

# Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano

CARLOS A. JOLY<sup>I</sup> e HELDER LIMA DE QUEIROZ<sup>II</sup>

## Introdução

O PLANETA passa por diferentes crises que se entrelaçam na dimensão ambiental, econômica, de saúde, e são agravadas pela crise de governança. Mas tantas crises simultâneas também oferecem à humanidade a rara oportunidade de redirecionar seus esforços de desenvolvimento para um modelo que seja mais sustentável, com menor utilização de combustíveis fósseis e uma utilização menos predatória dos recursos naturais (Pons et al., 2020; Settele et al., 2020).

Vivemos a crise aguda causada pela epidemia do coronavírus, exemplo de uma crise no sistema de saúde, com fortes reflexos na economia e que tem como origem a crise ambiental. Sua solução, o desenvolvimento de uma vacina, ocorrerá, na melhor das hipóteses, apenas em 2021 (Le et al., 2020). Considerando experiências anteriores, a expectativa na área médica é de que a produção e distribuição em grande escala e disponibilidade de uma vacina para os países em desenvolvimento é algo que poderá demorar de um a três anos, segundo admite a própria Organização Mundial da Saúde (Le et al., 2020). Paralelamente, o desenvolvimento de novos fármacos para o tratamento da doença pode tornar possível a convivência com o vírus causador da Covid-19 (Clososki et al., 2020).

Vivemos a crônica crise climática que já vem demonstrando seus efeitos e cuja solução deve demorar mais de um século, se conseguirmos de fato diminuir gradativa e continuamente as emissões de gases de efeito estufa (Ripple et al., 2019). De fato, o desejável seria uma rápida descarbonização das economias globais, compatível com os compromissos das Nações no Acordo do Clima de Paris de 2015, o que parece cada vez mais incerto (Fears et al., 2020).

E vivemos a crise da biodiversidade, para a qual não há solução conhecida, uma vez que a extinção de uma espécie é irreversível. Mas cujos efeitos podem ser mitigados se logarmos diminuir a força dos vetores que têm intensificado continuamente a velocidade na qual estas espécies se extinguem. E, desta forma, evitarmos o colapso dos serviços ecossistêmicos imprescindíveis para a sobrevivência da humanidade (IPBES 2019a; CBD, 2020).

É mais difícil para alguns entender um vínculo entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, por conta do que passou a ser conhecido como “paradoxo da

conservação da biodiversidade”, quando uma forte deterioração ambiental não é necessariamente acompanhada por uma perda proporcional da biodiversidade. Hoje sabemos que os principais benefícios que a natureza oferece à humanidade não repousam em toda a biodiversidade, mas em alguns de seus componentes-chave. Embora sejam fatores intrinsecamente relacionados, eles sofrem perda e deterioração em velocidades distintas (Vellend, 2017). A perda da biodiversidade é, certamente, um fenômeno planetário, mas está se dando de forma desigual em diferentes ecossistemas e distintas partes do mundo, bem como a deterioração dos serviços ecossistêmicos (Bowler et al., 2020).

Pela simples observação do momento em que vivemos, é possível entender que passamos também por uma quarta crise, que é a crise da governança socioambiental. Essa é uma crise agudíssima no cenário nacional, aguçada pelo desmonte de todo o arcabouço legal e institucional responsável pela governança ambiental, e da desativação dos mecanismos que regulavam as relações institucionais do Estado com as populações tradicionais do país (como indígenas, quilombolas, ribeirinhos etc.), que vivem em estreita interação com os ambientes naturais. Essa crise é, por outro lado, crônica quando observada pela perspectiva internacional, onde a multiplicidade de interesses econômicos e políticos, associada à falta de mecanismos para, de fato, implementar as decisões das diferentes convenções, impede progressos mais significativos neste âmbito (Adams et al., 2020; O’Neill; Haas, 2019).

Ao contrário da crise da pandemia de Covid-19, cuja solução pode ser esperada para os próximos dois ou três anos, está claro que a solução da crise climática e a mitigação da crise da biodiversidade são alvos mais distantes no tempo, e que dependem de mudanças transformativas profundas, tanto no modelo de desenvolvimento global quanto nos padrões de consumo de nossa espécie (Settele et al., 2020).

Mas neste artigo queremos explorar em maior profundidade as relações entre a biodiversidade, a pandemia de Covid-19 e o bem-estar humano. Nas milhões de publicações sobre a pandemia produzidas ao redor do mundo, poucas se dedicam a essas relações. Elas são importantes não apenas para evitarmos novas pandemias, mas também para atuarmos de forma decisiva na mitigação da crise da biodiversidade.

### **Biodiversidade como origem dos vírus**

Os vírus são um componente da biodiversidade. São as entidades biológicas mais abundantes da Terra, que se originaram há cerca de 3,5 bilhões de anos. Muito possivelmente os vírus têm uma origem polifilética, mas ainda falta um maior consenso a esse respeito. A maioria dos autores considera que a evolução dos vírus tenha sido quimérica, isto é, deu-se pela incorporação de vários componentes genéticos provenientes de outros organismos ao longo da sua história evolucionária (Krupovic et al., 2019).

Praticamente todos os organismos celulares abrigam uma grande diversidade de vírus, a ponto de podermos afirmar que todo processo evolutivo é, no

fundo, uma história de coevolução entre vírus e seus hospedeiros. Consequentemente, novos grupos de vírus continuam surgindo continuamente. Portanto, indubitavelmente eles tiveram, e continuam tendo, um papel importante na ecologia global e na evolução da biosfera (Krupovic et al., 2019).

