

LIBERAL  
AMAZON

Veja a  
entrevista  
com professor  
Breno  
Imbiriba



PROJETO PATROCINADO POR



# RIOS VOADORES DA AMAZÔNIA: GUARDIOES DO CLIMA

**IMPORTÂNCIA** - Maior floresta tropical do mundo regula o regime de chuvas no Brasil e afeta outros sistemas climáticos ao redor do mundo. Entenda como o que acontece no bioma mexe também com nosso cotidiano.



TARSO SARRAF / O LIBERAL







**CAMILA AZEVEDO**  
Da Redação

Editado por  
**BIANCA LEÃO**

A importância da Amazônia para a regulação do clima do Brasil e no mundo é reconhecida e volta a ganhar destaque sempre que ocorrem eventos como as recentes cheias do Rio Grande do Sul, a milhares de quilômetros, no sul do País. A evapotranspiração das árvores do bioma, por exemplo, possibilita a formação de chuvas que são esperadas todos os anos em diversas regiões do território nacional e até por países vizinhos, favorecendo outros sistemas ambientais, ciclos hídricos e economias de cultivo. E nessa delicada teia de relações, desequilíbrios nos ciclos podem impactar outros eventos a eles relacionados, e vice-versa. Um dos grandes exemplos é o desmatamento: à medida que as taxas de degradação da cobertura verde avançam, a umidade de outras regiões pode ser afetada. Em outras palavras: a redução da floresta tem como efeito direto a diminuição de chuvas.

Os chamados rios voadores - massas de ar carregadas de vapor d'água - ajudam nesse sistema de irrigação que surge na floresta amazônica. Situados a uma altura de três a cinco quilômetros de distância, na atmosfera superior, eles transportam essas chuvas tanto para regiões tropicais, com temperaturas mais elevadas e que precisam de umidade para aliviar o clima, como também a outras que não pertencem aos trópicos. A circulação de vento é responsável por fazer esse transporte. Em partes do País, como o Centro-Sul, os sistemas meteorológicos são alimentados por essas condições.

Os chamados rios voadores - massas de ar carregadas de vapor d'água - ajudam nesse sistema de irrigação que surge na floresta amazônica. Situados a uma altura de três a cinco quilômetros de distância, na atmosfera superior, eles transportam essas chuvas tanto para regiões tropicais, com temperaturas mais elevadas e que precisam de umidade para aliviar o clima, como também a outras que não pertencem aos trópicos. A circulação de vento é responsável por fazer esse transporte. Em partes do País, como o Centro-Sul, os sistemas meteorológicos são alimentados por essas condições.

## INFLUÊNCIA

Os mecanismos climáticos na porção equatorial do oceano Pacífico, ou alguns episódios no oceano Atlântico, podem influenciar o ritmo dos rios voadores. Entre eles, estão o El Niño e o La Niña, fenômenos caracterizados pelas mudanças de temperaturas, podendo ser a partir de 0,5°C para mais ou para menos. Isso ocorre devido a interferências na circulação atmosférica dos ventos, afetando o comportamento e a intensidade dos armazéns de chuva criados na Amazônia. As secas severas em diversas regiões do mundo e, inclusive, no Brasil, estão relacionadas aos efeitos que vem dessa realidade.

## Mudanças afetam regulação climática da Amazônia

Outro fator que interfere no papel de regulação da floresta amazônica são as mudanças climáticas. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), elas são caracterizadas por transformações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima do planeta. Por ações antrópicas, gases que provocam o efeito estufa aquecem a superfície terrestre e geram o aquecimento global. Pesquisas realizadas em todo o mundo comprovam que os resultados disso podem estar relacionados a secas extremas, escassez de água, incêndios severos, aumento do nível do mar e inundações.

Esse fenômeno começou há tempos, com as queimas de combustíveis fósseis dos processos industriais. Na Amazônia, são as taxas de desmatamento que contribuem, ainda que em parcela, para as mudanças climáticas. Everaldo de Souza, professor do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), explica que essa relação ocorre devido à passagem de CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono, um dos gases do efeito estufa - para a atmosfera, uma vez que a falta

de árvores não armazena o composto químico na superfície. "O dióxido na atmosfera potencializa o efeito. Essa é a contribuição da Amazônia".

O desmatamento na Amazônia registrado no 1o bimestre de 2024 foi o menor dos últimos seis anos, conforme levantamento do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), mas ainda segue sendo um componente das mudanças climáticas. "Para conter o problema, é desmatamento zero. O problema é o seguinte, que não é só o desmatamento. A maior contribuição são os processos industriais, queima de combustíveis fósseis, petróleo, etc. Então, a gente tem uma contribuição, mas ela é até um pouco menor do que a contribuição mais intensa de processos industriais", diz o professor.

