

SEMIÓFOROS DA BIODIVERSIDADE NO ANTROPOCENO: AS COLEÇÕES BIOLÓGICAS NOS ESTUDOS DA SAÚDE PLANETÁRIA

Magali Romero Sá

Introdução

Neste século a espécie humana já chegou aos 8 bilhões de seres no planeta e, segundo estimativa das Nações Unidas, a população mundial deverá alcançar 9 bilhões em 2037.¹ Atribui-se esse sucesso populacional, principalmente, à evolução cultural, científica e tecnológica, com padrões de consumo e uso desenfreado dos recursos naturais, tecnologias baseadas em recursos não renováveis e o acúmulo de resíduos e elementos tóxicos que foram responsáveis por alterações de grande impacto nos ecossistemas do planeta, que levaram ao aumento e sobrevivência da espécie humana e à extinção de outras espécies. Esse impacto global e sistêmico das ações humanas no planeta, considerado por muitos como um novo regime geológico, o Antropoceno, é responsável pelo avanço na emergência ou reemergência de doenças infecciosas, o que se configura como uma ameaça às populações. Outro fator de relevância diz respeito às interações entre animais e meio ambiente constantemente abaladas em decorrência das modificações dos ecossistemas que alteram o equilíbrio e o controle de patógenos, biodiversidade e interações humanas. O desmatamento, a ocupação da terra para usos diversos, as alterações climáticas, influenciam a dinâmica na relação parasita-hospedeiro, o surgimento de doenças emergentes, bem como de mutações de agentes patogênicos já conhecidos, para as

1 *ONU News*. Perspectiva Global Reportagens Humanas. 15 nov. 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>. Acesso em: 29 fev. 2024.

quais o ser humano não está imunologicamente adaptado, ocasionando elevados índices de infecção e letalidade. Como enfatizado por Paulo Artaxo (2020, p. 53), a sociedade está simultaneamente convivendo com três emergências importantes: 1) a crise na saúde; 2) a crise de perda de biodiversidade; e 3) a crise climática.

Esses desequilíbrios planetários retornam sobre os seres humanos como sintomas de um planeta doente, provocando alterações ambientais ameaçadoras à vida. O impacto causado pela grande interferência do homem na natureza, com as mudanças climáticas, a fragmentação dos *habitats* e a extinção das espécies, foi bem documentado no trabalho da jornalista Elizabeth Kolbert (2014) realizado por meio de intensa pesquisa e diálogo com cientistas, e alertando que, diferentemente das cinco grandes extinções em massa que tivemos anteriormente,² não causadas por interferência antrópica, agora estamos à beira da Sexta Extinção. Ceballos et al. (2015, p. 4-5) no estudo sobre a perda da biodiversidade demonstraram as altas taxas de extinção ocorridas entre os vertebrados, fato sem precedentes na história humana e altamente incomum na história da Terra. Para os autores, “a evidência é incontestável”. O homem está alterando significativamente a vida no planeta e abrindo caminho para a Sexta Extinção.

O reconhecimento das interdependências entre humanos e não humanos no Antropoceno tem levado à promoção de abordagens de saúde menos antropocêntricas, uma das principais pautas do que vem sendo chamado de saúde planetária. A relevância da crise da biodiversidade expressa pela ideia de Sexta Extinção e o envolvimento cada vez mais evidente das relações interespecíficas no surgimento de novas patologias ou retorno das antigas confere nova projeção às coleções biológicas de animais e outros organismos relacionados às doenças humanas.

Cerca de 70% a 80% das doenças infecciosas emergentes, e quase todas as pandemias recentes, são originárias de animais, a maioria na vida selvagem. O surgimento decorre de complexas interações entre animais selvagens e/ou domésticos e humanos. O efeito de *spillover* ou transbordamento, que aconteceu com o SarsCov-2, a Covid-19, foi provavelmente relacionado à proximidade entre pessoas e espécies sil-

2 As cinco grandes extinções: Ordoviciano-Siluriano, 440 milhões de anos atrás; Devoniano, 370-360 milhões de anos atrás; Permiano, 250 milhões de anos atrás; Triássico, 200 milhões de anos atrás; Cretáceo, 65 milhões de anos atrás.

vestres portadoras de múltiplas variedades de coronavírus, favorecendo com que novos hospedeiros, no caso os humanos, passassem a fazer parte do ciclo biológico desses microrganismos.