Taxonomicamente, o Sars-CoV-2, agente causador da Covid-19, é um *Betacoronavirus*, um grupo de vírus que infectam exclusivamente mamíferos. Os morcegos são sugeridos como os maiores reservatórios naturais de *Betacoronavirus*. Entretanto, isso ainda não foi definitivamente estabelecido (Aguirre et al., 2020). E ainda não são conhecidos casos de transmissão direta desses vírus dos morcegos para o homem (Loeffelholz; Fenwick, 2020).

O caminho conhecido para passagem dos betacoronavírus de seus mamíferos reservatórios para os hospedeiros humanos sempre envolve um hospedeiro intermediário, que pode ser um felino, como o civeta ou, como parece ser o caso da atual pandemia, um pangolim (Zhang et al., 2020).

Outro grupo importante de vírus são os arbovírus (nome derivado de *Arthropod Borne Virus*), que constituem-se num outro grupo de vírus bem conhecido por ser causador de sérios problemas para a saúde dos humanos. Todos eles são transmitidos para o homem por meio de um artrópode hematófago (mosquitos, borrachudos, carrapatos), a partir de animais silvestres hospedeiros, como os macacos. No caso de doenças como febre amarela, dengue, zika e chikungunha, a pessoa infectada passa a ser o reservatório, permitindo uma rápida propagação da doença (Mayera et al., 2017).

Por tudo que foi exposto aqui, não resta a menor dúvida de que a biodiversidade é a fonte de vírus, que eles estão presentes na maioria das formas de vida no nosso planeta, desde bactérias até plantas e animais. Mas, obviamente, isso não significa que a biodiversidade seja uma ameaça para nossa espécie. Nós também fazemos parte da diversidade de espécies que habita este planeta. O problema decorre da forma como nós interagimos com as demais espécies. Ao degradarmos os ambientes naturais, destruindo seus habitats, e criando novas relações próximas com outras espécies e seus vírus, nós mesmos nos colocamos em risco (Tollefson, 2020; Vittor et al., 2020).

### **Os cenários de transmissão**

Os assim chamados “wet markets” (recebem esse nome em razão de comercializarem animais vivos e também alimentos como carnes, peixes e crustáceos que, no passado, precisavam ficar acomodados em gelo, e o seu derretimento deixava o piso do mercado molhado), que estão espalhados pelo mundo, mantêm tradições milenares e alimentam hábitos incorporados à cultura de muitas populações tradicionais (Lynteris, 2016). Existem algumas características desses mercados que se tornaram muito importantes neste atual contexto. Em primeiro lugar, são mercados nos quais os animais vivos ou recém-abatidos são mantidos muito próximos entre si, e em contato com humanos (sejam eles os trabalhadores do mercado, sejam os inúmeros consumidores que o frequentam

todos os dias). Não é raro que os animais sejam mantidos em pequenas gaiolas, acondicionadas umas sobre as outras, permitindo que fluidos e excrementos de um indivíduo sejam derramados sobre outro, muitas vezes de espécies diferentes (Nuwer, 2020). Em segundo lugar, são mercados que seguem muito pouca ou nenhuma regulação sanitária, oferecendo animais exóticos de locais distantes. Não raro, são mercados ilegais, o que não é o caso do “wet market” no qual desconfia-se que tenha se iniciado a pandemia de Covid-19 (Aguirre et al., 2020).

Normalmente “wet markets” com tais características são mais comumente encontrados na Ásia. Lá os consumidores possuem uma visão muito condescendente, ou mesmo positiva, desses locais. Costumam ser considerados uma fonte de alimentos frescos e baratos, e que oferecem alimentos exóticos cujo consumo pode representar um símbolo de *status* social, ou possuir propriedades de cura (Daszak et al., 2020). No Brasil não possuímos nada que se assemelhe a um “wet market”, embora existam alguns mercados tradicionais que podem se apresentar como feiras, ou como outras estruturas públicas que, na sua maioria, se tornaram atrações turísticas – exemplos disso são o Mercado Municipal de São Paulo, o mercado do Ver-o-Peso de Belém, o Mercado de São José em Recife e o Mercado Público de Florianópolis. Mas existem muitos outros pelo país afora. Nenhum deles é sequer remotamente parecido com um “wet market” asiático, e suas características são totalmente diversas.

É, entretanto, nas feiras da periferia de grandes cidades, ou nas de pequenas cidades, principalmente nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, onde vamos encontrar carne de caça, normalmente vendida de forma clandestina. Praticamente em todas as regiões do Brasil podemos encontrar longas tradições de ingestão de carne de animais silvestres, sempre muito apreciadas. Tradições culinárias como a carne de roedores – como cutia, paca e capivara, ou de outros mamíferos como tatu, anta, veado, macacos e reptéis como jacaré e tartarugas. Esses animais podem ser encontrados em locais de venda clandestina em muitas regiões do Brasil. Mas, muito diferente dos “wet markets” de países asiáticos, não temos a tradição de manter esses animais vivos, em gaiolas, para serem mortos e eviscerados ao gosto do comprador (Ferreira; Matos, 2019; Mendes, 2020; Perrota, 2020). Além do mais, por mais deficiências que apresente, o Brasil ainda tem um sistema de vigilância sanitária. Essa é uma importante barreira que impede que aconteçam as grandes catástrofes que poderiam acontecer nos grandes mercados brasileiros caso esse sistema não existisse.

