

# ECOEPIDEMIOLOGIA E NOVOS PRINCÍPIOS GERAIS DA BIOSSEGURANÇA: ASPECTOS AMBIENTAIS DA PATOGÊNESE DA COVID-19

**Émilien Vilas Boas Reis<sup>1</sup>**

Escola Superior Dom Helder Câmara (ESDHC) |

**Bruno Torquato de Oliveira Naves<sup>2</sup>**

Escola Superior Dom Helder Câmara (ESDHC) |

## RESUMO

A pandemia da COVID-19 reposicionou, no foco da epidemiologia, a zoonose e as questões ambientais que favorecem o aparecimento e contágio de doenças infecciosas. Assim, por meio de pesquisa bibliográfica, com método teórico-qualitativo, procurou-se analisar a influência de aspectos ambientais na patogênese de algumas doenças infecciosas, em especial da COVID-19, e qual resposta pode ser formulada caso a incidência desses fatores ambientais se verifique. Concluiu-se que o fator ambiental e o comportamento humano têm sido essenciais no aparecimento de várias doenças infecciosas. Assim, somente o pensamento complexo pode conduzir a epidemiologia à compreensão das causas, às medidas para mitigar a propagação e ao tratamento. Por isso, se trouxe as abordagens da ecoepidemiologia e da bioética, que pensam os problemas de maneira abrangente, integrando novas áreas do saber. Por fim, propôs-se novos princípios gerais da biossegurança para lidar com doenças zoonóticas.

**Palavras-chave:** bioética; biossegurança; epidemiologia; princípios; zoonose.

1 Pós-doutor em Filosofia pela Universidade do Porto (UP). Doutor em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Mestre em Filosofia pela PUC-RS. Graduado em Filosofia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor adjunto na ESDHC em nível de graduação e pós-graduação (Mestrado/Doutorado). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0729-522X> / e-mail: [mboasr@yahoo.com.br](mailto:mboasr@yahoo.com.br)

2 Doutor e Mestre em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MINAS). Professor do Mestrado em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável na ESDHC. Coordenador do curso de especialização em Direito Urbanístico e Ambiental da PUC-MINAS Virtual. Professor nos cursos de graduação e especialização em Direito da PUC-MINAS e da ESDHC. Pesquisador do Centro de Estudos em Biodireito (CEBID). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0961-1882> / e-mail: [brunotorquato@hotmail.com](mailto:brunotorquato@hotmail.com)

*ECOEPIDEMIOLOGY AND NEW GENERAL PRINCIPLES  
OF BIOSAFETY: ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COVID-19  
PATHOGENESIS*

*ABSTRACT*

*The COVID-19 pandemic has repositioned, in the focus of epidemiology, zoonosis and environmental issues that favor the appearance and contagion of infectious diseases. Thus, through bibliographic research, using a theoretical-qualitative method The influence of environmental aspects on the pathogenesis of some infectious diseases, especially COVID-19, was analyzed, and what response can be formulated if the incidence of these environmental factors occurs. It was concluded that the environmental factor and human behavior have been essential in the appearance of several infectious diseases. In this way, only the complex thought can lead to epidemiology to the understanding of the causes, the measures to mitigate the spread and treatment. Therefore, ecoepidemiology and Bioethics approaches were brought up, which think the problems in a comprehensive way, integrating new areas of knowledge. Finally, new general Biosafety principles were proposed to deal with zoonotic diseases.*

**Keywords:** *bioethics; biosafety; epidemiology; principles; zoonosis.*

## INTRODUÇÃO

Não foi apenas pelos avanços tecnológicos e médicos que a epidemiologia tem passado por grandes transformações nos últimos 100 anos. A mais significativa transformação foi metodológica. As doenças não podem ser analisadas por teorias fragmentárias, que segmentam o conhecimento científico.

Isso tem ficado bastante evidente na pandemia da COVID-19. Sua implicação no planeta Terra ainda será bastante estudada. Os efeitos sociais, econômicos, filosóficos, políticos e na saúde pública estão longe de serem totalmente compreendidos, pelo fato, nesse momento, de ainda se estar tentando o controle da doença infecciosa e por se estar no meio da pandemia.

No entanto, doenças como a COVID-19 são uma constante na história da humanidade. Apenas neste século, ocorreram doenças como a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), em 2004, a gripe aviária, de 2005, e a gripe suína, em 2009, que tiveram certa repercussão na imprensa em função de seu alcance, mesmo se não comparadas aos efeitos da COVID-19.

Um aspecto que tem se destacado na análise dessas doenças infecciosas, e em especial da COVID-19, é que na grande maioria dos casos elas ocorrem por zoonose, ou seja, são transmitidas na relação entre os demais animais e os seres humanos.

Enfim, objetiva-se analisar a influência de aspectos ambientais na patogênese de algumas doenças infecciosas, em especial da COVID-19, e qual resposta pode ser formulada caso a incidência desses fatores ambientais se verifique.

Trata-se de pesquisa bibliográfica, com método teórico-qualitativo, empreendida por meio de fontes de epidemiologia, bioética e biossegurança.

Nesse sentido, o artigo lidou com quatro pontos principais: (a) a zoonose; (b) como a intervenção e a relação humana no meio ambiente são um meio de possibilitar a propagação de doenças, como a COVID-19, nos humanos; (c) qual a resposta metodológica da epidemiologia atual; e (d) como a bioética e a biossegurança podem auxiliar na resposta a esses problemas.

## 1 ZONOSE, DOENÇAS INFECCIOSAS E QUESTÕES AMBIENTAIS

A relação do ser humano com a natureza é inevitável, sendo uma questão de sobrevivência da espécie. Entretanto, ao mesmo tempo, essa relação coloca a espécie em perigo. Uma área do saber denominada epidemiologia espacial (ou da paisagem) estuda a variação espacial do risco e da incidência de doenças. É possível verificar, por meio das relações entre seres humanos, a interferência no meio ambiente natural e, conseqüentemente, na ecologia de seres que possam causar infecções. O criador do termo *epidemiologia da paisagem*, o médico russo Eugene Pavlovsky, afirmou que, entre outras causas, uma doença infecciosa depende de agentes que possam propagar a transmissão da infecção de um organismo para outro, fazendo que haja circulação do agente patogênico (LAMBIN *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a interferência humana no meio ambiente e na biodiversidade tem acentuado a propagação de doenças oriundas de bactérias, vírus ou outros seres, o que pode desencadear o retorno de uma doença ou o surgimento de uma nova, como, possivelmente, foi o caso da COVID-19.