O ciclo de vida dos vetores, assim como dos reservatórios e hospedeiros que participam da cadeia de transmissão de doenças, está fortemente relacionado à dinâmica ambiental dos ecossistemas onde estes vivem, como temperatura, umidade, uso do solo e de vegetação. Conhecer e mapear a biodiversidade local torna-se cada vez mais relevante, com o aumento de circulação de bens e pessoas e as constantes alterações planetárias que vêm ocorrendo.

Assim, ao utilizar o conceito do historiador polonês Krzysztof Pomian (1990), de que semióforos são objetos de coleções investidos de significados e representações que ultrapassam o regime de visibilidade ou a mera dimensão da utilidade, entendo que as coleções científicas de animais, microrganismos e plantas podem ser enquadradas como tais por designarem espécimes de seres que subsidiaram classificações taxonômicas, a elucidação de ciclos de vida, investigação de manifestações patológicas e relações ecológicas, correlacionando-as a processos como migrações, intensificação da atividade agrícola, mudanças climáticas, mineração e desflorestamento.

O aquecimento global do planeta tem gerado preocupação sobre a expansão da área atual de incidência de algumas doenças, principalmente aquelas transmitidas por insetos, como dengue, malária, leishmanioses tegumentar e visceral, febre amarela, filariose, além de outras transmitidas por outros grupos zoológicos.

Em 28 de janeiro de 2021, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apresentou o seu novo roteiro para as Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN) para o período 2021-2030.³ Vinte doenças foram inseridas nas metas e marcos globais para prevenção, controle, eliminação ou erradicação. Dentre elas encontram-se aquelas que tem os insetos em seu ciclo de transmissão e são discriminadas segundo meta de controle em saúde pública, como as tripanossomíases (africana e doença de Chagas), a oncocercose, as leishmanioses (cutânea e visceral), dengue, chikungunya, filariose linfática e úlcera de Buruli.

3 Ending the neglect to attain the Sustainable Development Goals: A road map for neglected tropical diseases 2021-2030, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240010352>. Acesso em: 29 fev. 2024.

Contudo, para prever tendências e identificar populações em risco visando a erradicação ou diminuição da incidência de doenças, é necessário, como enfatizado por Tidman et al. (2021, p. 165), compreender as complexidades dos ciclos de vida do patógeno-vetor-hospedeiro e a influência de fatores globais, incluindo mudanças climáticas, globalização, mudança no uso da terra, crescimento populacional, migração humana e urbanização.

Nesse sentido, a disseminação de doenças parasitárias está diretamente relacionada com a circulação de populações e com uma convergência complexa de fatores do ambiente natural e social (Sá, 2013).

Chikungunya, a complexa circulação do vírus: erradicação ou uma nova epidemia?

A febre Chikungunya é uma doença não fatal causada pelo arbovírus, gênero *Alphavirus* da família *Togaviridae*, endêmico da África, e transmitida ao homem pela picada de mosquitos infectados do gênero *Aedes*. Os sintomas são febre alta e dores intensas nas articulações, podendo também provocar dores musculares e manchas vermelhas na pele. Em 1952, o primeiro caso da doença foi relatado na região dos planaltos Makonde, na Tanzânia, nos distritos da província sul de Newala e Masasi, fronteira com Moçambique. A doença foi descrita em trabalhos separados, em 1955, pelos médicos Marion Robinson, do Hospital Lulindi da Missão das Universidades na África Central, e por William Hepburn Russell Lumsden, na época entomologista do Uganda Virus Research Institute em Entebbe, Uganda (Robinson, 1955; Lumsden, 1955). O vírus foi isolado em 1953 do soro de vários pacientes febris e descrito pelo médico britânico R. W. Ross, do mesmo instituto em Entebbe (Ross, 1956).

Em 1958, o primeiro surto de chikungunya confirmado laboratorialmente na Ásia foi relatado em Bangkok, Tailândia. Muitos países do Sudeste Asiático, juntamente com países localizados na África Central, Austral e Ocidental, continuaram a relatar surtos esporádicos até 1980 (Zavala-Colon, Gonzalez-Sanchez, 2022).

