

ENTREVISTA COM PAULO ARTAXO¹

Concedida para Fábio Zuker

Fábio Zuker: Para quem ainda tem dúvidas, vamos ao básico: o que são as mudanças climáticas e como elas afetam a vida no planeta? E qual é o papel do Brasil nesse cenário? Em uma palestra recente, você mencionou que a principal causa das mudanças climáticas é a queima de combustíveis fósseis (cerca de 89% das emissões). O que isso quer dizer na prática? E como a destruição da Amazônia se conecta ao aquecimento global?

Paulo Artaxo: Desde a Revolução Industrial, a descoberta da queima do carvão, em um primeiro momento, e do petróleo e gás natural mais tarde, para gerar energia permitiu o desenvolvimento da nossa sociedade de modo extraordinário. Entretanto, a outra face da moeda é o que nós estamos colhendo agora, porque esses combustíveis fósseis, ao serem queimados, basicamente alteram a composição química da atmosfera e estão fazendo com que haja um aquecimento muito pronunciado e rápido do clima no planeta como um todo.

Nos últimos trinta anos, o desmatamento de florestas tropicais também tem contribuído de maneira significativa para esse quadro. Uma contribuição pequena, mas ainda sim significativa, sendo hoje responsável por cerca de 11% das emissões de gases de efeito estufa. Assim, os desafios tanto em relação à COP30 (Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima) quanto à governança global é fazer uma transição energética que não use mais combustíveis fósseis, de tal maneira que a gente possa limitar o aquecimento da atmosfera

FZ: E de que forma as mudanças climáticas afetam a vida na Terra?

PA: As mudanças climáticas têm um papel extremamente importante nos processos que estão alterando a biodiversidade, impactando na saúde das pessoas, impactando na produtividade agrícola e nas nossas áreas urbanas através de dois efeitos principais. Um deles diz respeito à lenta e gradual mudança do clima, com o aumento de temperatura e alteração nos padrões de precipitação e de chuva. O segundo efeito é o aumento dos eventos climáticos extremos, tais como grandes secas, grandes inundações, chuvas muito intensas e assim por diante.

¹ Paulo Artaxo, físico com doutorado em Física Atmosférica pela USP. Trabalhou na NASA (EUA), universidades de Antuérpia (Bélgica), Lund (Suécia) e Harvard (EUA). Professor titular do Departamento de Física Aplicada do Instituto de Física da USP. E-mail: artaxo@if.usp.br.

Ou seja, estamos assistindo a uma intensificação dos eventos climáticos extremos, cujo impacto primordial diz respeito à saúde da população, que se torna mais vulnerável ao aumento das temperaturas — como ficou evidente nas ondas de calor registradas no Brasil em 2025. Os dois primeiros meses do ano foram marcados por temperaturas excepcionalmente altas, especialmente na região Sudeste. Além disso, as secas no Cerrado e na Amazônia têm afetado de forma severa tanto os ecossistemas quanto a produtividade agrícola.

FZ: No que diz respeito à transição energética e geração de energia, que outras fontes de energia poderiam ser utilizadas nas sociedades contemporâneas, substituindo os combustíveis fósseis?

PA: Bom, hoje nós temos uma situação até que é relativamente confortável, no sentido de que a geração de energia solar e a energia eólica têm preços menores do que a geração de combustíveis fósseis.

A tecnologia de energia solar e energia eólica estão maduras o suficiente. Do ponto de vista da aplicabilidade, hoje você pode colocar em qualquer residência placas de geração de energia fotovoltaica, com preços competitivos e muito abaixo da queima de combustíveis fósseis.

Então, sim, temos alternativas à queima de combustíveis fósseis, embora elas também apresentem desafios. Um dos principais é a chamada intermitência: não há geração de energia solar à noite, evidentemente, e a produção de energia eólica costuma ser menor nesse período. Ainda assim, o Brasil está em uma posição privilegiada. Cerca de 60% da nossa eletricidade vem de hidrelétricas e contamos com um sistema elétrico nacional interligado. Isso permite combinar fontes: usar a energia solar e eólica durante o dia e recorrer à energia hidrelétrica à noite, garantindo estabilidade no fornecimento.

FZ: Uma crítica que se costuma fazer à energia solar e eólica é que não gera tanta energia quanto a queima de combustíveis fósseis. Como o senhor vê esse debate?

PA: Ah, não! A energia solar e eólica pode gerar muito mais energia que a queima de combustíveis fósseis. Não existe limitação, particularmente em países tropicais como o Brasil. A incidência de energia solar é altíssima, não existe esta limitação.