Lambin *et al.* (2010), por exemplo, revisaram as conclusões de oito estudos de caso, em diferentes localidades, a respeito do impacto das alterações ambientais em doenças transmitidas por vetores e/ou animais. Foram eles: (a) Transmissão do vírus do Nilo Ocidental (WNV), na bacia do rio Senegal; (b) Incidência de encefalite transmitida por carrapato (TBE), em áreas rurais da Letônia; (c) Abundância de mosquito-palha, nos Pireneus franceses, (d) Doença do Vale do Rift (RVF), na região semiárida do Ferlo, Senegal; (e) Animais hospedeiros do vírus do Nilo Ocidental (WNV), na região de Camarga, França; (f) Hantavírus Puumala, transmitido por roedores (PUUV), na Bélgica; (g) Distribuição geográfica de casos humanos de borreliose de Lyme (LB), na Bélgica; (h) Risco de ressurgimento da malária, na Camargue.

Baseando-se em tais estudos de casos, Lambin *et al.* (2010) se valeram de diferentes métodos, como mapeamento do solo, modelos estatísticos espaciais, e conhecimento sobre as doenças, para verificarem a relação entre alterações do ambiente, vetores, hospedeiros animais e seres humanos. Assim, sintetizaram o estudo em dez proposições relacionadas à epidemiologia da paisagem. Apresentam-se, a seguir, tais proposições seguidas de comentários.

- 1. Os atributos da paisagem podem influenciar o nível de transmissão de uma infecção:** o comportamento e as características de vetores artrópodes e hospedeiros não humanos dependem das características da paisagem. Assim, a distribuição dos vetores e o nível de transmissão dependem do ambiente.
- 2. As variações espaciais no risco de doenças dependem não apenas da presença e da área de habitats críticos, mas também de sua configuração espacial:** paisagens fragmentadas, ecótonos (áreas de transição entre diferentes ecossistemas), aumentam a chance de contato entre diferentes espécies, o que pode causar propagação de doenças infecciosas.
- 3. O risco de doença depende da conectividade dos habitats para vetores e hospedeiros:** a proximidade de habitat de vetores e hospedeiros não significa necessariamente a transmissão de doenças, pois pode ser que a própria paisagem natural deixe circunscrito o alcance deles.
- 4. A paisagem é um fator para associações específicas de hospedeiros e vetores de reservatório ligados ao surgimento de doenças de múltiplos hospedeiros:** certas doenças podem atingir os humanos por meio de diferentes hospedeiros, a partir de uma prévia e complexa relação entre diferentes hospedeiros e vetores, causada por alterações na paisagem.
- 5. Para compreender os fatores ecológicos que influenciam as variações espaciais do risco de doenças, é preciso levar em consideração as vias de transmissão do patógeno entre vetores, hospedeiros e o ambiente físico:** a transmissão de doenças para humanos, além de ocorrer de maneira direta, a partir do contato com o hospedeiro, também pode se dar por via indireta, sem o contato com o hospedeiro, por meio da permanência do vírus no ambiente, em decorrência de causas climáticas e características do solo. Assim, uma doença pode começar a se espalhar em razão de alterações de características antes existentes em dada região, que controlavam naturalmente a transmissão.
- 6. O surgimento e a distribuição da infecção ao longo do tempo e do espaço são controlados por diferentes fatores que atuam em múltiplas escalas:** doenças podem surgir em decorrência de alterações políticas e econômicas em dada região, por alterarem o comportamento para a sobrevivência humana, como a urbanização, por exemplo, fazendo que humanos adentrem em uma região, antes inabitada, potencialmente infecciosa para eles.
- 7. A paisagem e os fatores meteorológicos controlam não apenas a**

- emergência, mas também concentração e difusão espaciais do risco de infecção:** alterações climáticas podem criar fatores de propagação de doenças infecciosas, antes controladas por fatores climáticos naturais, por exemplo, uma maior incidência de chuva em dada região.
- 8. A variação espacial do risco de doenças depende não apenas da cobertura do solo, mas também do uso do solo, por meio da probabilidade de contato entre, por um lado, hospedeiros humanos e, por outro lado, vetores infecciosos, hospedeiros animais ou seus habitats infectados:** o tipo de atividade desenvolvida por grupos humanos em uma região influencia no risco de se ter doenças infecciosas.
- 9. A relação entre o uso da terra e a probabilidade de contato entre vetores e hospedeiros animais e hospedeiros humanos é influenciada pela propriedade da terra:** locais públicos têm mais acesso dos indivíduos em geral do que lugares privados, o que possibilita constatar que há maior incidência de doenças infecciosas nos primeiros.
- 10. O comportamento humano é um fator de controle crucial dos contatos vetor-humano e da infecção:** medidas preventivas devem ser adotadas a fim de minimizar os riscos de infecção, o que torna o comportamento humano fundamental no combate de doenças infecciosas.

Apesar de serem hipóteses que dependem de mais estudos para serem consolidadas, as proposições acima dão um indício de como há uma relação direta entre as ações humanas e a transmissão de doenças infecciosas. Há uma combinação de fatores sociais (como migração, uso da terra, a política e a economia) e ecológicos (como o ciclo patogênico e as características de vetores, hospedeiros e patógenos, e o conhecimento de ecossistemas) que influenciam a transmissão. A ênfase, entretanto, está no papel humano fundamental para a propagação de doenças infecciosas.

Kilpatrick e Randolph (2012), por sua vez, chamam a atenção para o fato de, nas últimas duas ou três décadas, ter se intensificado a incidência de patógenos endêmicos, o que não está associado a ciclos naturais, mas, sim, à participação humana. Por um lado, patógenos têm aparecido em locais diferentes de sua origem, o que está relacionado com a migração humana, que leva o patógeno para novos locais, por outro, o aumento de patógenos em seus habitats de origem também depende de certa participação humana, que influencia a alteração local. Nesse sentido, deslocamento, urbanização e desmatamento são ações que elevam a possibilidade de transmissão de patógenos.

Os autores inferem que a melhor maneira de lidar com patógenos

endêmicos inclui planejamento urbano e controle de comunidades ecológicas. E, de modo bastante contundente, afirmam: “History suggests that successful control needs prompt identification, swift action, and occasionally draconian social measures” (KILPATRCK; RANDOLPH, 2012, p. 1953).

Desde a década de 1940, foram identificadas 400 doenças infecciosas. Pandemias relativamente recentes, como HIV, SARS e Influenza H1N1, surgiram de animais e tiveram como causas aspectos ecológicos e sociais. Apesar das repetidas pandemias nas últimas décadas, continua sendo difícil prevê-las antes que estejam entre seres humanos. O resultado é o estrago na saúde, na economia e na vida em geral.