Talvez o único local em toda a Amazônia que possa remotamente lembrar um “wet market” seja o famoso Mercado de Belén, em Iquitos, no Peru. Famoso por vender animais silvestres para consumo humano, esse mercado se notabilizou por seu tamanho, e pelo enorme volume de vendas anuais (Mayor et al., 2019). Entretanto, o costume tradicional é que os animais são vendidos já mortos e eviscerados. E normalmente as carcaças de animais de diferentes espécies são vendidas separadamente. Portanto, não costuma haver contato di-

reto de fluidos e secreções de diferentes espécies, como é comum nos mercados asiáticos. Apesar disso, há uma pequena venda de animais vivos (German; Ríos, 2018). Isso não significa, todavia, que o consumo desses animais seja seguro, pois a falta de controle sanitário dos produtos de consumo humano lá vendidos pode ser perigosa (Batalla et al., 2015).

É comum encontrarmos em veículos de imprensa brasileiros notícias sobre o surto de uma doença desconhecida, que causou a morte de algumas pessoas em uma determinada cidade ou região, como por exemplo “Doença desconhecida causa morte em Minas Gerais” (Agência Brasil, 2020). Esses surtos, nunca devidamente elucidados, poderiam ser o núcleo da disseminação de uma grande epidemia se as condições desses locais fossem mais favoráveis, como ocorre em alguns ambientes específicos, como os “wet markets” na Ásia. Nesses casos esporádicos, a transmissão é interrompida rapidamente, provavelmente porque são casos que ocorrem em localidades mais isoladas, e as cadeias de contágio são circunscritas a alguns indivíduos, que possuem um círculo de contatos muito restritos. Mas são casos majoritariamente não investigados e cuja epidemiologia é completamente desconhecida.

Estima-se que 65% de todas as doenças humanas causadas por vírus, além da Covid-19, da Aids e do ebola, são zoonoses. Isto é, obrigatoriamente têm como primeiro hospedeiro, e reservatório, um animal da fauna silvestre. No Brasil, a emergência de vírus novos e desconhecidos, ou a disseminação de vírus já conhecidos, mas que antes estavam restritos, se dá muito mais em associação com a contínua aceleração da destruição de nossos biomas. Com a redução, fragmentação e perda de habitats nós estamos constantemente ampliando o contato do homem com novos vírus (Tollefson, 2020; Vittor et al., 2020). Como afirmam Gibb et al. (2020), “mudanças globais no modo e na intensidade de uso da terra estão criando interfaces perigosas em expansão entre pessoas, animais e reservatórios de vida selvagem de doenças zoonóticas”.

Certamente os casos mais conhecidos no Brasil são da transmissão dos vírus de febre amarela, dengue, chicungunha e zika por mosquitos, a partir de macacos que, muito possivelmente, foram os reservatórios e hospedeiros intermediários. Nesses quatro casos os vírus ficaram circulando por muito tempo entre macacos e espécies arborícolas dos mosquitos *Haemagogus* spp, *Sabethes* spp e *Aedes* spp, na copa das árvores de florestas da África e da Ásia (Paixão et al., 2018; Higuera; Ramírez 2018).

A febre amarela e seu principal vetor, o *Aedes aegypti*, chegaram ao Brasil durante o século XVII com o tráfico de escravos. Já no caso de dengue, chicungunha e zika, análises filogenéticas sugerem que todos chegaram ao Brasil via Caribe e países da porção norte da América do Sul (Campos et al., 2018). Outro exemplo bem conhecido no Brasil é o de hantavirose, causada por hantavírus, cujos reservatórios naturais são pequenos roedores cujas populações crescem em áreas antropizadas, como os canaviais (Prist et al., 2016). A expansão urbana sobre

canaviais aumenta a população humana em contato com esses roedores silvestres. A infecção humana por hantavirose ocorre mais frequentemente pela inalação de aerossóis, formados a partir da urina, fezes e saliva de roedores infectados. A transmissão também pode se dar pelo contato de feridas com as fezes, pelo contato do vírus com mucosa (conjuntival, da boca ou do nariz), por meio de mãos contaminadas com excretas de roedores e, eventualmente, pela mordida destes roedores silvestres (Prist et al., 2016; Fonseca et al., 2018; Guedes et al., 2019).

Países megadiversos como o Brasil, com altos graus de vulnerabilidade social e degradação ambiental, possuem grande probabilidade de que novos patógenos que vivem em espécies silvestres pulem para os hospedeiros humanos. No Brasil, a emergência nesses anos mais recentes de novos vírus recém-descobertos, como o Oropouche e o Sabiá, são fortes exemplos deste problema (Andreazzi et al., 2020).

### **Biodiversidade como cura**

Sem sombra de dúvidas, a biodiversidade é também uma grande farmácia (Joly; Bolzani, 2017; Valli et al., 2018), cujas fontes podem ser terrestres, marinhas ou de água doce. Mais de 40% de todos os medicamentos disponíveis, e 70% daqueles utilizados como antibióticos e anticancerígenos são oriundos da biodiversidade. Mais de 77 mil plantas são hoje utilizadas como fontes de medicamentos para a humanidade (Calixto, 2003; Rajeswara et al., 2012). Pode ser uma grande fonte de novos antitrombóticos, antimicrobianos e antivirais. São produtos naturais que podem ser sintetizados a partir de plantas, de organismos marinhos e de fungos, tenham baixa citotoxicidade (para reduzir os efeitos colaterais) mas que tenham forte atividade anticarcinogênica, antibacteriana, antiviral entre outras (Joly; Bolzani, 2017).