Já no que diz respeito a energia eólica, ela pode ser gerada em terra, especialmente em áreas costeiras, ou no mar, por meio da chamada produção *offshore* — como ocorre no Mar do Norte, com grandes aerogeradores instalados no oceano e que alimentam a Inglaterra. No Brasil, esse potencial offshore ainda está praticamente inexplorado, apesar de ser imenso.

Então, essencialmente, o limite é um investimento que você pode fazer para a geração dessas energias, e não uma limitação física.

FZ: E no que diz respeito aos carros e mobilidade urbana? Quais tecnologias têm sido produzidas nesse esforço da transição energética?

PA: Uma das grandes questões na transição energética diz respeito ao setor dos transportes. Isso engloba transporte em navios, aviões, automóveis e caminhões, todo o transporte de carga, além de trens.

Os trens já são quase todos eletrificados na Europa e nos Estados Unidos, mas isso não acontece com os automóveis, e o futuro do automóvel é o automóvel eletrificado. A tecnologia dos carros elétricos evoluiu demais, particularmente na China, onde a gente tem veículos com autonomia de quinhentos, seiscentos quilômetros antes de você precisar carregar o veículo.

O grande problema dos automóveis elétricos atuais é que você tem uma bateria que pesa basicamente uma tonelada, até mesmo uma tonelada e duzentos quilos. Ou seja, uma bateria muito, muito grande, de tal maneira que, para transportar uma pessoa de oitenta quilos, você tem que levar junto uma tonelada de bateria para qualquer lugar que você vá.

Isso, evidentemente, é um processo totalmente ineficiente, mas tem soluções para isso. Uma das soluções é você fazer carros muito menores para uso urbano com baterias de muito pequeno porte que você possa ligar na tomada e carregar, por exemplo, durante a noite na sua casa ou durante o dia no seu escritório. Isso é perfeitamente factível com a tecnologia que a gente tem hoje a preços muito competitivos. Então existem alguns carros elétricos na Índia e na China, que custam em torno de dez mil dólares americanos (cerca de 56 mil reais). São carros urbanos pequenos, muito mais leves que esses carros de grande porte, por exemplo, da Tesla.

Existem inúmeras vantagens do carro elétrico em áreas urbanas. Primeiro, a eliminação do ruído do carro. Segundo, a eliminação da poluição do ar em áreas urbanas, que hoje mata milhares de pessoas ao redor do mundo. Isso porque o carro elétrico não emite gases de efeito estufa nem gases poluentes. O futuro é o transporte eletrificado. Mas essa transição vai demorar algumas décadas.

FZ: As mudanças climáticas afetam absolutamente todos os aspectos da vida humana: acesso à água, comida, saúde, urbanismo, economia, relações de gênero. Um ponto central é a questão da desigualdade, principalmente olhando para um país tão desigual como o Brasil. De que formas as mudanças climáticas interagem e se relacionam com questões de desigualdades e, principalmente, uma questão que vem sendo colocada

por movimentos de justiça climática: serão as pessoas mais pobres, aquelas que menos contribuíram para a emissão de carbono, as mais afetadas?

PA: Veja: se você observar, por exemplo, quem tem ar-condicionado em casa, ou seja, que num dia de uma onda de calor possa ter uma temperatura mais agradável em casa, são famílias de classe média e classe alta.

Quando você olha as regiões que são inundadas em São Paulo, todas essas regiões são de famílias de baixa renda, constituídas pelos mais pobres. Então, quem mais sofre os impactos das mudanças climáticas é a população de baixa renda, tanto nas cidades quanto nas zonas rurais.

O que a gente viu, por exemplo, no Rio Grande do Sul, nas inundações do ano passado, foram famílias de baixíssima renda que acabaram perdendo tudo de uma hora para outra por causa das chuvas intensas. Quando ocorrem deslizamentos de terra em Petrópolis ou na Serra do Mar, aqui em São Paulo, é muito difícil ver a casa de uma pessoa muito rica ser atingida por esses deslizamentos.

Isso é verdade aqui no Brasil, mas isso também é verdade entre os países. Por exemplo, o impacto da mudança climática para a Suécia, Dinamarca ou Noruega é muito menor do que para a população média do Brasil ou de um país da África. Então esse é um aspecto importante das mudanças climáticas: quem vai efetivamente sofrer com a mudança do clima é a população de baixa renda, como a gente já pode observar claramente.

FZ: Um ponto pouco debatido quando falamos de mudanças climáticas, mas fundamental, diz respeito aos oceanos. Principalmente no Brasil, com uma área costeira tão extensa. Qual o papel dos oceanos na regulação climática? E o que significa a acidificação dos oceanos?

