

O ciclo do mercúrio na Amazônia

Pesquisadora da UFRJ avalia
o ciclo natural e antrópico do
mercúrio na Bacia Amazônica

Foto: Divulgação/UFRJ

*A atividade antrópica pode adicionar
mercúrio ao ecossistema ou modificar o seu
ciclo natural, com mudanças ambientais*

Paula Guatimosim

Guardiã do maior bioma do Brasil, com área superior a 5 milhões de quilômetros quadrados, segundo dados do IBGE, a Amazônia abrange grande parte do noroeste brasileiro e se estende até a Colômbia, Bolívia, Peru e outros países da América do Sul. Maior floresta tropical do mundo, abriga cerca de 2.500 espécies de árvores, o equivalente a 1/3 das espécies florestais tropicais do mundo, outras 30 mil espécies de plantas, e abriga mais de quatro mil espécies de animais, 20% de

toda a fauna do planeta, incluindo muitas espécies endêmicas. Com 1.100 afluentes e habitat de 85% das espécies de peixes da América do Sul, a bacia hidrográfica amazônica também é a maior do mundo. Seu renomado e principal rio, o Amazonas, possui vazão de mais de 200 milhões de litros de água por segundo. A umidade da bacia Amazônica é carregada para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, chamada de rios voadores, que permitem diversas atividades econômicas que dependem das chuvas nestas regiões. Como se não bastasse, a Amazônia ainda tem abundantes riquezas minerais, incluindo ouro, diamantes, nióbio, cobre e fosfato, entre outros.

Toda essa rica biodiversidade vem seduzindo, ao longo do tempo, cientistas mundo afora e, ainda assim, estima-se que haja outros milhares

de espécies a serem descobertas, das quais 4.000 apenas entre as árvores. Por outro lado, a possibilidade de negócios com extração de madeira nobre, a expansão da fronteira agrícola e extração de ouro, diamantes e minerais nobres para a indústria sempre gerou conflito na região, em especial quando a atividade ameaça as reservas indígenas. Em junho de 2019, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) alertou para o crescimento do desmatamento seguido de queimadas na Amazônia e o assunto ganhou repercussão internacional, criando, inclusive, mal-estar diplomático, ameaças de sanções comerciais internacionais.

Em evidência ao longo dos últimos meses, a Amazônia está sob a lupa da pesquisadora Daniele Kasper há 17 anos, desde seu estágio na graduação em Ciências Biológicas,





Daniele Kasper: a bióloga e sua equipe verificaram que as concentrações de metilmercúrio nas águas do Solimões e Negro aumentaram de forma proporcional à elevação nos níveis desses rios, decorrente do regime de alagamentos sazonais nas matas da Bacia Amazônica

na Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio). Professora do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ela trabalha em ambientes aquáticos ainda pouco afetados por distúrbios antrópicos, nas bacias dos rios Negro e Solimões. “Isso é uma oportunidade extremamente rara no mundo. Há poucas grandes bacias hidrográficas, com rios e extensas planícies de inundação, ainda em condições pouco impactadas”, explica a pesquisadora. Seu objetivo é avaliar o ciclo natural do mercúrio, onde o ciclo biogeoquímico possivelmente ocorre de uma forma mais semelhante ao que seria natural. Elemento químico de origem natural, o mercúrio está presente em todos os biomas, inclusive

na região amazônica. Mas, além da presença do elemento de origem natural, na Amazônia há grande incidência do mercúrio de origem antrópica, como o decorrente do garimpo, por exemplo.

Doutora em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Daniele explica que, entre os metais, em geral o mercúrio é o único que sofre biomagnificação trófica, ou seja, suas concentrações vão aumentando nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar, sendo mais altas nos organismos que ocupam o topo das cadeias alimentares, incluindo o homem. Algo parecido com o acúmulo progressivo que ocorre com os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), como o DDT (sigla de diclorodifeniltricloroetano, apontado como o

primeiro pesticida moderno, usado em grande escala), por exemplo. Segundo a bióloga, por não ser um elemento essencial ao metabolismo, as consequências da intoxicação por mercúrio geram problemas neurológicos e imunológicos, mesmo em baixas concentrações, sendo um elemento capaz, inclusive, de ultrapassar a barreira placentária e atingir o feto.

A ecóloga explica que a toxicidade do mercúrio é resultado da ação e interação de três fatores ecotoxicológicos principais. Primeiro, suas condições de exposição, ou seja, a forma química sob a qual o metal se apresenta e a via de exposição ao organismo (pelas vias respiratórias, pela ingestão de alimento contaminado ou absorção cutânea). Outro fator determinante são as

características físicas e químicas do ambiente onde o mercúrio se encontra, que afetam diretamente a especiação química do metal e a fisiologia dos organismos. Por último, as espécies de organismos que estão expostas ao elemento.

