valores de 6°C e 7,5°C em quase toda a extensão territorial até o final do século. Entre os impactos previstos com esses aumentos, o estresse por calor chama a atenção por permitir estabelecer, claramente, os limiares biológicos de conforto térmico e de adaptabilidade biológica do homem ao calor extremo. Com os limites físico e termodinâmico do corpo humano mensuráveis a partir da temperatura de bulbo úmido, os resultados mostraram que em diversos municípios da região Norte, a população deverá ficar exposta várias horas, dias ou até meses em um ambiente com temperatura acima de 35°C e com alta umidade, indicando, por exemplo, a necessidade de aclimação e redução da prática de exercícios físicos, especialmente da carga de trabalho de determinadas atividades. Outro impacto amplamente destacado refere-se aos eventos climáticos extremos que, diferentemente de impactos indiretos, ocorrem de forma brusca e, na maioria das vezes, intoleráveis pelo homem, afetando milhares de pessoas. Os desastres naturais, especialmente inundações e secas prolongadas, também merecem destaque. Para inundações, além dos impactos diretos, o aumento da temperatura e precipitação, em conjunto com variáveis socioeconômicas e demográficas, provavelmente

potencializará o aumento de doenças transmitidas por veiculação hídrica, como diarreia e leptospirose.

Em determinadas situações, a inadaptabilidade de certas regiões aos altos aquecimentos poderá favorecer a migração humana forçada e, além das consequências sociais, demográficas e econômicas, o aumento de doenças como dengue, malária e, mais recentemente, a zika e a chikungunya poderão ser registrados. Do ponto de vista social, os impactos do aumento da temperatura na saúde humana serão distribuídos de maneira assimétrica entre as regiões do país, com as populações menos favorecidas sofrendo os maiores impactos.

Para desenvolver pesquisas sobre saúde e clima no INCT para Mudanças Climáticas, as parcerias científicas com instituições nacionais e internacionais foram ampliadas ao longo do desenvolvimento do projeto, permitindo avanços nas projeções de doenças vetoriais e as não transmissíveis, considerando os cenários climáticos até o final do século XXI. Em síntese, nossos estudos sobre mudanças climáticas e saúde englobaram estudos básicos; identificação de relações causais; análise de risco; construção de modelos preditivos; avaliação da vulnerabilidade; e a estruturação do Observatório de Clima e Saúde. Ao longo do desenvolvimento do projeto foi possível ampliar o entendimento das relações clima-saúde e construir uma massa crítica e uma produção científica abordando as questões de vulnerabilidade, risco e impactos das mudanças climáticas à saúde humana.

Além das pesquisas desenvolvidas, o projeto construiu uma integração com universidades locais da região Centro-Oeste e Norte, que incentivou estudantes de graduação a realizarem seus estudos de mestrado e, consequentemente de doutorado na Fiocruz, nas unidades do Instituto de Informação e Comunicação em Saúde (ICICT) e da Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP), com a temática de mudanças climáticas e saúde, sendo a formação de recursos humanos um outro ponto de destaque.

Referências

Alves, N. O., Loureiro, A. L., Santos, F. D., Nascimento, K. H., Dallacort, R., Vasconcelos, P. C., . . . Batistuzzo de Medeiros, S. R. (2011). Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the easter Brazilian Amazon region. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, pp. 1427-1433.