### RIO GRANDE DO SUL

Quase 2 milhões de moradores do Rio Grande do Sul foram afetados pelas enchentes que castigam o estado há quase um mês. Entre outras razões, a catástrofe tem

a ver também com os níveis de desmatamento existentes na Amazônia, uma vez que isso compromete a capacidade da floresta em regular o clima, tendo eventos extremos como consequência. "Um planeta mais quente tem maior capacidade de reter vapor d'água presente nas nuvens. Por sua vez, um planeta com mais vapor d'água tem mais energia disponível para as tempestades", detalha Souza.

"E, aí, vem a discussão e a evidência de que certas regiões estão chovendo mais, tem mais eventos extremos de muita chuva e vem associado a inundações, enchentes e alagamentos. Na questão de um planeta mais quente, os eventos extremos associados a maior chuva, enchentes e inundações estão mais intensos. Mas esse é só um lado, porque tem o outro lado que são as secas. Assim como em algumas regiões, alguns episódios favorecem maior chuva, em outras, ou em outro momento de variabilidade temporal, ocorre o contrário, ocorre a falta de chuva", complementa o professor da UFPA.



## AMAZONIAN FLYING RIVERS: CLIMATE GUARDIANS

**CAMILA AZEVEDO**  
FROM THE EDITOR'S OFFICE.  
TRANALATED BY **SILVIA BENCHIMOL AND EWERTON BRANCO** (ET-MULTI-UFPA)

**IMPORTANCE** – The world largest tropical forest regulates the rainfall regime in Brazil and affects other climate systems around the world. Understanding the biome dynamics also affects our daily lives.

The importance of the Amazon for regulating the climate in Brazil and the world is recognized and gains prominence whenever events such as the recent floods in Rio Grande do Sul take place, thousands of kilometers away, in the south of the country. Tree evapotranspiration in the biome, for example, allows the formation of rain that is expected every year in different regions of the national territory and even in neighboring countries, favoring other environmental systems, water cycles and farming economies. And in this delicate web of relationships, imbalances in cycles can influence other related events and vice versa. One of the great examples is deforestation: as rates of degradation of green cover advance, humidity in other regions may be affected. In other words: the reduction of the forest exerts direct effect in reducing rainfall.

The so-called flying rivers - air masses loaded with water vapor - help this irrigation system present in the Amazon forest. Located at a height of three to five kilometers away, in the upper atmosphere, these flying rivers transport rains both to tropical regions, with higher temperatures and that need humidity to alleviate the climate, as well as to others that do not belong to the tropics. Wind circulation is responsible for this transport. In parts of the country such as the Center-South, weather systems are powered by these conditions.

## INFLUENCE

Climatic mechanisms in the equatorial portion of the Pacific Ocean, or some episodes in the Atlantic Ocean, can influence the rhythm of flying rivers. Among them are El Niño and La Niña, phenomena characterized by changes in temperature, which can be from 0.5°C more or less. This occurs due to interference in the atmospheric circulation of winds, affecting the behavior and intensity of rain stores created in the Amazon. Severe droughts in different regions of the world, including in Brazil, are related to the effects of this reality.

## Changes affect climate regulation in the Amazon

Another factor that interferes with the regulatory role of the Amazon forest is climate change. According to the United Nations (UN), changes in climate are characterized by long-term alterations in the planet's temperature and climate patterns. Due to anthropogenic actions, gases that cause the greenhouse effect heat the Earth's surface and generate global warming. Research carried out around the world proves that the results of this phenomenon can be related to extreme droughts, water shortages, severe fires, rising sea levels and floods.

All of this started some time ago, with the burning of fossil fuels in industrial processes. In the Amazon, it is deforestation rates that contribute, albeit in part, to climate change. Everaldo de Souza, professor at the Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA [Institute of Geosciences at the Federal University of Pará], explains that this relationship occurs due to the passage of CO<sub>2</sub> - carbon dioxide, one of the

greenhouse gases - into the atmosphere, since the lack of trees impairs the storage of the chemical compound on the surface. "The dioxide in the atmosphere enhances the effect. This is the contribution of the Amazon."

Deforestation in the Amazon recorded in the first two months of 2024 was the lowest in the last six years, according to a survey by the Amazon Institute for Man and Environment (Imazon), but it still remains a component of climate change. "To contain the problem, the answer is zero deforestation. The problem is this, it's not just deforestation. The biggest contribution is: industrial processes, burning fossil fuels, oil, etc. So, we have a contribution, but it is even a little smaller than the more intense contribution of industrial processes", says the professor.