O estudo “A importância da dinâmica das áreas alagáveis para a formação de metilmercúrio na Amazônia Central”, que ela iniciou durante o doutorado, continuou quando foi contemplada no *Programa Pós-Doutorado Nota 10* da FAPERJ de 2016. Uma de suas observações foi que em algumas regiões da Amazônia ocorrem naturalmente concentrações mais elevadas de mercúrio, devido às características naturais do ecossistema, como nas águas pretas do Rio Negro, por exemplo. Entretanto, Daniele verificou que no caso de alterações antrópicas, o mercúrio pode ser adicionado ao ecossistema ou ter o seu ciclo natural modificado em decorrência das mudanças nas condições ambientais. Alterações na paisagem, sejam decorrentes do garimpo, desmatamento, queimada ou até mesmo pela abertura de uma estrada, favorecem o aumento da erosão de partículas e lixiviação para os sistemas aquáticos. Tais atividades antrópicas modificam as transformações químicas do mercúrio e o transfere do ambiente terrestre para o aquático, tornando-o disponível para absorção pela biota, incluindo o ser humano. “Portanto, mesmo que o garimpo não use mercúrio na sua atividade, pode estar contribuindo para as mudanças no ecossistema, que le-

Um dos objetivos do estudo desenvolvido na UFRJ é investigar o ciclo do mercúrio em locais pouco impactados pela ação do homem

varão a mudanças no ciclo, já que a atividade também provoca um aumento de material particulado em suspensão nos sistemas aquáticos, que carrega o mercúrio adsorvido às partículas”, explica.

A pesquisadora esclarece que ao considerar os danos à biota, uma importante forma química a considerar é o metilmercúrio, que possui alta capacidade de absorção pelos organismos, sendo o principal responsável pela transferência trófica do mercúrio. Segundo ela, o regime de alagamentos sazonais

nas florestas das planícies aluviais, característico da Bacia Amazônica, com desníveis de até 10 metros, em áreas com alta concentração de matéria orgânica, é ambiente propício para a formação de metilmercúrio, principalmente a partir da ação de bactérias que fazem a metilação do mercúrio. Sua pesquisa sobre a dinâmica do metilmercúrio em águas da maior bacia do mundo é o primeiro trabalho em macro-escala. A bióloga e sua equipe coletaram amostras ao longo dos rios Solimões e Negro, que contribuem com aproximadamente 75% da vazão do rio Amazonas, e verificaram que as concentrações de metilmercúrio na água aumentaram proporcionalmente à elevação do nível da água em ambos os rios. A porcentagem de área inundada na bacia foi positivamente correlacionada às concentrações de metilmercúrio na água da bacia do Solimões. Ou seja, seu estudo observou que a exportação de metilmercúrio, assim como sua concentração, são substancialmente maiores na estação hidrológica da cheia (ou águas altas), quando tam-

Foto: Divulgação/UFRJ



Peixes coletados ao longo da barragem de Tucuruí ajudam a identificar os níveis de concentração de mercúrio na região



Barragem de Balbina, no estado do Amazonas, um dos locais estudados: a criação dos reservatórios das hidrelétricas altera as condições do ecossistema e o ciclo do mercúrio

bém ocorre a maior vazão.

Sua pesquisa também inclui as alterações dos ambientes aquáticos que impactam e modificam o ciclo do mercúrio, como a existência de hidrelétricas, por exemplo. As avaliações mostram como a criação de um reservatório de água ao longo dos rios modifica as condições do ecossistema e afeta o ciclo do mercúrio. É bem comum que uma estratificação seja observada nesses ambientes, e Daniele verificou isso juntamente com seus alunos nos lagos das hidrelétricas de Samuel (localizada em Rondônia), Balbina (no Amazonas) e Tucuruí (no Pará). “A estratificação ocorre quando a camada de água mais do fundo (chamada de hipolímnio) tem condições limnológicas diferentes daquelas da camada mais superficial (epilímnio). Essas duas camadas podem ficar muito tempo

sem se misturar, depende das condições do ecossistema”, esclarece a pesquisadora. Segundo ela, no hipolímnio dos reservatórios de hidrelétricas, as condições limnológicas geralmente são favoráveis à metilação do mercúrio.

Levantamentos realizados pela pesquisadora diretamente em barragens revelam que, no reservatório da Hidrelétrica de Balbina, por exemplo, a estratificação do lago influenciou as concentrações de metilmercúrio no lago e no rio, abaixo da barragem. A avaliação, que ocorreu até 250 quilômetros abaixo da barragem, mostrou que as altas concentrações de metilmercúrio do hipolímnio exportadas para jusante da barragem – quando a água passa pelas turbinas – foi diminuindo gradualmente. As maiores concentrações de mercúrio no plâncton e nos peixes abaixo da barragem sugerem

que o metilmercúrio exportado da barragem foi acumulado pela biota. É o que ela chama de “efeito barragem”. Ao mesmo tempo, em áreas cerca de 200 quilômetros de distância abaixo da barragem de Balbina, foi possível encontrar elevadas concentrações de mercúrio, possivelmente devido à metilação nas planícies alagadas naturalmente, abundantes nessa região. O estudo concluiu que a construção de uma hidrelétrica com uma extensa área de inundação e com um lago que permanece estratificado grande parte do ano pode resultar na combinação de efeitos naturais e antrópicos. Já as investigações nas hidrelétricas de Samuel e Tucuruí mostraram que os peixes encontrados abaixo das barragens têm maiores concentrações de mercúrio do que aqueles que vivem no lago da barragem, possivelmente por causa da estratificação e o efeito barragem acima descrito.

Diante dos resultados das pesquisas, a pesquisadora e sua equipe recomendam que qualquer atividade na Amazônia que promova mudanças no ecossistema seja muito bem pensada e avaliada. “Não é somente o uso do mercúrio por si só que pode disponibilizá-lo para o sistema. As mudanças provocadas no ambiente podem alterar o ciclo do elemento e, assim, torná-lo mais disponível para absorção pela biota. Então o que é feito, onde, como e quando é feito, todos os aspectos têm que ser pensados em um contexto de avaliação que envolva múltiplas disciplinas”, conclui.

Pesquisadora: Daniele Kasper
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Fomento: Programa Pós-Doutorado Nota 10