A biodiversidade é a origem de uma gama grande de moléculas utilizadas em antivirais utilizados nos tratamentos de HIV, herpes, hepatite B e C e influenza A e B. Essa propriedade antiviral é, por motivos óbvios, uma das mais investigadas em todo o mundo. Os fármacos antivirais podem ser divididos de acordo com seu alvo e o seu modo de ação. Assim, os fármacos antivirais podem ser separados em: i. Inibidores de fusão/adsorção; ii. Inibidores de descapsidação; iii. inibidores de DNA polimerase; e iv. inibidores de transcrição reversa (Linnakoski et al., 2018).

Bons exemplos são as drogas baseadas em Espongouridina e Espongotimidina, moléculas isoladas a partir de esponjas marinhas que fazem parte do coquetel de drogas (especialmente o AZT) utilizadas para o combate ao HIV. Substâncias extraídas de fungos mostram resultados positivos contra HIV, herpes e H1N1 (Linnakoski et al., 2018). Já moléculas extraídas de plantas brasileiras mostraram atividade contra os vírus de HIV, herpes, influenza e hepatite C (Denaro et al., 2019).

Atualmente há cerca de 40 compostos internacionalmente aprovados, mas eles estão envolvidos na terapêutica de apenas 10 viroses. A situação é ainda mais

crítica no caso de doenças negligenciadas, onde, por falta de interesse econômico, não há sequer linhas de pesquisa continuadas (Salata, 2017). Infelizmente o caminho que vai da medicina tradicional até o remédio na prateleira é longo, em média 15 anos, e exige a dedicação de equipes multidisciplinares, incluindo biólogos, bioquímicos, farmacêuticos, químicos e físicos. No caso de antivirais, exige também instalações com níveis de biossegurança 4, e vários outros investimentos de grande porte. Portanto, da mesma forma que ocorre no desenvolvimento de vacinas, o desenvolvimento de medicamentos antivirais para doenças novas, emergentes, é um processo complexo e caro, que precisa se basear em pesquisa científica sólida e responsável.

### **Mudança climática**

Além do intenso processo de degradação ambiental que decorre das mudanças no uso da terra, com a contínua e profunda alteração de habitats naturais, ou mesmo sua total aniquilação (e da biodiversidade a eles associada), nas últimas décadas um novo fator veio somar-se às fontes de transformação do meio natural.

Fatores causais, diretos e indiretos, de transformação da biodiversidade, e dos serviços ecossistêmicos associada a ela, apresentaram uma sensível aceleração nos últimos 50 anos. As mudanças globais na natureza ocorreram em taxas sem precedentes durante esse período. Os fatores diretos mais impactantes são as mudanças no uso da terra e do mar, a exploração inadequada das espécies, as mudanças climáticas, a poluição e a invasão de espécies exóticas em novos ambientes.

Esses fatores resultam de uma série de causas subjacentes – por esse motivo, fatores indiretos de mudança – que são sustentadas por valores e comportamentos sociais de grande relevância, como os padrões de produção e consumo, as dinâmicas e tendências demográficas da população humana, o comércio e as inovações tecnológicas (IPBES, 2019a).

A taxa de evolução destes fatores, ou drivers diretos e indiretos, difere bastante entre regiões e países, mas as projeções disponíveis até o momento indicam que até o final do século as mudanças climáticas se tornarão o principal fator causal na extinção de espécies e na deterioração dos serviços ecossistêmicos, levando a uma perda sem precedentes de todos os benefícios que a natureza oferece para a nossa espécie (IPBES 2019b; WWF, 2020). Infelizmente, o 1º Diagnóstico Brasileiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos demonstra claramente que essa é também a realidade no Brasil (BPBES, 2019).

A mudança climática é um driver direto que está acelerando descontroladamente, impactando tanto a biodiversidade, como os serviços ecossistêmicos e, assim, a qualidade de vida dos que dependem destes serviços. Usando como base o período anterior ao início da Revolução Industrial, os registros indicam que nós já causamos um aumento médio de 1 °C na temperatura média do planeta. Na média, nosso impacto atual é de 0,2 °C na temperatura média a cada 30 anos. A frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos, e de incên-

dios, enchentes e secas que eles têm provocado, aumentou significativamente nos últimos 50 anos. Enquanto isso, o nível médio global do mar subiu entre 16 e 21 cm desde 1900, e continua subindo a uma taxa de mais de 3 mm por ano nas duas últimas décadas (IPBES 2019b).

Essas mudanças têm contribuído para impactos generalizados sobre muitos aspectos da biodiversidade, incluindo a distribuição das espécies, sua fenologia (seus ciclos de reprodução), a dinâmica das populações, a estrutura das comunidades, o funcionamento de ecossistemas e taxas de extinção de espécies. De acordo com evidências disponíveis, os efeitos estão acelerando mais nos ecossistemas marinhos, terrestres e de água doce. Os impactos na agricultura, na aquicultura, na pesca, e nos serviços ecossistêmicos já afetam os serviços ecossistêmicos essenciais para a boa qualidade de vida em todo o mundo. No que tange aos impactos sobre a biodiversidade há uma forte sinergia negativa entre as mudanças no uso da terra, a poluição e as mudanças climáticas. Mudanças no uso da terra resultam, invariavelmente, em uma maior emissão de CO<sub>2</sub>, a poluição aumenta a retenção de energia na terra, e ambos os drivers resultam em uma aceleração ainda mais intensa do aquecimento global (IPBES 2019b; WWF, 2020). Num período em que as queimadas nos diferentes biomas brasileiros aumentaram significativamente tanto em frequência quanto em intensidade, cabe destacar que as elas também aumentam o potencial de pandemias zoonóticas (Bonilla-Aldana, 2019).