### RIO GRANDE DO SUL

Almost 2 million residents of Rio Grande do Sul were affected by the floods that have hit the state for al-

most a month. Among other reasons, the catastrophe also has to do with the levels of deforestation in the Amazon, as this compromises the forest's ability to regulate the climate, resulting in extreme events. "A hotter planet has a greater capacity to retain water vapor present in clouds. In turn, a planet with more water vapor has more energy available for storms", explains Souza.

"Then there is a discussion and evidence that it is raining more often in certain regions, there are more extreme events with a lot of rain and it happens associated with floods, flash floods and waterlogging. When the planet is hotter, extreme events associated with greater rainfall, floods and flash floods are more intense. But this is just one aspect, because there is another one, drought events. In some regions, some episodes cause greater rainfall, in other regions, or at another moment of weather variability, the opposite occurs, there is a lack of rain", adds the UFPA professor.



## Gerações futuras precisarão de medidas de mitigação

As mudanças climáticas, que tanto afetam o papel de regulação que a floresta amazônica desempenha para o mundo, são consideradas, de certa forma, irreversíveis. Everaldo Souza detalha que essa contribuição deverá ser perpetuada por longos anos à frente. “Na verdade, se esperava que os maiores impactos fossem para meados de 2050. [Mas] não. Já está acontecendo agora. Os maiores efeitos das mudanças climáticas já estão acontecendo, percebido em vários cantos do mundo. A sociedade e o meio ambiente, expostos e vulneráveis, tendem a exacerbar essas questões, como tem acontecido no Sul”.

Conforme o pesquisador, há políticas públicas para conter o desmatamento e para reverter a matriz energética ao evitar o uso combustíveis fósseis. “Tudo isso tem a ver com as questões de mitigação das mudanças climáticas. A gente vai enfrentar esse problema nos próximos anos. Agora, para as gerações futuras, sim, para que num futuro bem distante não seja tão problemático, faz sentido todas as políticas de agora. Nosso clima mudou, temos um novo normal de eventos extremos mais intensos, mais frequentes e isso não tem como a gente conter porque é algo que envolve processos globais e processos regionais”, completa.

## Aterros sanitários são desafios para contenção das mudanças climáticas na Amazônia

Os aterros sanitários são pontos de armazenamento e decomposição de resíduos sólidos que produzem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano e óxido nitroso. Estes gases são os principais elementos que provocam o efeito estufa, causam as mudanças climáticas e, consequentemente, alteram o regime hídrico da Amazônia. Apesar de representarem 5% do total desses lançamentos dos compostos à atmosfera, segundo o professor Breno Imbiriba, da Faculdade de Meteorologia da UFPA, provocam inúmeros prejuízos à sociedade e ao meio ambiente.

“Quando você tem compostos orgânicos, você gera um ambiente propício para a formação de bactérias. Se elas estão expostas ao oxigênio do ar, tem as que o consomem e emitem gás carbônico, essa é a respiração normal dos seres vivos. Mas, no aterro sanitário, é diferente. Ele é feito de uma maneira que o composto é fechado, não tem contato com ar e oxigênio que está lá dentro é consumido, tendo outra bactéria começando a agir: as metanogênicas, que se alimentam de compostos orgânicos e emitem metano. [Dessa forma,] o metano vai para a atmosfera e é um gás do efeito estufa 28 vezes mais potente que o CO<sub>2</sub>”, diz Imbiriba.

No entanto, se essa questão fosse melhor gerida, afirma o professor, os aterros sanitários seriam importantes aliados na diminuição das emissões. “Qualquer redução é importante. Aterro sanitário é uma fonte direta de emissão, porque você joga o composto orgânico e ele se degenera, gerando gás metano. A má gestão ou a má construção e o destino não ideal do resíduo orgânico vai gerar maior emissão de gases e isso contribui para o total. Porém, apostar todas as fichas que vai construir um aterro sanitário ideal é utópico”, acrescenta.

### POPULAÇÃO

Os aterros sanitários mal construídos na Amazônia, além de afetarem a questão climática, também têm forte impacto social. Na Região Metropolitana de Belém (RMB), esse problema é visível entre quem reside nos arredores dos armazéns de resíduos. Imbiriba ressalta que os efeitos dessa poluição são imediatos, ao contrário dos que envolvem o clima, tidos em longa escala. “O gás sulfídrico e a amônia são emitidos pelos aterros e pelas lagoas de chorumes. O aterro sanitário emite, em sua grande maioria, gás carbônico e metano. Só que emite outros [gases] em quantidades menores, como o gás odorífero, que as pessoas sentem nas vizinhanças, que causa enjoo e arde os olhos”.