Somente em janeiro de 2024 foram detectados os primeiros casos em países da área continental da América Central, no Caribe. De lá, foram sendo disseminados e, em junho de 2014, casos importados são registrados no Brasil. Nesse mesmo ano foi detectado o primeiro caso com

transmissão autóctone no país, no estado do Amapá. Após, surgiram casos na Bahia, em Feira de Santana (Azevedo, Oliveira, Costa, 2015, p. 51), e, rapidamente, a doença passou a ser notificada em diferentes partes do país com mais 300 mil casos confirmados desde o primeiro registro informado ao Sistema de Vigilância Epidemiológica Brasileira.⁴

Chikungunya é uma palavra retirada da língua Makonde na Tanzânia que significa “aquilo que se curva” e refere-se à postura curvada observada em pacientes devido à dor intensa nas articulações (Zavala-Colon, Gonzalez-Sanchez, 2022).

A descoberta do ciclo enzoótico do vírus na África, com o mosquito silvestre *Aedes africanus* naturalmente infectado, levou a intensa busca por possíveis insetos vetores da doença com coleta de exemplares, identificação, investigação sobre comportamento e *habitats* dos possíveis vetores. Estudos experimentais de transmissão do vírus confirmaram o papel de várias espécies de mosquitos arbóreos do gênero *Aedes* na transmissão da chikungunya. A manutenção do ciclo silvestre ainda continua a ser investigada, supondo-se que o vírus seja mantido na África Subsaariana num ciclo que envolve primatas não humanos em áreas de floresta ou savana, em diferentes tipos de *habitats* ligados à presença de vetores competentes. Além dos primatas, o vírus também já foi encontrado em outras espécies de mamíferos como o esquilo dourado e morcegos (Weaver, Forrester, 2015, p. 33).

Em seus estudos sobre a doença, Lumsden (1955) considerou a possibilidade de sua origem ter sido o vale do rio Ruvuma e ter se espalhado pelo planalto por meio dos nativos que circulavam na área, visitando outros grupos, e associou a disseminação do vírus em áreas urbanas pelo *Aedes aegypti*, mosquito com comportamento domiciliar e de atividade diurna, devido ao fato de os residentes, ao estocarem água em suas vilas, proporcionarem condições adequadas para a reprodução do inseto, manutenção do ciclo da doença e sua propagação.

Essa circulação entre os povos nativos e a migração das aldeias para os centros urbanos, e para outros países, foi responsável pela disseminação da chikungunya e, mesmo em lugares em que o *Aedes ae-*

4 Alerta epidemiológico surto de Chikungunya. SES/GO, 2021. Superintendência de Vigilância em Saúde. Secretaria de Estado da Saúde, GO. Disponível em: https://www.saude.go.gov.br/files/boletins/alertas/epidemiologicos/Informe_epidemiologico_chikungunya.pdf.

gypti não fosse prevalente, outros potenciais insetos adaptados às áreas urbanas passaram a ser os principais vetores da doença, como é o caso do *Aedes albopictus* que, sendo o mosquito prevalente em áreas urbanas na Ásia, com a introdução da doença na região, passou a ser o principal vetor da doença e a espécie prevalente para a transmissão do vírus causador da febre chikungunya na região. Na Ásia, em lugares onde os dois mosquitos urbanos ocorrem, a doença é transmitida tanto pelo *Aedes albopictus* como pelo *Aedes aegypti* (Zeller, Bortel, Sudre, 2016, p. 5439).

Na África, porém, é o *A. aegypti* o principal vetor. Originário do Egito, vem desde o século XVI, período das Grandes Navegações, se disseminando pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Nas Américas, esse mosquito foi introduzido no período colonial por meio de navios que traficavam escravos e, desde então, adaptado aos centros urbanos, vivendo dentro e perto das casas e se reproduzindo em água parada. O *A. aegypti* vem atuando como vetor de diferentes doenças como febre amarela, dengue, zika, chikungunya. Já o *Aedes albopictus*, só na década de 1980 teve sua dispersão aumentada da Ásia para outras partes do mundo. No Brasil foi primeiro identificado em 1986, no Rio de Janeiro, e rapidamente se disseminou pelo país, atingindo mais de 14 estados e inúmeros municípios (Gomes et al., 1999, p. 96).

Figura 1 – *Aedes aegypti*.



Disponível em: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/aedes-aegypti>. Imagem de @jcomp. Acesso em: 20 ago. 2024.

Figura 2 – *Aedes albopictus*.



Disponível em: https://www.freepik.com/free-ai-image/close-up-mosquitoes-nature_aedes_albopictus. Imagem de Freepik. Acesso em: 8 jun. 2024.