Considerando a nefasta sinergia entre as mudanças climáticas globais e as taxas de extinção de espécies, fica fácil notar que o *Homo sapiens* é a única espécie no planeta responsável pelas pandemias observadas no último século, incluindo a atual pandemia de Covid-19.

### **Conclusão**

Apesar de todas as perdas e instabilidades experimentadas atualmente, é possível perceber que o momento também permite aprender com a Covid-19, reconhecendo particularmente a ligação existente entre biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e saúde humana, para reunirmos esforços e buscarmos evitar o surgimento de novas pandemias tão ou mais devastadoras que a atual.

As estratégias de prevenção de novas pandemias originadas por zoonoses devem considerar três pontos principais:

- a) É imperativo integrar o conhecimento sobre a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos a ela associados, às estratégias para reiniciar a economia no pós-pandemia de Covid-19. É preciso também garantir de imediato que as ações que estão sendo tomadas para controlar e reduzir os impactos da atual pandemia não amplifiquem, por si só, os riscos de futuros surtos e crises.

Há várias considerações importantes que devem ser centrais para os planos trilionários de recuperação e de estímulo econômico propostos ou já em fase de execução. Algumas economias têm deixado este vín-



culo claro, como é o caso da Comunidade Econômica Europeia com o 2021-2027 Long-Term EU Budget & Next Generation EU.

É imprescindível assegurar o respeito, e quando for o caso o reforço, da regulamentação ambiental vigente, e apenas utilizar pacotes de estímulos que ofereçam incentivos para uma maior sustentabilidade e que sejam mais positivos para a natureza. Não é possível pegar o atalho da recuperação fácil, flexibilizando normas ambientais e estimulando atividades que continuem a promover ou intensificar o uso de combustíveis fósseis, a conversão de áreas de vegetação nativa para agropecuária, a poluição dos oceanos, pois estaríamos subsidiando as condições perfeitas para o aparecimento de novas epidemias.

- b) Devemos adotar a abordagem de “saúde única” ONE HEALTH a todos os níveis de decisão – a partir do global ao mais local – reconhecendo as complexas interligações entre a saúde das pessoas, animais, plantas e o nosso ambiente comum. ONE HEALTH é uma abordagem de concepção e execução de programas, políticas, legislação e investigação em que múltiplos setores comunicam e trabalham em conjunto para alcançar melhores resultados em matéria de saúde pública e qualidade de vida (Bonilla-Aldana et al., 2020).

As áreas de trabalho em que uma abordagem de ONE HEALTH é particularmente relevante incluem a segurança alimentar, o controle das zoonoses (doenças que podem propagar-se entre animais e seres humanos, como a gripe, a raiva, a febre amarela etc.) e o combate à resistência aos antibióticos (quando as bactérias mudam depois de expostas aos antibióticos e se tornam mais difíceis de tratar).

- c) É muito importante aperfeiçoar e integrar os diferentes sistemas de monitoramento que permitam a rápida detecção de surtos emergentes, e sua devida avaliação epidemiológica. Isto implica em integrar diferentes setores da gestão pública. Desde a vigilância sanitária, a inspeção animal, até a vigilância e controle ambiental, e a saúde pública. Todos aqueles setores de alguma maneira relacionados à abordagem ONE HEALTH precisam ter sistemas de detecção e análise aperfeiçoados e integrados, com especialistas treinados e capacitados para lidar com questões que, ao que tudo indica, serão mais e mais frequentes ao longo das próximas décadas.

Talvez mais importante ainda que tudo isso, precisemos de uma mudança transformadora – do tipo salientado no ano passado no Relatório de Avaliação Global do IPBES (2019a, b). Uma mudança em todo o sistema, com sua reorganização através de fatores tecnológicos, econômicos e sociais, incluindo paradigmas, objetivos e valores, promovendo responsabilidades sociais e ambientais em todos os setores. Por mais custosa e desafiadora que esta mudança possa parecer – é ainda pouco quando comparada ao preço que já estamos pagando por não termos realizado ainda as transformações necessárias.

Mudanças transformativas são mudanças nos drivers indiretos de destruição da biodiversidade e serviços ecossistêmicos visando um desenvolvimento sustentável. Isso inclui necessárias mudanças comportamental, social, cultural, econômica, institucional, e nas dimensões técnicas e tecnológicas, associadas a intervenções nos drivers diretos de mudança na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos. Entendendo melhor como esses drivers podem ser transformados, seria possível o desenvolvimento de políticas e ações para desencadear um círculo virtuoso de sustentabilidade e boa qualidade de vida em vários níveis, desde os indivíduos até comunidades e empresas, e até para a sociedade em geral. Dentro do possível, devem-se tirar lições e aprendizados das alterações transformativas anteriores, por exemplo as atitudes em relação ao fumo, a transição de fontes de energia e a urbanização decorrente da transformação da vida do campo para vida na cidade.

Para que a humanidade possa atingir seu objetivo de um futuro mais sustentável e próspero, enraizado em uma natureza florescente, é fundamental abrir um espaço para perspectivas mais plurais das relações homem-natureza. Como a comunidade global se propõe a desenvolver novos objetivos para a biodiversidade, a Framework Futuros para Natureza (Natures Future Framework) pode ser usada como uma ferramenta de navegação ajudando a tornar possíveis futuros diversos e desejáveis. (Pereira et al., 2020)

**Agradecimentos** – Agradecemos a todos os colegas da Coalizão Ciência e Sociedade (<https://cienciasociedade.org>) pelas inúmeras discussões sobre a retrocesso e desmonte da legislação de proteção e uso sustentável da biodiversidade brasileira, que inspiraram trechos deste artigo, e nos obrigaram a manter em dia a leitura de trabalhos importantes para contextualizar os acontecimentos dos últimos 18 meses. Agradecemos em especial a Dra. Paula F. Drummond de Castro pela revisão crítica das primeiras versões deste manuscrito.