PA: Nunca podemos esquecer que a nossa civilização é baseada nas regiões continentais, mas 75% da área do nosso planeta é água: são os oceanos. E a água tem uma propriedade muito importante, que é ter uma gigantesca capacidade térmica. O que isso quer dizer? Que ela absorve muito calor por um aumento relativamente pequeno de temperatura.

E o que está acontecendo é que os oceanos estão absorvendo mais do excesso de calor. Assim os oceanos estão se aquecendo. E com o aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico, eles estão também se acidificando, porque esse CO₂ atmosférico é dissolvido na água, formando ácido carbônico que altera o pH dos oceanos. Isso afeta toda a biota em todos os oceanos, mas em particular microrganismos que têm esqueletos formados por calcário.

Quando você acidifica a água, esses esqueletos são dissolvidos e esses organismos acabam morrendo. Ou seja, estamos diante de um forte potencial

de alterar toda a cadeia alimentar oceânica. Além disso, com o aumento da temperatura, a água se dilata e, ao se dilatar, o nível dos oceanos aumenta. Já aumentou, em média, 24 centímetros no planeta como um todo, e a previsão é de que, a continuar a trajetória que estamos hoje, o mar vai aumentar alguma coisa da ordem de um metro até o final deste século.

Todas essas mudanças vão impactar muito fortemente duas questões importantes. Primeiro, todas as nossas praias e todas as nossas cidades em áreas costeiras. O Brasil possui 8,5 mil km de áreas costeiras que são muito sensíveis ao aumento do nível do mar. O segundo dano diz respeito às nossas infraestruturas. O Brasil é um país que tem um número muito alto de portos. E um porto com um nível de água um metro acima do que era algumas décadas atrás certamente vai ter problemas de navegação. Além dos portos, nós temos outras infraestruturas perto de áreas costeiras, aeroportos como o Santos Dumont e o Galeão (ambos no Rio de Janeiro), que com o aumento de um metro do nível do mar certamente vão ficar debaixo da água.

FZ: O embaixador André Corrêa do Lago, presidente da COP30, afirmou recentemente que as mudanças serão inevitáveis, seja por escolha ou por catástrofe. No ano passado, 2024, nós acumulamos catástrofes: inundações no Rio Grande do Sul, secas e incêndios na Amazônia, além de intensas ondas de calor país adentro. O senhor acredita que a gente está num caminho para uma mudança por escolha? Que decisões precisam ser tomadas para essas mudanças acontecerem e evitar o cenário colocado catástrofe?

PA: A primeira mudança, a mais importante que a gente espera que seja acelerada na COP30 é o abandono gradual da exploração e do uso de combustíveis fósseis, em particular do petróleo. Sem isso, que é a essência e a base das mudanças climáticas, todas as outras decisões ficam sendo meramente paliativas.

Só que hoje, no planeta como um todo, o Brasil é uma exceção nessa questão. O Brasil tem mais de 80% da sua energia gerada de maneira sustentável, através de hidrelétricas, energia solar e eólica. Mas o Brasil, entre os membros do G20, é um país completamente fora da curva, já que todos os demais países usam combustíveis fósseis na base da sua matriz energética.

Então a economia do planeta como um todo é baseada no uso de combustíveis fósseis. Primeiro, você não faz essa transição da noite para o dia. E segundo, você precisa de altíssimos investimentos para mudar a trajetória atual de uso de combustíveis fósseis em todos os países do nosso planeta.

Essas são dificuldades que a gente deveria ter enfrentado há vinte, trinta anos, o que teria permitido estarmos em numa situação bem mais confortável do que estamos. Não é uma situação catastrófica, do ponto de

vista que não é o fim do mundo, mas certamente nós vamos aquecer o planeta em pelo menos uma média de três graus Celsius ao longo deste século.

FZ: Entretanto, as emissões de gases de efeito estufa seguem crescendo. Temos os Estados Unidos indo na contramão, com a retirada do país, mais uma vez, dos acordos de Paris. No Brasil, o nosso cenário nacional tem suas particularidades: um governo que entregou números muito impressionantes de controle do desmatamento ilegal na Amazônia e, ao mesmo tempo, uma pressão política para a aprovação de estudos para verificar a viabilidade da exploração de petróleo na foz do Amazonas, o que implica mais emissões de CO₂ na atmosfera. Como o senhor vê esse cenário e a possibilidade de o Brasil assumir algum tipo de protagonismo internacional? Que outros atores de peso na política global podem atuar nesse cenário?