Como apontado por Engohang-Ndong (2022), vários são os fatores que podemos relacionar ao aumento da incidência da chikungunya não só no Brasil como em várias partes do mundo. A circulação de bens e pessoas com a facilidade dos meios transporte; a expansão de áreas urbanas em regiões tropicais florestadas da África e da América do Sul; o aumento da densidade nas áreas urbanas da população humana e da população de mosquitos do gênero *A. aegypti*; a invasão da espécie asiática *A. albopictus*; o aumento da temperatura global e as alterações climáticas facilitando a propagação desses dois vetores e a introdução de novas espécies vetoras contribuindo para a propagação da doença em diferentes regiões do globo.

Uma nova doença transmitida por insetos?

A úlcera de Buruli é uma doença dermatológica causada pela bactéria *Mycobacterium ulcerans*, da mesma família da que causa a tuberculose e a hanseníase. Os primeiros sintomas são lesões na pele, que começam como nódulos, que, se não forem tratados, podem virar feridas.

das grandes e abertas pelo corpo. As feridas atacam principalmente as articulações, podendo prejudicar também os ossos, levando à incapacidade motora e, por vezes, à amputação de membros inteiros.⁵

Com ocorrência em zonas tropicais e subtropicais, e com epidemiologia ainda desconhecida, tem os insetos, principalmente os aquáticos, investigados como seus prováveis transmissores devido à incidência da doença em locais próximos à água (Boleira et al., 2010, p. 282, 284).

Assim como a descoberta da oncocercose no Brasil na década de 1960, os casos de surgimento da úlcera de Buruli no país e em outros países das Américas ainda é uma incógnita.

Nos anos de 1950 e 1960, um número expressivo de casos de pacientes com úlceras foi detectado no condado de Buruli, em Uganda, hoje distrito de Nakasongola. As úlceras eram similares às reportadas pelo médico missionário inglês Albert Cook, em fins do século XIX, em 1897, em pacientes no Hospital Mengo em Kampala, Uganda.

Figura 3 – Abertura do novo hospital Mengo em Uganda. Ao centro *sir* Albert (Ruskin) Cook, *lady* Katherine Cook e o comissário interino de Uganda, 1903.



Fonte: Wellcome Library, Londres.

5 OMS. Centro de prensa. Úlcera de *Buruli* (infección por *Mycobacterium ulcerans*). 12 ene. 2023. Disponível em: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/buruli-ulcer-\(mycobacterium-ulcerans-infection\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/buruli-ulcer-(mycobacterium-ulcerans-infection)). Acesso em: 29 fev. 2024.

Antes de se estabelecer o agente causador da doença, lesões de pele similares às reportadas pelo médico inglês Cook na África foram identificadas no final da década de 1930 e registradas em 1948 em seis pacientes do distrito de Bairnsdale, no sudeste da Austrália pelo médico escocês-australiano Peter MacCallum e seus colegas, onde a doença é também conhecida como úlcera de Bairnsdale (MacCallum et al., 1948; Johnson, 2019, p. 61). Na época foi identificado como organismo causador uma micobactéria ácido-resistente, posteriormente nomeada como *Mycobacterium ulcerans* (MacCallum et al., 1950).⁶ Nas décadas de 1940 e 1950, úlceras cutâneas necróticas, também causadas por uma micobactéria ácido-resistente, foram registradas em 170 pacientes na República Democrática do Congo. Contudo, foi uma alta prevalência de infecções por *M. ulcerans* observada nas décadas de 1950 e 1960 em uma área do então povoado do condado de Buruli, perto do rio Nilo em Uganda, que deu nome à doença conhecida hoje como úlcera de Buruli (Röltgen, Pluschke, 2019, p. 1).

Mais de 58 mil casos de úlcera de Buruli foram registrados entre 2002 e 2016 em cerca de trinta países, afetando fundamentalmente as comunidades pobres, principalmente crianças e mulheres, com acesso limitado à atenção à saúde. Na África (Benin, Camarões, República Centro-africana, Congo, Costa do Marfim, República Democrática do Congo, Guiné Equatorial, Gabão, Gana, Guiné, Libéria, Nigéria, Serra Leoa, Sudão do Sul, Uganda e Togo), Américas (Guiana Francesa, Suriname, México, Peru, Brasil), Ásia (Japão) e Pacífico Ocidental (Austrália e Papua Nova Guiné) (Röltgen, Pluschke, 2019, p. 2; Boleira et al., 2010, p. 283).