## Referências

ADAMS, C. et al. Governança ambiental no Brasil: acelerando em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável ou olhando pelo retrovisor? *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, v.25, n.81. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cgpc/article/view/81403>>. Acesso em: set. 2020.

AGÊNCIA BRASIL. Doença desconhecida causa morte em Minas Gerais. Publicado em 9.1.2020 – 7h39 por Gésio Passos - Repórter da Rádio Nacional de Brasília – Brasília. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-01/doenca-desconhecida-causa-morte-em-minas-gerais-09/01/2020>>. Acesso em: set. 2020.

AGUIRRE, A. A. et al. Illicit Wildlife Trade, Wet Markets, and Covid-19: Preventing Future Pandemics. 2020. *World Med Health Policy*, v.12, n.3, p.256-65, 2020. <https://doi.org/10.1002/wmh3.348>.

ANDREAZZI, C. S. et al. Brazil's Covid-19 response. *The Lancet*, v.396, n.10254, E31, 2020. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31920-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31920-6).

- BATALLA, L. L. et al. Presencia de hemoparásitos en tortugas motelo (*Chelonoides denticulata*) (Linnaeus, 1766) comercializadas en el Mercado de Belén, Iquitos, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, v.26, n.3, p.489-96, 2015. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i3.11168>.
- BONILLA-ALDANA, D. K. et al. Brazil burning! What is the potential impact of the Amazon wildfires on vector-borne and zoonotic emerging diseases? – A statement from an international experts meeting. *Travel Medicine and Infectious Disease*, v.31, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2019.101474>.
- BONILLA-ALDANA, D. K. et al. Revisiting the One Health Approach in the Context of Covid-19: A Look into the Ecology of this Emerging Disease. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, v.8, n.3, p.234-7, 2020. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.3.234.237>.
- BOWLER, D. E. et al. Mapping human pressures on biodiversity across the planet uncovers anthropogenic threat complexes. *People and Nature*, v.2, n.2, p.380-94. 2020. <https://doi.org/10.1002/pan3.10071>.
- BPBES. *1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. Ed. Joly C. A. et al. São Carlos: Editora Cubo, 2019. p.351. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>.
- CALIXTO, J. B. Biodiversidade como fonte de medicamentos. *Ciência e Cultura*, v.55, n.3, p.37-9, 2003.
- CAMPOS, T. L. et al. Revisiting Key Entry Routes of Human Epidemic Arboviruses into the Mainland Americas through Large-Scale Phylogenomics. *International Journal of Genomics*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6941735>.
- CBD/Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Global Biodiversity Outlook 5. Montreal, Canada, 212 pages, 2020. Disponível em <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-en.pdf> Acesso em: set. 2020.
- CLOSOSKI, G. C. et al. Tenofovir Disoproxil Fumarate: new chemical developments and encouraging in vitro biological results for Sars-CoV-2. *Journal Brazilian Chemistry Society*, v.31, n.8, p.1552-1556, 2020. <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20200106>.
- DASZAK, P. et al. A Strategy to Prevent Future Epidemics Similar to the 2019 NCoV Outbreak. *Biosafety and Health*, v.2, n.1, p.6-8, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.01.003>
- DENARO, M. et al. Antiviral activity of plants and their isolated bioactive compounds: An update. *Phytotherapy Research*, v.34, n.4, p.742-68, 2019. <https://doi.org/10.1002/ptr.6575>.
- FEARS, R. et al. Post-pandemic recovery: use of scientific advice to achieve social equity, planetary health, and economic benefits. *The Lancet – Planetary Health*, v.4, n 9, e383–e384, 2020. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30176-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30176-5).
- FERREIRA, E. B.; MATOS, M. I. S. Pelos interiores - a invenção do caipira: cultura, tradição e cozinha. *Revista Tempo e Argumento*, v.11, n.27, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/tempo/article/view/2175180311272019192>>. Acesso em: set. 2020.

FONSECA, L. X. et al. Magnitude e distribuição dos óbitos por hantavirose no Brasil, 2007-2015. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v.27, n.2, e2017221, 2018. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742018000200011>.

GERMÁN, V.; RÍOS, D. Impacto ambiental del tráfico ilegal de animales silvestres em Iquitos, Perú. *Revista ECIPerú*, v.15, n.1, p.1-13, 2018.

GIBB, R. et al. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, v.584, p.398-402, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8>

GUEDES, L. S. et al. Atualização do perfil epidemiológico da hantavirose no Brasil. *Revista Contexto & Saúde*, v.19, n.36, p.127-32, 2019 <http://dx.doi.org/10.21527/2176-7114.2019.36.127-132>.

HIGUERA, A.; RAMÍREZ, J.D. Molecular epidemiology of dengue, yellow fever, Zika and Chikungunya arboviruses: An update. *Acta Tropica*, v.190, p.99-111, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.11.010>.

IPBES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Ed. S. Díaz et al. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2019a, 56 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.

IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Ed. E. S. Brondizio et al. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019b. Disponível em: <<https://ipbes.net/global-assessment>>. Acesso em: set. 2020.

JOLY, C. A.; BOLZANI, V.S. The Challenge of Including Chemodiversity, and the Potential Economic Use of New Natural Compounds and Processes. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.20, n.3, p.391-2, 2017. <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20160320>.