Morse *et al.* (2012) constata que: (a) o número de novos patógenos tem subido consideravelmente nos últimos anos, mesmo com todo cuidado científico; (b) o surgimento de doenças está relacionado com aspectos antropogênicos; e (c) o aparecimento de patógenos zoonóticos de origem selvagem está relacionado com a densidade populacional próxima a ambientes de alta biodiversidade de vida selvagem. Os pesquisadores sugerem que, com base em modelos, sejam utilizados recursos globais em regiões mais suscetíveis, na tentativa de prevenir doenças infecciosas ou para lidar rapidamente com possíveis surtos. Para isso, devem-se utilizar dados das características das doenças infecciosas, da diversidade da vida selvagem, da densidade populacional e das possíveis alterações nessa densidade, a fim de propor modelos probabilísticos de determinado local gerar uma nova doença infecciosa, indicando pontos críticos no globo terrestre.

Pesquisadores trabalham com a noção de que existem diferentes estágios de transmissão de doenças infecciosas. Morse *et al.* (2012) dividem em três, assim apresentados:

- a) **Estágio 1:** denominado estado de pré-emergência, é identificado pela transmissão de micróbios (vírus, bactéria, protozoário etc.) para animais não humanos, com disseminação em outros animais selvagens. É gerada por alterações ecológicas, sociais e socioeconômicas, fazendo que haja um aumento do patógeno em seus hospedeiros.
- b) **Estágio 2:** emergência localizada, em que há transmissão, a princípio, de animais não humanos para pessoas e, posteriormente, entre humanos, por algumas gerações dos patógenos.
- c) **Estágio 3:** emergência total de pandemia, que é o momento em que há disseminação global em grande escala, propagada em viagens aéreas. Quanto maiores as informações do processo envolvido, maior a chance

de se prevenir de pandemias, que chegam a ser raras, pelo fato de os patógenos não serem, em sua maioria, capazes de perpetuar grandes transmissões.

Sobre a chegada ao estágio 3, o exemplo a seguir da SARS é bastante esclarecedor sobre o processo de transmissão:

For example, SARS, which originated from the SARS-like coronaviruses of bats, emerged in China in 2003 and was due to hunting and trading of bats for food. In the wildlife markets of southern China these bat viruses seemed to become stage 1 pathogens, which spilled over to civets before being transmitted to people and achieving stage 2. SARS coronavirus then underwent repeated cycles of transmission in people, and spread nationally and then globally (ie, reached stage 3), including 251 cases as far away as Toronto (MORSE *et al.*, 2012, p. 1958).

Pode-se perceber que a interferência humana no meio ambiente, por meio da modificação acentuada de áreas naturais, como urbanização ou atividades agrícolas, possibilita um maior contato dos seres humanos com animais que estejam acometidos por doenças infecciosas.

Um estudo recente (GIBB *et al.*, 2020) corrobora tal hipótese, trazendo mais elementos que enfatizam essa noção. Os autores reuniram informações de 6.801 assembleias ecológicas, faunas, por meio de um conjunto de dados de biodiversidade denominado Projetando Respostas de Diversidade Ecológica em Sistemas Terrestres em Mudança (*Projecting Responses of Ecological Diversity in Changing Terrestrial Systems* – PREDICTS), com dados de associações de hospedeiro-patógeno e hospedeiro-parasita, criando um conjunto de dados global a respeito da diversidade zoonótica de hospedeiros (bactérias, vírus, protozoários, helmintos e alguns fungos). Esses dados compilam 3,2 milhões de registros. O estudo comparou a comunidade hospedeira da vida selvagem em vegetação primária (localidades com um mínimo de alteração humana), com a comunidade hospedeira em localidades próximas, que sofreram algum grau de alteração humana, divididos em: vegetação secundária (vegetação que se recuperou de alterações anteriores); ecossistemas manejados (lavouras, pastagens e plantações); e locais urbanos de variados impactos. Nessas localidades foram registradas 376 espécies de hospedeiros, que foram comparados entre os tipos de terra.

A pesquisa (GIBB *et al.*, 2020) levou em consideração inúmeras espécies hospedeiras, mas teve um cuidado especial com relação aos mamíferos e às aves, já que tais grupos são conhecidamente os principais reservatórios das zoonoses, sendo os mamíferos bem próximos filogeneticamente dos seres humanos. Assim, dos 546 mamíferos estudados, 190 espécies tinham

ao menos um patógeno compartilhado com os seres humanos e 96 espécies tinham pelo menos um patógeno não compartilhado. Isso ilustra como os seres humanos estão suscetíveis a doenças advindas de mamíferos. Os autores chamaram a atenção para morcegos, roedores e certos pássaros como espécies altamente transmissoras de doenças. Constataram que o uso da terra tem efeitos nas comunidades hospedeiras, já que o número de espécies (18 a 72%) e indivíduos (21 a 144%) capazes de transmitir doenças é maior em ambientes onde há intervenção humana do que em ambientes próximos sem interferência.

O estudo de causas ambientais de doenças esteve ligado durante muito tempo às alterações climáticas. Entretanto, nos últimos anos, entre os pesquisadores, percebeu-se que as mudanças produzidas pelos seres humanos no uso da terra são potencialmente nocivas, já que aumentam o risco de infecção e doenças. Tais mudanças incluem perda da biodiversidade, alteração das paisagens e maior contato entre humanos e outros animais, fazendo que os humanos estejam mais suscetíveis a patógenos endêmicos, o que pode gerar pandemias.

Overall, our results indicate that the homogenizing effects of land use on biodiversity globally have produced systematic changes to local zoonotic host communities, which may be one factor underpinning links between human-disturbed ecosystems and the emergence of disease. [...] The global expansion of agricultural and urban land that is forecast for the coming decades – much of which is expected to occur in low-and middle-income countries with existing vulnerabilities to natural hazards – thus has the potential to create growing hazardous interfaces for zoonotic pathogen exposure. In particular, the large effect sizes but sparser data availability for urban ecosystems (especially for mammals; Extended Data Fig. 4) highlight a key knowledge gap for anticipating the effects of urbanization on public health and biodiversity. Our findings support calls to enhance proactive human and animal surveillance within agricultural, pastoral and urbanizing ecosystems and highlight the need to consider disease-related health costs in land use and conservation planning (GIBB *et al.*, 2020, p. 4).

Mesmo uma perspectiva precaucionista limitada ao aspecto econômico, o aumento das áreas de cultivo e o crescimento das cidades deve levar em conta o custo de saúde produzido pelos novos riscos e epidemias.

## 1.1 A pandemia da COVID-19

A COVID-19 apareceu pela primeira vez na região de Wuhan, província de Hubei, na China, em dezembro de 2019. Os primeiros pacientes

tinham uma relação com o mercado da região, que vendiam animais vivos.