6 A espécie *Mycobacterium ulcerans* foi taxonomicamente validada como nova espécie em 1950 pelo trabalho anteriormente realizado por MacCallum et al., em 1948. Ela é, portanto, referenciada como *Mycobacterium ulcerans* MacCallum et al. 1950. *Mycobacterium ulcerans* MacCallum et al., 1950 in GBIF Secretariat (2023). *GBIF Backbone Taxonomy*. Checklist dataset. Disponível em: <https://doi.org/10.15468/39omei>. Acesso em: 8 jun. 2024.

Intervenção no meio ambiente e as infecções por *Mycobacterium ulcerans*

Estudos estão relacionando o surgimento de alguns dos focos de infecção por *M. ulcerans* a diferentes tipos de distúrbios ecológicos e ambientais como os ocorridos em vários países com ocorrência da doença.

Röltgen e Pluschke (2019, p. 23) descreveram alguns exemplos de alterações no meio ambiente em diferentes países e de como essas mudanças contribuíram para o aumento e o declínio da doença. Nas Américas, por exemplo, na Guiana Francesa, um aumento na incidência de úlcera de Buruli em Mana, entre 1984 e 1988, foi observado logo após a criação dos campos de arroz, e o declínio significativo no número de casos da doença foi associado à construção da hidrelétrica Petit-Saut no rio Sinnamary, em 1994, a montante de uma área endêmica adjacente da de ocorrência da úlcera de Buruli, possibilitando uma melhor regulação dos fluxos de água. Já no Japão, um surto de úlcera de Buruli que afetou vários membros de uma família foi atribuído a um canal de água agrícola estagnado, onde foram encontradas cepas de *Mycobacterium ulcerans* em amostras do crustáceo lagostim habitante desse curso d'água. Em Victoria, na Austrália, um surto na Ilha Phillip, na década de 1990, foi suspeito de ser desencadeado por um lago recém-formado, e, também, por um sistema de irrigação de um campo de golfe (Johnson, 2019, p. 66). Em Papua-Nova Guiné, a população nas áreas endêmicas da úlcera de Buruli ao longo do rio Kumusi afirmou que as infecções só ocorreram depois de uma grande enchente após a erupção do vulcão vizinho monte Lamington. E em áreas endêmicas na África foram levantadas suspeitas entre a incidência de úlcera de Buruli e o represamento de rios ou riachos levando à criação de lagos artificiais. Os autores apontaram também que outras zonas consideradas de alto risco para se contrair a úlcera de Buruli foram os campos de arroz irrigado e campos de banana na Costa do Marfim, além de áreas de mineração e agricultura com mudanças na cobertura do solo (Röltgen, Pluschke, 2019, p. 23).

Na Austrália foram encontrados casos de marsupiais em zonas urbanas infectados pela *M. ulcerans*, com aumento significativo de casos da doença e sendo atribuídos à introdução desses animais nessas zonas ao desmatamento e aos novos empreendimentos habitacionais em zonas florestadas (Blasdell et al., 2022).

Figura 4 – acima *Pseudocheirus peregrinus*; abaixo, *Trichosurus vulpecula*.



Disponíveis em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pseudocheirus_peregrinus. Acesso em: 23 fev. 2023; e https://pt.wikipedia.org/wiki/Trichosurus_vulpecula. Acesso em: 13 abr. 2023.

Segundo Johnson (2019, p. 63) suspeita-se que *M. ulcerans* alcançou pela primeira vez a Austrália no norte, possivelmente de Papua-Nova

Guiné, e se alastrou pela costa leste da Austrália e ao longo da costa sul, de Victoria até Melbourne, e que essa introdução pode ter sido consequência das atividades de navegação costeira ao longo da costa leste desde a colonização europeia. Fato atual é que, em Victoria, o movimento de leste para oeste ao longo da costa sul do continente continua com o mais recente evento de introdução da doença.

Boleira et al. (2010, p. 283) em artigo sobre a úlcera de Buruli descreveram o primeiro caso da doença surgido no Brasil em 2007, em um paciente de 65 anos com evolução clínica da doença já há dois anos, e associada à osteomielite. O caso foi registrado em um centro de saúde em Brasília. Como descrito pelos autores do artigo, o paciente vivia em uma área rural próxima a um corpo de água onde o clima era quente e úmido.

Dois anos depois um segundo caso foi registrado em um turista inglês visitando o Pantanal em 2007 e identificado com a doença ao retornar para a Inglaterra, e como o Brasil não era identificado como área de incidência para a úlcera de Buruli, o diagnóstico foi de difícil definição, demorando alguns meses para sua confirmação (Boleira et al., 2010, p. 283; McGann et al., 2009, p. 1827).