PA: A saída dos Estados Unidos não significa que vai tudo por água abaixo. Os Estados Unidos é um país entre os 196 que assinaram a Convenção do Clima. É um país importante, obviamente, mas não é tudo. E o que nós estamos observando é que outros países vão ocupar o espaço que os Estados Unidos ocupavam, em particular, obviamente, a China. Essa é uma questão geopolítica, em que os Estados Unidos estão basicamente dando de bandeja um protagonismo para a China, que ela teria que conquistar a duríssimas penas. E agora está conquistando basicamente de graça.

Ainda assim, é claro que a maior economia do planeta tem um impacto enorme na luta contra as mudanças climáticas. Não vamos minimizar esse papel. Estamos diante de um retrocesso importante para o planeta. Não há a menor dúvida. Por outro lado, isso vai estimular outros países a reduzirem mais as suas emissões, a investirem mais na transição energética e, com isso, compensar uma parte dos Estados Unidos. Outro aspecto é que os Estados Unidos vão tornar a economia deles mais suja, menos competitiva no cenário internacional. E, no fim das contas, quem mais vai perder com essas ações é o próprio Estados Unidos.

FZ: A realização da COP em Belém, uma das principais cidades da Amazônia, gerou muito entusiasmo no país. Mas a gente tem também visto um desânimo em relação à possibilidade da transição energética. Existe particularmente um desgaste em relação às COPs, e o papel das petroleiras nas últimas duas conferências, no Azerbaijão (COP29) e nos Emirados Árabes Unidos (COP28) — países definidos por muitos cientistas políticos como “petro-estados”, tamanha a centralidade do petróleo em suas economias. Há algo de positivo a ser esperado da COP30 no Brasil?

PA: Diferente das últimas COPs realizadas em países fortemente dominados pela indústria do petróleo, como os Emirados Árabes Unidos e o Azerbaijão, a COP30 o Brasil é um país onde o peso do lobby petroleiro é

menor, embora ainda presente. Isso gera a expectativa de que, em Belém, a influência da indústria do petróleo seja reduzida.

É importante deixar claro: ela não vai desaparecer. Na COP de Baku (no Azerbaijão), por exemplo, milhares de lobistas atuaram intensamente para impedir que a declaração final incluísse o compromisso com a eliminação dos combustíveis fósseis. E foram bem-sucedidos.

Ainda é cedo para prever o desfecho em Belém, mas há indícios de que o protagonismo das petroleiras possa ser menor.

FZ: Muito obrigado Professor Paulo. O senhor gostaria de acrescentar alguma reflexão para finalizar?

PA: Eu acho que são dois pontos importantes. Primeiro, a população brasileira tem que levar em conta que o Brasil é um dos países que mais vão ser afetados pelas mudanças climáticas. O Brasil é um dos países mais vulneráveis às mudanças climáticas. Por que isso? Porque três a quatro graus de aumento de temperatura em Estocolmo, Berlim ou em Nova York tem um impacto muito menor do que três ou quatro graus de aumento de temperatura em Teresina, em Palmas em Cuiabá ou em Brasília, que são cidades que já vivem no limite superior da sobrevivência humana do ponto de vista de temperatura.

Além disso, o Brasil é muito vulnerável porque a economia brasileira depende excessivamente do agronegócio, e a precipitação no Brasil Central e na parte Leste da Amazônia está sendo reduzida de maneira muito importante. Assim, o país, que é essencialmente, com o agronegócio, um exportador de água, vai perder competitividade no mercado internacional. Isso já está acontecendo, e só vai se intensificar. Então isso leva a nós, brasileiros, a ter que repensar qual é o futuro queremos para o nosso país, porque um futuro baseado na produtividade agrícola, não há dúvida que não será tão produtivo quanto até agora.

Essas são questões-chave para o Brasil. É enorme a nossa vulnerabilidade por causa da nossa posição tropical, do nosso sistema econômico e também do nosso sistema de geração de eletricidade. Vale lembrar que 60% da nossa eletricidade é gerada pela chuva, que está sendo modificada fortemente.

Então, o que a gente observa é que o Brasil precisa prestar muito mais atenção nos impactos da mudança climática na nossa economia, na nossa sociedade, no nosso sistema energético e na nossa população. E a gente tem que se adaptar a esse novo clima o mais rápido possível, para diminuir os prejuízos que a gente vai ter nas próximas décadas com as mudanças climáticas. São questões muito estruturantes na sociedade brasileira, e a gente precisa trabalhar adequadamente com isso.