Since Dec 8, 2019, several cases of pneumonia of unknown aetiology have been reported in Wuhan, Hubei province, China. Most patients worked at or lived around the local Huanan seafood wholesale market, where live animals were also on sale. [...] On Jan 7, a novel coronavirus was identified by the Chinese Center for Disease Control and Prevention (CDC) from the throat swab sample of a patient [...] (CHEN, 2020, p. 507).

Apesar de estudos recentes sugerirem que o vírus já estava presente em países antes do surto ocorrido na China (BASAVAJARU *et al.*, 2020; CHAVARRIA-MIRÓ *et al.*, 2020), há fortes indícios de que o vírus começou em morcegos, mesmo que outros animais selvagens não estejam descartados como potenciais transmissores. Os morcegos são vistos como animais com grande possibilidade de infectar humanos com doenças. Depois do surto do SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome* – Síndrome Respiratória Aguda Grave), foram descobertos inúmeros coronavírus potencialmente danosos aos humanos. Ainda em janeiro de 2020, pesquisadores chineses (ZHOU *et al.*, 2020) sequenciaram o genoma de cinco pacientes em estágio inicial da doença e constataram que 96% do genoma do vírus nos pacientes era idêntico ao genoma do coronavírus de morcego, além do mais, notaram que o vírus pertence à espécie SARS-CoV.

Há a possibilidade de o vírus ter sido transmitido para outro hospedeiro antes de ter chegado ao ser humano, mas pesquisas adicionais ainda deverão ser feitas.

Phylogenetic analysis showed that bat-derived coronavirus fell within all five subgenera of the genus Betacoronavirus. [...] However, despite the importance of bats, several facts suggest that another animal is acting as an intermediate host between bats and humans. First, the outbreak was first reported in late December, 2019, when most bat species in Wuhan are hibernating. Second, no bats were sold or found at the Huanan seafood market, whereas various non-aquatic animals (including mammals) were available for purchase. [...] Therefore, on the basis of current data, it seems likely that the 2019-nCoV causing the Wuhan outbreak might also be initially hosted by bats, and might have been transmitted to humans via currently unknown wild animal(s) sold at the Huanan seafood market (LU *et al.*, 2020).

Zhou *et al.* (2020), chamando a atenção para o fato de a COVID-19 ter sua origem em reservatórios naturais, destacam a necessidade de: (a) maior vigilância em amplas regiões geográficas potencialmente transmissoras de doenças; (b) preparação antecipada de vacinas que combatam doenças infecciosas causadas por esse grupo de vírus; e, o que consideram

mais importante; e (c) criação de regulamentos capazes de lidarem contra a domesticação e o consumo de animais selvagens.

Claramente, a maneira como a humanidade tem lidado com o meio ambiente e a biodiversidade tem feito que doenças se propaguem constantemente. A COVID-19 não é diferente. Por maiores que sejam as evidências de que a interferência humana aumenta sensivelmente a propagação de doenças, os seres humanos, de maneira global, continuam não tendo, entre outras coisas, um planejamento de desenvolvimento.

Nesse sentido, mais do que apenas lidar com a pandemia em si, é preciso uma preocupação com o comportamento humano com relação ao uso da terra, com fatores demográficos, planejamento urbano e com a legislação.

Tal preocupação não é despropositada, na medida em que recentes descobertas (JOHNSON *et al.*, 2015) chamam a atenção para o fato de as pandemias provocadas por zoonoses estarem se tornando doenças com maior potencial pandêmico, fazendo que haja uma maior transmissão entre humanos de maneira global, como é o caso da COVID-19. O potencial pandêmico está associado com a plasticidade do hospedeiro, que consiste na capacidade do hospedeiro em se adaptar ao ambiente, a capacidade de transmissão entre humanos e o alcance geográfico.

Além de as fronteiras não serem empecilhos para que doenças infecciosas permaneçam dentro de um território nacional, dado o nível de globalização alcançado, especificamente, no caso do Brasil, com um imenso território e diferentes tipos de habitats naturais, deve haver uma preocupação com a modificação de tais habitats, incluindo o desmatamento, comércio ilegal de animais, e, principalmente, a degradação florestal, já que é um ecossistema com diferentes espécies selvagens, incluindo vida microbiana.

## 2 ECOEPIDEMIOLOGIA

Percebe-se, assim, que a epidemiologia contemporânea tem consciência da importância dos aspectos ambientais para o surgimento, a propagação e a profilaxia das doenças.

De maneira didática, Susser e Susser apresentaram, em 1996, dois importantes artigos que narram as quatro eras da epidemiologia. É provocativo o destaque que foi dado à variável ambiental.

O primeiro momento da epidemiologia foi por eles denominado de Era das Estatísticas Sanitárias e teve por base o paradigma dos miasmas (SUSSER; SUSSER, 1996a).

A Teoria dos Miasmas explicava a origem das doenças pela insalubridade do ambiente, isto é, sua gênese estava no conjunto de odores derivados da matéria em putrefação no solo, em lençóis freáticos e no ar e assim contaminavam o ser humano.

Há relatos da teoria miasmática na Grécia antiga, sendo que o próprio Hipócrates nela se baseava. Certo é que até o século XIX prevaleceu a crença nas emanações nocivas do ambiente, o que justificou movimentos sanitaristas, com largo uso de estatísticas que pretendiam analisar os níveis de morbidade e mortalidade e com medidas de drenagem do solo e saneamento. As estatísticas sanitárias procuravam relacionar as patologias com o meio ambiente insalubre.

A segunda era, descrita por Susser e Susser (1996a), foi a da epidemiologia das doenças infecciosas, fundada na Teoria dos Germes, que defendia que a causa primordial das doenças é a infecção por microrganismos. Com isso, abandonou-se a explicação da geração espontânea de organismos invasores e se passou a defender que os microrganismos se transmitiam de indivíduo a indivíduo, o que impôs medidas de isolamento, vacinação e uso de antibióticos.

Foi nessa segunda era que transcorreu a pandemia da gripe espanhola no início do século XX. Embora a Teoria dos Germes tenha sido simplista no que tange a algumas patologias,

Whatever the causes, the great scourges of communicable disease did come under control in the developed countries. Once the major infectious agents seemed all to have been identified and communicable disease no longer overwhelmed all other mortal disorders, the force of the germ theory paradigm faded. With notable exceptions such as Rene Dubos, few anticipated the recrudescence of communicable disease or new global epidemics (SUSSER; SUSSER, 1996a, p. 670).