- Alves, N., Hacon, S., Galvão, M. F., Peixotoc, M., Artaxo, P., Vasconcellos, P., & Medeiros, S. R. (2014). Genetic damage of organic matter in the Brazilian Amazon: A comparative study between intense and moderate biomass burning. *Environmental Research*, 011, p. 1.
- Andrade Filho, V. S., Artaxo, P., Carmo, C. N., & Cirino, G. (2013). Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças. *Revista de Saúde Pública*, 47, pp. 239-247.
- Andrade, V. S., Artaxo, P., Hacon, S. S., & Carmo, C. N. (2012). Influência do material particulado (pm2.5) de queimadas e variáveis meteorológicas na morbidade respiratória de crianças em Manaus, AM. *Revista GeoNorte*, 1, pp. 744-758.
- Barcellos, C., & Lowe, R. (2013). Expansion of dengue transmission area in Brazil: The role of climate and cities. *Tropical Medicine & International Health*, 19(3).
- Barcellos, C., Monteiro, A. M., Corvalan, C., Gurgel, H. C., Carvalho, M. S., Artaxo, P., . . . Ragoni, V. (2009). Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 18, pp. 285-304.
- Barcellos, C., Xavier, D. R., & Bacuri, R. (2015). Mudanças climáticas, regime de águas e saúde em Manaus. Em C. M. Freitas, & L. L. Giatti (Orgs.), *Sustentabilidade, ambiente e saúde na cidade de Manaus* (Vol. 8, p. 83). InterfacEHS (Ed. português).
- Barros, M.M.A.; Gonçalves, K. S; HACON, S. S.. Reinternações hospitalares por doenças respiratórias em menores de 12 anos e as queimadas em porto velho-ro, Amazônia ocidental. *InterfacEHS* (Ed. português), v. 8, p. 83, 2013.
- Basagaña, X., Sartini, C., Barrera-Gómez, J., Dadvand, P., Cunillera, J., & Ostro, B. e. (2011). Heat waves and cause-specific mortality at all ages. *Epidemiology*, 22, pp. 765-772.
- Doherty, R. M., Heal, M. R., Wilkinson, P., Pattenden, S., Vieno, M., Armstrong, B. et al. (2009). Current and future climate and air pollution-mentioned impacts on human health. *Environmental Health*, 8 (Suppl 1)(S8).
- Freitas, C. M., Sobral, A., Pedroso, M. M., Barcellos, C., & Gurgel, H. C. (2011). Indicadores de saúde ambiental. Em C. M. Freitas (Org.), *Saúde ambiental: guia básico para a construção de indicadores* (pp. 73-86). Brasília: Ministério da Saúde.
- Freitas, C. M., Xavier Silva, D. R., Sena, A. M., Silva, E. L., Sales, L. B., Carvalho, M. L., . . . Corvalán, C. (2014). Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, 19, pp. 3645-3656.
- Gasparri, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J. et al. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*, 6736(14), pp. 62114-0.

- Gouveia, N., Freitas, C. U., Martins, L. C., & Marcilo, I. O. (2006). Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in city of São Paulo, Brazil. *Cad Saúde Pública*, 22(12), pp. 2667-77.
- Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B., Li, S., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Leone, M., Pan, X., Tong, S., Tian, J., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Guo, Y.L., Wu, C.F., Punnasiri, K., Yi, S.M., Michelozzi, P., Saldiva, P.H., Williams, G. (2014). Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: a systematic evaluation. *Epidemiology*. Nov; 25(6):781-9. doi: 10.1097/EDE.000000000000165.
- Epidemiology*. 2014 Nov;25(6):781-9. doi: 10.1097/EDE.000000000000165.
- Hacon, S. et al. (2016). Vulnerabilidade, riscos e impactos das mudanças climáticas sobre a saúde do Brasil. Em *Terceira Comunicação Nacional sobre Mudanças Climáticas à UNFCC*. TCN-UNFCC.
- Hahn, M. B., Gangnon, R. E., Barcellos, C., Asner, G. P., & Patz, J. A. (2014). Influence of Deforestation, Logging, and Fire on Malaria in the Brazilian Amazon. *Plos One*, 9, p. e85725.
- Hahn, M., Olson, S., Vittor, A., Barcellos, C., Patz, J., & Pan, W. (2013). Conservation Efforts and Malaria in the Brazilian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1, p. 1.
- Horta, M. A., Fonseca, P. A., Costa, D., Barcellos, C., & Hacon, S. (2014). Temporal Relationship between Climatic Factors and the Occurrence of Dengue Fever in an Amazonian Urban Center, Brazil. *International Journal of Epidemiology & Infection*, 2, p. 80.
- Huynen, M., & Martens, P. C. (2015). Climate Change Effects on Heat and Cold-Related Mortality in the Netherlands: A Scenario-Based Integrated Environmental Health Impact Assessment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12(10), pp. 13295-13320.
- Ignotti, E., Hacon, S., Junger, W.L., Mourão, D., Longo, K., Freitas, S. et al. (abr de 2010). Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. *Cad Saúde Pública*, 26(4), pp. 747-61.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Geneva: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), pp. 51-63.

Jacobson, L. S., Hacon, S. S., Castro, H. A., Ignotti, E., Artaxo, P., Saldiva, P. H., & De Leon, A. C. (2014). Acute Effects of Particulate Matter and Black Carbon from Seasonal Fires on Peak Expiratory Flow of Schoolchildren in the Brazilian Amazon. *Plos One*, 9, p. e104177.

Jancloes, M., Thomson, M., Máñez, C. M., Hewitt, C., Corvalan, C., Dinku, T., . . . Hayden, M. (2014). Climate Services to Improve Public Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(5), pp. 4555-4559.

Kingsley, S. L., Eliot, M. N., Gold, J., Vanderslice, R. R., & Wellenius, G. A. (2015). Current and Projected heat-related morbidity and mortality in Rhode Island. *Env Health Persp*.