KRUPOVIC, M. et al. Origin of viruses: primordial replicators recruiting capsids from hosts. *Nature Reviews Microbiology*, v.17, p.449-58, 2019.

LE, T. T. et al. The Covid-19 vaccine development landscape. *Nature Reviews Drug Discovery*, v.19, p.305-6, 2020. <https://doi.org/10.1038/d41573-020-00073-5>

LINNAKOSKI, R. et al. Antiviral Agents From Fungi: Diversity, Mechanisms and Potential Applications. *Frontiers of Microbiology*, v.9, p.2325, 2018. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02325>.

LOEFFELHOLZ, M. J.; FENWICK, B. W. Taxonomic Changes for Human and Animal Viruses, 2018 to 2020. *Journal of Clinical Microbiology*, 2020. <https://doi.org/10.1128/JCM.01932-20>.

LYNTERIS, C. The Prophetic Faculty of Epidemic Photography: Chinese Wet Markets and the Imagination of the Next Pandemic. *Visual Anthropology*, v.29, n.2, p.118-32, 2016. <https://doi.org/10.1080/08949468.2016.1131484>.

MAYERA, S. V. et al.; The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikungunya and zika fevers. *Acta Tropica*, v.166, p.155-63, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.11.020>.

MAYOR, P. et al. Assessing the minimum sampling effort required to reliably monitor wild meat trade in urban markets. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v.7, e180, 2019 <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00180>.

- MENDES, F. L. S. Comercialização ilegal de carne de animais selvagens em mercados abertos em algumas cidades do estado de Amazonas (Brasil). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, v.12, n.2. Disponível em: <<https://recia.edu.co/index.php/recia/article/view/e765>>. Acesso em: set. 2020.
- NUWER, R. To Prevent Next Coronavirus, Stop the Wildlife Trade, Conservationists Say. *New York Times*. 2020. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2020/02/19/health/coronavirus-animals-markets.html>>. Acesso em: set. 2020.
- O'NEILL, K.; HAAS, P. M. Being There: International Negotiations as Study Sites in Global Environmental Politics. *Global Environmental Politics*, v.19, n.2, p.4-13, 2019. [https://doi.org/10.1162/glep\\_a\\_00505](https://doi.org/10.1162/glep_a_00505).
- PAIXÃO, E. S. et al. Zika, chikungunya and dengue: the causes and threats of new and re-emerging arboviral diseases. *BMJ Global Health*, v.3, Supl. 1, 2018. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000530>.
- PEREIRA, L. M. et al. Developing multiscale and integrative nature–people scenarios using the Nature Futures Framework. *People and Nature*. 2020. <https://doi.org/10.1002/pan3.10146>.
- PERROTA, A. P. Serpentes, morcegos, pangolins e ‘mercados úmidos’ chineses: Uma crítica da construção de vilões epidêmicos no combate à Covid-19. *DILEMAS: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social*, p.1-6, 2020. Disponível em: <<http://ppgcs.ufrj.br/wp-content/uploads/2020/04/PERROTA-Serpentes-morcegos-pangolins-FI.pdf>>. Acesso em: set. 2020.
- PONS, G. et al. After: A Green Recovery for a Post-COVID-19 World. *SAIS Review of International Affairs*, v.40, n.1, p.69-79, 2020. Disponível em: <<https://muse.jhu.edu/article/763655>>. Acesso em: set. 2020.
- PRIST, P. R. et al. Landscape, Environmental and Social Predictors of Hantavirus Risk in São Paulo, Brazil. *PlosOne*, v.11, n.10 e0163459, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163459>.
- RAJESWARA, R. B. R. et al. Biodiversity, conservation and cultivation of medicinal plants. *Journal of Pharmacognosy*, v.3, n.2, p.59-62, 2012. <https://doi.org/10.13140/2.1.2927.4247>.
- RIPPLE, W. J. et al. World Scientists’ Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, v.70, n.1, p.8-12, 2019. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.
- SALATA, C. Antiviral activity of cationic amphiphilic drugs. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, v.15, n.5, p.483-92, 2017. <https://doi.org/10.1080/14787210.2017.1305888>.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Global Biodiversity Outlook 5 – Summary for Policy Makers. Montreal, Canada. 19 pages, 2020. Disponível em: <<https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-spm-en.pdf>>.
- SETTELE, J. et al. Covid-19 Stimulus measures must save lives, protect livelihoods, and safeguard nature to reduce the risk of future pandemics. IPBES Expert Guest Article. Disponível em: <<https://ipbes.net/covid19stimulus>>. Acesso em: set. 2020
- SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific Data*, v.7, n.269, (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00600-4>.

TOLLEFSON, J. Why deforestation and extinctions make pandemics more likely. *Nature*, v.584, p.175-6, 2020. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02341-1>.

VALLI, M. et al. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.90; Supl. 1, p.763-78. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170653>.

VELLEND, M. The Biodiversity Conservation Paradox. *American Scientist*, v.105, n.2, 2017. <http://dx.doi.org/10.1511/2017.105.2.94>.

VITTOR, A. Y. et al. How deforestation helps deadly viruses jump from animals to humans. *The Conversation*. Disponível em: <<https://theconversation.com/how-deforestation-helps-deadly-viruses-jump-from-animals-to-humans-139645>>. Acesso em: set. 2020.

WWF. *Living Planet Report 2020* - Bending the curve of biodiversity loss. Ed. Almond, R. E. A. et al. Switzerland: WWF, Gland, 2020. 83p. Disponível em: <<https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/1371/files/original/ENGLISH-FULL.pdf?1599693362>>. Acesso em: set. 2020.