Esse relativo controle sobre agentes infecciosos levou a epidemiologia à terceira era, a era das doenças crônicas<sup>3</sup>, cujo paradigma é denominado por Susser e Susser (1996a) “caixa preta”, que pretende abordar os fatores de risco que influenciam no aparecimento das doenças. Com isso, o meio ambiente voltou ao foco de fator interveniente ou patogênico. O controle das doenças impunha o controle dos fatores sociais (sedentarismo, qualidade da alimentação etc.) e dos fatores ambientais (poluição, exposição a agentes químicos, tabagismo passivo etc.).

3 No Brasil, o sistema público de saúde ingressa na terceira era da epidemiologia apenas em 1992, com novas diretrizes do Centro Nacional de Epidemiologia – Cenepi. Em 2002, na Funasa (Fundação Nacional de Saúde), foi criado o Sidant – Sistema Nacional de Vigilância das Doenças e Agravos Não Transmissíveis. A epidemiologia brasileira, como política pública, passou, então, a combinar dois sistemas, um de doenças infecciosas e outro de doenças crônicas (TEIXEIRA; COSTA, 2012).

A época epidemiológica atual, descrita como emergente por Susser e Susser já em 1990, é a era da ecoepidemiologia, que tem como paradigma as “Chinese box”, pois envolveriam vários níveis de organização (molecular, social e individual) para sustentar a orientação da epidemiologia para a saúde pública.

As caixas chinesas (“Chinese box”) são caixas de tamanhos diferentes que se aninham, cada uma embutindo na próxima caixa maior. Assim, figurativamente, fornecem uma ilustração para situações, em que recursos e conceitos se arranjam em níveis.

As orientações epidemiológicas perpassam diferentes níveis de organização, que consideram não apenas fatores físicos, mas também fatores relacionais, em especial na interação com o meio ambiente. Até porque, “[a] fully adequate causal model for public health must explain the disease at the ecological level as well as at lesser and more refined levels of organization” (SUSSER; SUSSER, 1996b, p. 675).

Outra importante diferença entre a era da ecoepidemiologia em relação às anteriores vem na esteira da filosofia da ciência contemporânea: a crítica ao universalismo. No entanto, a ideia central será conjugá-lo com o ecologismo, posto que este se importa com a localização espacial e com as interações entre os níveis de organização, com destaque para os níveis social e molecular.

Nas palavras de Susser e Susser (1996b, p. 674):

The practical implication of a localizing ecological paradigm for the design of epidemiological research is that an exclusive focus on risk factors at the individual level within populations – even given the largest numbers – will not serve. We need to be equally concerned with causal pathways at the societal level and with pathogenesis and causality at the molecular level.

A epidemiologia, como as demais Ciências Biológicas, em suas buscas causais, observa fatos específicos para deles extrair conceitos generalizantes. Todavia, a realidade humana não se circunscreve à Biologia e é nisso que a falha se mostra mais evidente, porque se negligencia a influência de outros fatores. Por isso, Susser e Susser (1996b) afirmam que a universalização será mais segura quanto menor for o fenômeno observado.

Mais uma vez, volta-se às caixas chinesas. Em um primeiro nível, como no nível molecular, a repetição do padrão observável leva mais seguramente a um resultado universalizante. No entanto, salientam os autores:

But above the level of molecules, no biological entity can conform entirely to universal laws because of the overarching contexts and the interactions between levels within a biological structure. And the banal fact is that each society is influenced by its economic, political, and cultural circumstances as well as by its mix of peoples, climate, and topography. What is most universal is least biological and, most of all, least human (SUSSER; SUSSER, 1996b, p. 674).

Por isso, o novo paradigma proposto faria a abordagem das relações dentro e entre os níveis de organização, reunindo determinantes e resultados num procedimento ecologista.

Destarte, a patogênese não pode ser explicada por um único fator, mas por um conjunto de fatores. Do mesmo modo, contaminação, difusão, evolução e profilaxia também perpassam esses vários níveis organizacionais, com imposição de ampla contextualização, sem a segmentação comum às ciências.

Por isso, as novas técnicas biomédicas portam-se interdisciplinarmente, com recurso a estudos moleculares, genéticos e comportamentais.

Aplicando o conhecimento de Susser e Susser (1996b) à pandemia da COVID-19, pode-se perceber que o exame de causas, diagnose, profilaxia e prognose deve perpassar por vários níveis de análise. No nível molecular, determinam-se os meios e a janela de transmissão do coronavírus a fim de minimizar sua continuidade. Em nível genético, determinam-se as cepas existentes do SARS-CoV-2 e sua proximidade com outras síndromes, o que é importante no processo de tratamento e elaboração de vacina. Em nível social, estimulam-se comportamentos de biossegurança em estabelecimentos comerciais, locais de trabalho e meios de transporte. Em nível populacional, analisam-se os fatores de risco populacional que levam aos quadros mais graves, como é o caso da faixa etária. Em nível global, avaliam-se as conexões entre diferentes sociedades com o objetivo de entender o provável rastro de contaminação, os mecanismos de propagação do vírus, bem como sua variabilidade em cepas.

Enfim, a patogênese da COVID-19 não se pode ser circunscrita ao fator de variação genética de uma cepa de coronavírus, pois tal mutação não encontraria lugar sem a intervenção humana, que criou novas condições ambientais para tal. De maneira semelhante, a propagação da doença não se explica simplesmente pela patogenicidade do SARS-CoV-2, mas por aspectos comportamentais do ser humano.

Daí a necessidade de devolver à epidemiologia a metodologia do pensamento complexo, como diria Edgar Morin (2003). O pensamento

complexo exige que os diversos conhecimentos colaborem entre si em um projeto de conhecimento comum, mas também que o modo de pensamento organizador permeie todas as disciplinas a fim de conferir unidade a elas.

É preciso substituir um pensamento que isola e separa por um pensamento que distingue e une. É preciso substituir um pensamento disjuntivo e redutor por um pensamento do complexo, no sentido originário do termo *complexus*: o que é tecido junto.

De fato, a reforma do pensamento não partiria de zero. Tem seus antecedentes na cultura das humanidades, na literatura e na filosofia, e é preparada nas ciências (MORIN, 2003, p. 89).

Por isso, o complexo engloba várias dimensões e realidades, mas não como uma soma, e sim como uma unidade funcional que nasce das interações entre todas essas dimensões e realidades. Especificamente na temática das doenças infecciosas se faz essencial a consideração do princípio de auto-eco-organização, que “vale especificamente, é óbvio, para os humanos – que desenvolvem sua autonomia na dependência de sua cultura – e para as sociedades – que se desenvolvem na dependência de seu meio geológico” (MORIN, 2003, p. 95).