Os estudos realizados pelo professor contam com visitas in loco a casa de quem reside próximo a esses locais. As análises sugerem que a população fica exposta a uma concentração maior de gás sulfídrico do que o recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). “As pessoas estão sujeitas a episódios de odor de ocorrência aleatória e duração aleatória, dificultando a observação por um pesquisador. No entanto, em uma pesquisa cuidadosa, de longo tempo, você consegue ver que a população está sempre sujeita a esses gases que vem a qualquer hora do dia e tem duração curtas ou longas”.

A solução passa por um destino mais adequado dos resíduos, segundo Breno. “A destinação que deveria ter sido implementada é a coleta seletiva, que significa a separação dos resíduos que podem ser reciclados, porque isso diminui o tamanho do aterro sanitário. Se você só coletar o que é orgânico tem uma pilha de resíduos a menos, algo mais fácil de manejar; 50% dos resíduos sólidos de Belém é orgânico”, finaliza o professor.



THIAGO COMES / O LIBERAL



## Future generations will need mitigation measures

Climate change, which greatly affects the regulatory role that the Amazon forest plays for the world, is considered, in some extent, irreversible. Everaldo Souza details that this contribution should be perpetuated for many years to come. “In fact, it was expected that the biggest impacts would be in mid-2050. [But] no. It’s already happening now. The biggest effects of climate change are already happening, evident in many corners of the world. Society and the environment, exposed and vulnerable, tend to exacerbate these issues, as it has happened in the South”.

According to the researcher, there are public policies to prevent deforestation and to reverse the energy matrix by avoiding the use of fossil fuels. “All this has to do with issues of mitigating climate change. We will face this problem in the coming years. However, for future generations, so that in the very distant future these problems are not so intense, it makes sense to develop all the policies now. Our climate has changed, there is a new normal of more frequent extreme events and there is no way for us to contain it because it is something that involves global and regional processes”, he adds.

## Landfills are challenges for containing climate change in the Amazon

Landfills are storage and decomposition sites for solid waste that produce carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane and nitrous oxide. These gases are the main elements that cause the greenhouse effect, cause climate change and, consequently, alter the water regime in the Amazon. Despite representing 5% of the total of these compounds released into the atmosphere, according to professor Breno Imbiriba, from the Faculty of Meteorology at UFPA, they cause countless damages to society and the environment.

“When there are organic compounds, there is an environment conducive to the formation of bacteria. If they are exposed to oxygen in the air, there are those ones that consume it and emit carbon dioxide, this is the normal breathing of living beings. But at the landfill, it’s different. It is made in such a way that the compound is closed, it has no contact with air and the oxygen inside is consumed, with other bacteria beginning to act: methanogenic bacteria, which feed on organic compounds and emit methane. [Thus,] methane goes into the atmosphere and it is a greenhouse gas 28 times more powerful than CO<sub>2</sub>”, says Imbiriba.

However, if this issue were better managed, says the professor, landfills would be important help in reducing emissions. “Any reduction is important. Landfill is a direct source of emissions, because you store organic compound and it degenerates, generating methane gas. Inadequate management or poor construction and non-ideal disposal of organic waste will generate greater gas emissions and this contributes to the total. However, betting all your hopes on building an ideal sanitary landfill is utopian”, he adds.

### POPULATION

Poorly constructed landfills in the Amazon, in addition to affecting the climate, also provoke a strong social impact. In the Metropolitan Region of Belém (RMB), this problem is visible among those people who live next to waste storage places. Imbiriba emphasizes that the effects of this pollution are immediate, unlike those involving the climate, which are seen on a long scale. “Sulphide gas and ammonia are emitted from landfills and garbage slurry lagoons. The vast majority of landfills emit carbon dioxide and methane. But it emits other [gases] in smaller quantities, such as odorous gas, which people smell in the neighborhoods, which causes nausea and burns the eyes.”

The studies carried out by the professor include on-site visits to the homes of those who live close to these locations. Analyses suggest that the population is exposed to a higher concentration of hydrogen sulfide gas than recommended by the World Health Organization (WHO). “People are exposed to odor episodes of random occurrence and random duration, making it difficult for a researcher to observe it. However, in careful, long-term research, it is noticeable that the population is always exposed to these gases, that come at any time of the day and last for short or long periods”, he emphasizes.

The solution involves a more appropriate disposal of waste, according to Breno. “The destination that should have been implemented is selective trash collection, which means separating waste that can be recycled, because this reduces the size of the landfill. If you only collect what is organic, you have one less pile of waste, something easier to manage; 50% of solid waste in Belém is organic”, concludes the professor.