ZHANG, T. et al. Probable Pangolin Origin of Sars-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Current Biology*, v.30, n.7, p.1346-51, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.022>.

*RESUMO* – O planeta passa por diferentes crises que se entrelaçam na dimensão ambiental, econômica, de saúde, e são agravadas pela crise de governança. Mas tantas crises simultâneas também oferecem à humanidade a rara oportunidade de redirecionar seus esforços de desenvolvimento para um modelo que seja mais sustentável, com menor utilização de combustíveis fósseis e uma utilização menos predatória dos recursos naturais. Os vírus são um componente da biodiversidade e as entidades biológicas mais abundantes da Terra. Países megadiversos como o Brasil, com altos graus de vulnerabilidade social e degradação ambiental, possuem grande probabilidade de que novos patógenos que vivem em espécies silvestres pulem para os hospedeiros humanos. Isso depende, em grande parte dos cenários de transmissão, que são altamente favoráveis nos “wet markets” dos países asiáticos, e muito mais raros nos mercados populares do Brasil, quer seja pelas nossas tradições no consumo de carne de caça quer seja pela baixa densidade populacional, quando comparada a de países asiáticos. No Brasil o contato com vírus novos e desconhecidos se dá muito mais com a contínua aceleração da destruição de nossos biomas, a redução, fragmentação e perda de habitats estamos constantemente ampliando o contato do homem com novos vírus. Considerando a nefasta sinergia entre as mudanças climáticas globais e as taxas de extinção de espécies, o *Homo sapiens* é a única espécie no planeta responsável pelas pandemias observadas no último século e a pela atual pandemia da Covid 19. Se por um lado a biodiversidade é a origem dos vírus, sem sombra de dúvidas, ela é também uma grande farmácia, e pode ser uma grande fonte de novos antitrombóticos, antimicrobianos e antivirais. Atualmente a biodiversidade é a origem de uma gama grande de moléculas utilizadas em antivirais utilizados nos tratamentos de HIV, herpes, hepatite B e C e influenza A e B. Atualmente há cerca 40 compostos internacionalmente aprovados, mas eles estão envolvidos na terapêutica de apenas 10 viroses. A situação é ainda mais crítica no caso de doenças negligenciadas, onde, por falta de interesse econômico, não há sequer linhas de pesquisa continuadas.

Apesar de todas as perdas e instabilidades experimentadas atualmente, é possível perceber que o momento também permite aprender com a Covid-19, reconhecendo particularmente a ligação existente entre biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e saúde humana, para reunirmos esforços e buscarmos evitar o surgimento de novas pandemias tão ou mais devastadoras que a atual.

*PALAVRAS-CHAVE:* Sars-CoV-2, Covid-19, Origem, Cenários de transmissão, One Health.

*ABSTRACT* – The planet is going through different, intertwined crises in the environmental, economic, and health dimensions, and are aggravated by a crisis in governance. But so many simultaneous crises also offer humanity the rare opportunity to redirect its development efforts toward a more sustainable model that uses less fossil fuels and makes less predatory use of natural resources. Viruses are a component of biodiversity and the most abundant biological entities on Earth. In megadiverse countries like Brazil, with high degrees of social vulnerability and environmental degradation, there is a high probability that new pathogens living in wild species will jump to human hosts. This is largely dependent on transmission scenarios, which are highly favorable in the wet markets of Asian countries, and much less so in the popular markets of Brazil, either because of our traditions in game meat consumption or because of our low population density when compared to Asian countries. In Brazil, expanding contact with new and unknown viruses is much more due to the continuous acceleration of the destruction of our biomes, and to the reduction, fragmentation and loss of habitats. With regard to the harmful synergy between global climate change and species extinction rates, *Homo sapiens* has been the only species on the planet responsible for the pandemics of the last century and for the current Covid-19 pandemics. If, on one hand, biodiversity is the origin of viruses, undoubtedly it is also a great pharmacy and can be the source of new antimicrobials and antivirals. Nowadays, biodiversity is the origin of a great range of molecules for antivirals used in the treatment of HIV, herpes, hepatitis B and C, and influenza A and B. Currently, there are about 40 internationally approved compounds, but they are involved in the therapy of only 10 viruses. The situation is even more critical in the case of neglected diseases, where, due to lack of economic interest, there are not even continuous lines of research. Despite all the losses and instabilities experienced today, it is possible to see that the moment also allows us to learn from Covid-19, particularly in recognizing the existing link between biodiversity, ecosystem services, and human health.

*KEYWORDS:* Sars-CoV-2, Covid-19, Origin, Transmission scenarios, One Health.

*Carlos Alfredo Joly* é professor titular do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), membro do Grupo de Especialistas em Capacity Building Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos/IPBES; Coordenador da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos/BPBES; Coordenador do Programa Biota/Fapesp; e membro da Coalizão Ciência & Sociedade. @ – cjoly@unicamp.br / <https://orcid.org/0000-0002-7945-2805>.

*Helder Lima de Queiroz* é pesquisador titular do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDS-M/OS/MCTIC), membro do Grupo de Especialistas do Relatório sobre Uso Sustentável de Espécies Selvagens da Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos/IPBES, membro do Conselho Consultivo da

Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos/BPBES, e membro da Coalizão Ciência & Sociedade. @-helder@mamiraua.org.br / <http://orcid.org/0000-0002-4425-3208>

Recebido em 29.9.2020 e aceito em 5.10.2020.

<sup>I</sup> Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

<sup>II</sup> Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, Tefé, Amazonas, Brasil.