### 3 BIOÉTICA E NOVOS PRINCÍPIOS GERAIS DA BIOSSEGURANÇA

De um lado, pode-se afirmar que o pensamento complexo de Morin (2003) tem íntima relação com o ecologismo de Susser e Susser (1996b), porque este pressupõe a metodologia interrelacional entre os diversos níveis de organização. De outro lado, a bioética apresenta, intrinsecamente, pensamento complexo<sup>4</sup> e, por isso, torna-se fundamental para epidemiologia. Ademais, a dupla função da bioética – reflexiva e pragmática – tem muito a contribuir para a equalização do problema.

Como instância de reflexão, a bioética comporta-se filosoficamente, isto é, de maneira crítica e dialógica. Por isso, se pode afirmar que é “um campo democrático de diálogo, em que se constrói reflexivamente um saber transdisciplinar compartilhado sobre as questões que envolvam a vida

<sup>4</sup> Tal afirmação coaduna-se com a necessidade de estender os problemas da reflexão sobre a vida para além dos cientistas. Nessa linha, Morin ainda afirma “O problema da ciência vai além dos cientistas. Clemenceau dizia que a ‘guerra é um negócio sério demais para ser deixado nas mãos dos militares’. A ciência é um assunto sério demais para ser deixado unicamente nas mãos dos cientistas. Sabemos também que a ciência se tornou perigosa demais para ser deixada nas mãos dos homens de Estado. Em outras palavras, a ciência tornou-se também um problema cívico, um problema de cidadãos” (MORIN, 2007, p. 78).

em todas as suas manifestações, tanto na perspectiva singular como sistêmica” (NAVES; REIS, 2019, p. 16).

E como instância pragmática, a bioética assume um papel deontológico, para guiar o comportamento, orientando a tomada de decisão. Logo, será a partir de sua perspectiva reflexivo-pragmática, que se deve analisar a epidemiologia contemporânea, para que os diversos níveis organizacionais, dentro das caixas chinesas, sejam explorados.

No caso da pandemia de COVID-19, a análise multinível, como se viu, passa por várias questões importantes, sendo que comumente elas esbarram em dilemas bioéticos, como a seleção de pacientes, o impacto social das medidas de isolamento, o conflito entre privacidade e saúde coletiva etc.

No entanto, em atenção ao objetivo desse artigo de analisar a influência dos aspectos ambientais na patogênese de algumas doenças infecciosas, em especial da COVID-19, o foco bioético estará na interação do ser humano com outros animais. Quais devem ser as medidas precaucionistas a serem aplicadas? Agir antecipadamente de modo a impedir tal contato entre diferentes espécies? Ou permitir o contato sob medidas especiais?

Reitera-se que, atualmente, a principal tese para explicar o surgimento do SARS-CoV-2 no mercado de Wuhan, na China, é sua mutação e a passagem a novos hospedeiros.

A principal característica dos vírus é se replicar, inserindo o material genético na célula hospedeira. Nesse processo de replicação, as mutações genéticas são comuns e se fazem aleatoriamente. Os indivíduos de cepas mais propícias a novas invasões se multiplicam e aqueles de cepas menos propícias tendem a desaparecer.

No mercado de Wuhan, animais que, na natureza, não conviviam, foram reunidos. E ali, animais conviveram em situação de estresse, com sangue e fluidos caindo de gaiola em gaiola. Sem dúvida que havia aí um ambiente propício às mutações de vírus. Especula-se que, replicando inúmeras vezes, o coronavírus de um hospedeiro silvestre específico, passou por várias mutações, até que uma delas foi capaz de infectar uma nova espécie hospedeira, e assim sucessivamente, até chegar ao ser humano (WHO, 2021).

Nesse caso específico da COVID-19, o contato entre os animais se deu pela deliberada intervenção humana. No entanto, nem sempre o surgimento do novo agente pandêmico e o contato interespecies advirão diretamente dessa ação voluntária.

O contato interespecie pode advir da supressão de uma mata nativa para agricultura ou pecuária, ocasionando o deslocamento geográfico de certo animal e conduzindo ao salto necessário para que uma nova mutação genética em um patógeno dê origem a uma nova pandemia. Ou, ainda, pode resultar do degelo ocasionado pelo aquecimento global, que libera nos rios e mares microrganismos adormecidos há séculos capazes de migrar de hospedeiro a hospedeiro até o ser humano.

É por essa razão que, há anos, cientistas já previam uma pandemia de grandes proporções e, agora, anteveem a chegada de ondas infecciosas. O alerta fora lançado, mas a necessidade de aplicação do princípio bioético da precaução fora ignorada.

O princípio da precaução nasceu das preocupações bioéticas com o risco ainda não mensurado e incerto segundo o estado atual do conhecimento. Van Rensselaer Potter, considerado um dos pais da bioética, na obra *Bioethic: Bridge to the Future*, publicada em 1971, reserva um capítulo denominado “conhecimento perigoso”. Por conhecimento perigoso Potter se referia àquele que se acumulou mais rápido do que a sabedoria para gerenciá-lo.

Em Potter, já se pode perceber as ideias de risco e de imprevisibilidade das consequências, por isso mesmo ele propõe que a bioética seja “ponte”, capaz de mediar as relações entre as Ciências e as Humanidades, e voltada para os problemas ambientais e as questões de saúde.

Ainda na obra *Bioethic: Bridge to the Future*, no capítulo 5, intitulado *Dangerous Knowledge: The Dilemma of Modern Science*, Potter (1971, p. 69) afirma:

It will be argued that knowledge can become dangerous in the hands of specialists who lack a sufficiently broad background to envisage all of the implications of their work and that educated leaders should be trained in both sciences and humanities. All the implications cannot be foreseen in any case, and all plans must provide for revision.

A precaução passou de princípio bioético a princípio jurídico, impondo cautela quando se tratar de condutas que tragam riscos incertos e graves diante de uma situação.

Carlos María Romeo Casabona explica essa apropriação do Direito e relata a transformação que isso implica:

O princípio da precaução supõe a mudança do modelo de previsão (conhecimento do risco e dos nexos causais) para o da incerteza do risco, do dano incalculável e do possível nexos causal entre um e outro, no que se refira à existência, em alguns deles,

de uma suposição geralmente sustentada em cálculos estatísticos e probabilidades. No entanto, ambos os modelos convergem na prevenção de um dano temido, que é o objetivo comum (ROMEIO CASABONA, 2007, p. 34).

A incidência do princípio da precaução requer: (a) um contexto de incerteza científica, que impede a identificação e/ou a mensuração dos riscos; e (b) a possibilidade de que esses riscos incertos acarretem danos graves, no sentido de sua repercussão, controle e reversibilidade.

É nesse ponto que se deve suscitar novas questões de biossegurança, procurando determinar procedimentos que atuem na prevenção, na eliminação ou na diminuição dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas. A biossegurança, com seu pragmatismo, legitima-se na bioética.