Lowe, R., Barcellos, C., Coelho, C. A., Bailey, T., Coelho, G. E., Graham, R., . . . Rodó, X. (2014). Dengue outlook for the World Cup in Brazil: an early warning model framework driven by real-time seasonal climate forecasts. *Lancet. Infectious Diseases*, 1, pp. 1-1.

Lowe, R., Coelho, C. A., Barcellos, C., Carvalho, M. S., Catão, R. D., Coelho, G. E. et al. (2016). Evaluating probabilistic dengue risk forecasts from a prototype early warning system for Brazil. *eLife*, 5, p. e11285.

Matsueda, M. (2011). Predictability of Euro-Russian blocking in summer of 2010. *Geophys Res Lett*, 38(6).

Nunes, K. V., Ignotti, E., & Hacon, S. S. (2013). Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM_{2.5} generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. *Cadernos de Saúde Pública*, 29, pp. 589-598.

Oliveira, B. F., Ignotti, E., Artaxo, P., Saldiva, P. H., Junger, W. L., & Hacon, S. (2012). Risk assessment of PM (2.5) to child residents in Brazilian Amazon region with biofuel production. *Environ Health*, 11(64).

Oliveira, B. F., Silveira, I., Horta, M. A., Jungler, W. L., & Hacon, S. S. (2016, no prelo). Potenciais impactos do aumento da temperatura na mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares no Brasil. *Revista de Saúde Pública*.

Pereira, V. S., Rosa, A. M., Hacon, S. S., Castro, H., & Ignotti, E. (2011). Análise dos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias no Município de Alta Floresta, Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 20, pp. 393-400.

Robine, J. M., Cheung, S. L., Leroy, S. et al. (2008). Death toll exceeded 70000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol.*, 331(2), pp. 171-178.

Rodrigues, P. C., Ignotti, E., & Hacon, S. S. (2013). Distribuição espaço-temporal das queimadas e internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos de idade em Rondônia, 2001 a 2010. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 22, pp. 455-464.

- Roux, E., Barcellos, C., Gurgel, H. C., Durieux, L., Laques, A. E., & Dessay, N. (2014). Un site sentinelle à la frontière francobrasilienne pour comprendre et suivre les relations entre climat et santé. Em Envibras2014 (Ed.), *Environnement et géomatique: approches comparées France-Brésil. Actes du colloque* (Vol. 1, pp. 356-363). Rennes: Université de Rennes II.
- Rufino, R., Gracie, R., Sena, A., Freitas, C., & Barcellos, C. (2016). Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde. Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva (Online)*, 21, pp. 777-788.
- Sena, A., Freitas, C., Barcellos, C., Ramalho, W. M., & Corvaian, C. (2016). Medindo o invisível: análise dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em populações expostas à seca. *Ciência & Saúde Coletiva (Online)*, 21, pp. 671-684.
- Silva, A. M., Moi, G. P., Mattos, I. E., & Hacon, S. (2014). Low birth weight at term and the presence of fine particulate matter and carbon monoxide in the Brazilian Amazon: a population-based retrospective cohort study. *BMC Pregnancy and Childbirth (Online)*, 14, p. 309.
- Smith, L. T., Aragão, L. E., Sabel, C. E., & Nakaya, T. (2014). Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Sci Rep.*, 16(4), p. 3726.
- Stefani, A., Dusfour, I., Corrêa, A. P., Cruz, M. C., Dessay, N., Galardo, A. K., . . . Roux, E. (2013). Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. *Malaria Journal*, 8(12), p. 192.
- World Bank. (2012). *4C: Turn Down the Heat. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics*. Washington DC.
- Wu, J., Zhou, Y., Gao, Y., Fu, J. S., Johnson, B. A., Huang, C. et al. (2015). Estimation and Uncertainty Analysis of Impacts of future Heat Waves on Mortality in the Eastern United States. *Environ Health Perspect.*, 122(1), pp. 10-16.
- Xavier, D. R., Barcellos, C., & Freitas, C. M. (2014). Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. *Ambiente e Sociedade (Online)*, 17, pp. 273-294.
- Xavier, D. R., Barcellos, C., Barros, H., Magalhães, M. A., Matos, V. P., & Pedroso, M. M. (2014). Organização, disponibilização e possibilidades de análise de dados sobre desastres de origem climática e seus impactos sobre a saúde no Brasil. *ciência e Saúde Coletiva (Impresso)*, 19, pp. 3657-3668.
- Xavier, D. R., Ignotti, E., Hacon, S., & Santos, R. S. (2010). Hanseníase, indicadores sociais e desmatamento na Amazônia brasileira. *Revista Panamericana de Salud Pública (Impresa) / Pan American Journal of Public Health*, 27, pp. 268-275.