Schramm (2010) afirmou que a biossegurança seria um novo campo da biotecnociência, preocupada com a segurança dos procedimentos científicos: “[...] a bioética analisa a moralidade das biotecnologias e a biossegurança calcula e pondera os riscos inerentes às biotecnologias do ponto de vista de sua segurança” (SCHRAMM, 2010, p. 105).

Historicamente, a biossegurança teve origem em preocupações mais localizadas, especialmente nas pesquisas genéticas, mas tem ampliado seu campo de atuação ao longo do tempo e agora se lhe impõe um novo desafio: o manejo de seres vivos, tendo em vista o contato interespecie e suas doenças “originárias”.

Foi por isso que, no nascedouro, em 1975, nas reuniões de Asilomar, na Califórnia, a biossegurança estabeleceu diretrizes para a segurança dos experimentos com DNA recombinante. Embora a expressão “biossegurança” não tenha sido utilizada na época, foi o documento de Asilomar que lançou as diretrizes básicas da biossegurança em relação à engenharia genética, como: (a) trabalhar com microrganismos fastidiosos, isto é, microrganismos “exigentes” quanto às condições de sobrevivência e multiplicação, que não sobreviveriam fora do laboratório; (b) classificar os experimentos de acordo com o nível de contenção necessário; (c) abortar qualquer experimentação com carcinógenos conhecidos; e (d) não conduzir experimentações com genes que produzem toxinas ou que determinam a resistência a antibióticos (BERG *et al.*, 1975).

Tais diretrizes, chamadas por muitos de princípios, eram propostas de avaliação de riscos em pesquisas com DNA. Percebe-se que foram dirigidas a uma segmentação específica das pesquisas, isto é, não se voltavam para todas as pesquisas que envolvessem organismos vivos e muito menos

se ocupava de intervenções ambientais do ser humano ou do monitoramento de relações interespecies.

Em verdade, as reuniões de Asilomar não traçaram princípios de biossegurança, pelo menos não como regras sintéticas de ação, que orientam ou impõem condutas, do mesmo modo que os princípios da bioética ou os princípios do Direito Ambiental. No máximo, pode-se dizer que todas essas reuniões decorreram, natural e explicitamente, dos princípios da prevenção e da precaução. No entanto, não foram erigidos princípios normativos específicos da biossegurança.

O uso comum da expressão “princípios da biossegurança” se voltou muito mais para a afirmação do que vem a ser seu *ponto de partida* do que para exprimir um *dever-ser* das ciências para com os riscos biológicos. Inclusive, é nesse sentido que Cardoso *et al.* (2005, p. 161) se expressam: “The basic principle of biosafety is risk control and risk management”.

A frase demonstra esse uso frequente do termo como premissa ou objetivo da biossegurança, mas sem o caráter diretivo que pode orientar a tomada de decisões e auxiliar na solução de problemas concretos.

Ainda que se debruce sobre outros documentos internacionais ou sobre normas estatais, não houve, até então, uma preocupação normativa mais ampla com a biossegurança. Poucos princípios normativos foram colocados pela literatura especializada, como é o caso do princípio da contenção, voltado para o gerenciamento de agentes infecciosos no ambiente de laboratório, e o princípio da vedação à engenharia genética em células germinativas humanas e em embriões humanos.

O princípio da contenção estabelece a obrigatoriedade de reduzir a exposição do pessoal e do ambiente laboratorial imediato (contenção primária) e a proteção do ambiente externo ao laboratório (contenção secundária).

Já o princípio da vedação à engenharia genética em células germinativas humanas e em embriões humanos é norma proibitiva, que pretende impedir a edição genética que possa ser passada diretamente aos descendentes.

Embora esses dois princípios representem efetivamente preceitos normativos, ainda que voltados a experimentações científicas específicas (agentes infecciosos e uso de engenharia genética), não houve o estabelecimento de muitos princípios de biossegurança.

Assim, como especificação do princípio da precaução, amplamente aceito em todo o mundo, propõe-se tanto a elaboração de novos princípios

gerais quanto a releitura de alguns preceitos já existentes, mas esparsos e específicos para enfrentamento de certos riscos biológicos, para erguê-los a princípios norteadores da biossegurança, principalmente no que é atinente ao objeto deste artigo. São eles:

**a) Princípio da introdução por etapas:** este princípio já existe como guia para a introdução de organismos geneticamente modificados. Entende-se, todavia, que esse preceito deve ser elevado a princípio geral de biossegurança, inclusive para organismos que não tenham passado por qualquer procedimento de engenharia genética. Assim, até animais domesticados – como caprinos, bovinos, bufalinos, equinos – devem ser inseridos gradualmente em novos ambientes, considerando-se os riscos da relação interespecie.

A Directiva 2001/18/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 12 de março de 2001, relativa à libertação deliberada no ambiente de organismos geneticamente modificados (OGM), trouxe em seu considerando 24:

A introdução de OGM no ambiente deve ser feita de acordo com o princípio “por etapas”; deste modo o confinamento dos OGM irá sendo reduzido e a amplitude da libertação aumentada gradualmente, por etapas, mas apenas se a avaliação das etapas anteriores, em termos de protecção (sic) da saúde humana e do ambiente, indicar que se pode passar à fase seguinte (UNIÃO EUROPEIA, 2001).

Como princípio geral de biossegurança, deve-se entender “introdução por etapas” não apenas a inserção gradativa do organismo, mas também a realização de estudos prévios sobre os demais seres vivos com os quais o novo organismo terá contato, bem como o acompanhamento da variabilidade genética de seus agentes patogênicos.

**b) Princípio da vedação de contatos supérfluos entre organismos:** a reunião de espécies de diferentes habitats deve ser evitada sem justa razão, em especial quando se refere a exemplares vivos.

O Mercado de Wuhan, bem como tantos outros dispersos no mundo todo, com comércios de espécies vivas não deve permanecer. A contenção absoluta de seus patógenos é praticamente impossível, por isso, o confinamento de diferentes espécies de animais em um mesmo local, especialmente aqueles que não costumam conviver, traz um grande risco biológico.

**c) Princípio da preservação dos ecótonos:** as legislações devem prever especial proteção ambiental aos ecótonos, que, por serem ecossistemas

de transição, são barreiras naturais do contato entre espécies de biomas distintos.

Essa proteção especial pode ser feita de diversas maneiras, como pelo estabelecimento de faixas de proteção permanente dos ecótonos, pela imposição de licenças e estudos para empreendimentos que neles pretendam se estabelecer e pelo incentivo fiscal à sua manutenção e manejo correto.

Há uma real e urgente necessidade de se pensar, bioética e globalmente, na biossegurança aplicada à ecoepidemiologia de agentes infecciosos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é mais possível pensar a epidemiologia desvinculada de fatores sociais e ambientais. A urgência de um pensamento complexo lhe impôs a abordagem por meio de caixas chinesas, que demonstram a integração dos multiníveis organizacional para se pensar uma doença.

A busca pela gênese de uma patologia ultrapassa considerações moleculares e genéticas. A COVID-19 é um exemplo paradigmático dessa abordagem, por suscitar abordagens que integram o ambiente, o contato interespecies e o comportamento humano.

Assim, a resposta à pandemia não encontra eco apenas na Medicina, mas na bioética, como transdisciplinar de reflexão sobre a ação humana sobre a vida, e na biossegurança, não apenas para reduzir a transmissibilidade da doença, mas, principalmente, para agir de modo precaucionário. Para tanto, propõe-se a imposição de novos princípios gerais da biossegurança, capazes de lidar com os novos patógenos zoonóticos.

Os princípios propostos têm atuação na evitação do contato interespecies, que pode estimular a seleção de novas cepas capazes de migrar de uma espécie hospedeira ao ser humano.

O princípio da introdução por etapas, que já era conhecido na aplicação a OGM, deve ser elevado a princípio geral de biossegurança, para atingir a introdução de organismos que não tenham passado por qualquer procedimento de engenharia genética e para impor o dever de estudos prévios sobre as demais espécies com os quais o novo organismo terá contato, bem como o acompanhamento da variabilidade genética de seus agentes patogênicos.

O princípio da vedação de contatos supérfluos entre organismos prescreve que a reunião de espécies, especialmente aquelas de diferentes habitats, deve ser evitada sem justa razão.

Por fim, com relação ao princípio da preservação dos ecótonos, que são áreas de transição de ecossistemas, estas devem receber especial proteção ambiental, por atuarem como barreiras naturais do contato entre espécies de biomas distintos.

## REFERÊNCIAS

- BASAVARAJU, S. V. *et al.* Serologic testing of U.S. blood donations to identify SARS-CoV-2-reactive antibodies: December 2019-January 2020. *Clinical Infectious Diseases*, 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciaa1785/6012472>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- BERG, P. *et al.* Summary statement of the Asilomar Conference on recombinant DNA molecules, *PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 72, n. 6, p. 1981-1984, jun. 1975. Disponível em: <https://authors.library.caltech.edu/11971/1/BERpnas75.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- CARDOSO, T. A. O. *et al.* Memories of biosafety in Brazil: lessons to be learned. *Applied Biosafety*, v. 10, n. 3, p. 160-168, 2005.
- CHAVARRIA-MIRÓ, G. *et al.* Sentinel surveillance of SARS-CoV-2 in wastewater anticipates the occurrence of COVID-19 cases. *MedRxiv*, jun. 2020. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.13.20129627v1>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- CHEN, N. *et al.* Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet*, v. 395, p. 507-513, 2020. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30211-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30211-7/fulltext). Acesso em: 30 jan. 2021.
- GIBB, R. *et al.* Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, v. 584, p. 398-402, aug. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2562-8>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- JOHNSON, K. C. *et al.* Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. *Scientific Reports*, v. 5, n. 14830, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep14830>. Acesso em: 29 jan. 2021.

KILPATRICK, A. M.; RANDOLPH, S. E. Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *The Lancet*, v. 380, p. 1946-1955, 2012. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2812%2961151-9>. Acesso em: 27 jan. 2021.

LAMBIN, E. F. *et al.* Pathogenic landscapes: interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *International Journal of Health Geographics*, v. 9, n. 54, p. 1-13, 2010. Disponível em: <https://ij-health-geographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-072X-9-54>. Acesso em: 27 jan. 2021.

LU, R. *et al.* Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The Lancet*, v. 395, p. 565-574, 2020. Disponível em: [https://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(20\)30251-8/fulltext](https://www.thelancet.com/article/S0140-6736(20)30251-8/fulltext). Acesso em: 31 jan. 2021.

MORIN, E. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MORIN, E. *O método 6: ética*. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MORSE, S. S. *et al.* Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *The Lancet*, v. 380, p. 1956-1965, 2012. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2812%2961684-5>. Acesso em: 27 jan. 2020.

NAVES, B. T. O.; REIS, É. V. B. *Bioética ambiental: premissas para o diálogo entre a ética, a bioética, o biodireito e o direito ambiental*. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2019.

POTTER, V. R. *Bioethics: bridge to the future*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.

ROMEO CASABONA, C. M. O desenvolvimento do direito diante das biotecnologias. In: ROMEO CASABONA, C. M.; SÁ, M. F. F. (Coords.). *Desafios jurídicos da biotecnologia*. Belo Horizonte: Mandamentos, 2007. p. 29-64.

SCHRAMM, F. R. Bioética, biossegurança e a questão da interface no controle das práticas da biotecnociência: uma introdução. *Revista Redbioética/UNESCO*, ano 1, v. 1, n. 2, p. 99-110, 2010.

SUSSER, M.; SUSSER, E. Choosing a future for epidemiology: I. Eras

and Paradigms. *American Journal of Public Health*, v. 86, n. 5, p. 668-673, may 1996a. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1380474/?page=1>. Acesso em: 20 fev. 2021.

SUSSER, M.; SUSSER, E. Choosing a future for epidemiology: II. From Black Box to Chinese Boxes and Eco-Epidemiology. *American Journal of Public Health*, v. 86, n. 5, p. 674-677, may 1996b. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1380475/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N. Vigilância epidemiológica: políticas, sistemas e serviços. In: GIOVANELLA, L. et al. (Orgs.). *Políticas e sistema de saúde no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2012. p. 687-707.

UNIÃO EUROPEIA. *Directiva 2001/18/CE*, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 12 de março de 2001. Relativa à libertação deliberada no ambiente de organismos geneticamente modificados e que revoga a Directiva 90/220/CEE do Conselho da União Europeia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32001L0018>. Acesso em: 15 fev. 2021.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO-convened global study of origins of SARS-CoV-2: China Part*. 10 fev. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/who-convened-global-study-of-origins-of-sars-cov-2-china-part>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ZHOU, P. et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, v. 579, p. 270-273, jan. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2012-7>. Acesso em: 30 jan. 2021.

Artigo recebido em: 01/03/2021.

Artigo aceito em: 23/04/2021.

### Como citar este artigo (ABNT):

REIS, E. V. B.; NAVES, B. T. O. Ecoepidemiologia e novos princípios gerais da biossegurança: aspectos ambientais da patogênese da COVID-19. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 18, n. 40, p. 361-384, jan./abr. 2021. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/2097>. Acesso em: dia mês. ano.