A micobactéria *M. ulcerans* também foi encontrada em infecções ulcerativas em pacientes na região de Malaya, no México (Goodfellow et al., 2012, p. 334).

Estudos sobre o modo de transmissão e possíveis reservatórios ambientais: o inventário de possíveis vetores

A proximidade de pântanos e áreas alagadas têm levado à exploração do papel das espécies de invertebrados aquáticos como vetores ou reservatórios potenciais. Na Austrália, o DNA de *M. ulcerans* foi detectado na água e detritos de pântanos durante o surto de úlcera de Buruli em meados da década de 1990, e detecção molecular em mosquitos coletados de várias localidades dentro da área endêmica em Victoria demonstrou que *Aedes notoscriptus* pode atuar como vetor mecânico para a úlcera de Buruli, com a possibilidade de os mosquitos poderem estar envolvidos na transmissão da doença na região (Blasdell et al., 2022, p. 2).

Na África Ocidental, o DNA de *M. ulcerans* foi detectado em água e plantas aquáticas, insetos (Belastomatidae, Naucoridae, Hydrophi-

lidae), crustáceos e moluscos (*Bulinus* sp. e Planorbidae) e pequenos peixes (incluindo *Tilapia* sp.) (Portaels et al., 2008, p. 2). As picadas de insectos, a contaminação de lesões cutâneas e o contato com pântanos e massas de água, muitas vezes associados a alterações ecológicas, foram considerados fatores de risco para a contaminação com a doença (Tabah et al., 2019, p. 44).

Estudos relatando a distribuição de *M. ulcerans* em locais aquáticos em Gana encontraram evidências de DNA de *M. ulcerans* em insectos, filtrado de água, biofilme e solo (Williamson et al., 2008, p. 12). Em 2008, Portaels et al. descreveram, pela primeira vez, o cultivo e a caracterização de uma cepa de *M. ulcerans* obtida de um Hemiptera aquático (*Gerris* sp.) do Benin. Experimentos em laboratório com a *M. ulcerans* e o inseto hemiptera aquático do gênero *Naucouris* demonstravam que a bactéria podia colonizar as glândulas salivares desses insectos e também transferir a bactéria para um hospedeiro mamífero, no caso do experimento um camundongo, e causar a doença (Stinear, Johnson, 2008, p. 1).

Hoje já está se estabelecendo o consenso de que esta micobactéria não existe livremente no meio ambiente, como se pensava anteriormente. Provavelmente ocupa um nicho específico dentro de ambientes aquáticos (por exemplo, pequenos animais aquáticos), de onde é transmitida aos humanos por um mecanismo desconhecido, ou tendo os insectos como transmissores mecânicos.

Historicamente a busca por insectos transmissores de micobactérias sempre despertou o interesse dos cientistas. Um dos casos mais emblemáticos ocorridos no Brasil foi a forte defesa feita pelo médico Adolpho Lutz. Tendo se dedicado ao estudo da hanseníase desde o início de sua carreira, Lutz defendeu a teoria de que os mosquitos eram os responsáveis pela transmissão da doença, tendo investigado incansavelmente inúmeras espécies de mosquito. Lutz faleceu convencido de que os dípteros eram os responsáveis pela transmissão da doença (Benchimol, Sá, 2003).

Considerações finais

Mapear a biodiversidade existente em diferentes nichos ecológicos, identificar e estudar as interações entre os principais grupos taxonômicos, compreender as mudanças ambientais ocorridas e o surgimento e desaparecimento das espécies são os objetivos implícitos na formação de coleções científicas fundamentais para o entendimento do surgimento de doenças emergentes e reemergentes. Como enfatizado por Nicholson em 1986 (Sá, Klein, 2001, p. 15), as coleções científicas devidamente mantidas, documentadas e preservadas constituirão as joias da pesquisa científica no século XXI.

O estudo de caso das duas doenças abordadas no presente capítulo demonstra a relevância de se conhecer o mundo natural e o impacto causado pelo homem no meio ambiente. A intervenção desastrosa do homem na natureza, alterando o equilíbrio entre espécies, na qual ele está incluído, contribui para que novos patógenos ocupem espaços abertos por esse desequilíbrio. Como enfatizado por Anna Tsing (2021) a natureza humana é uma relação entre espécies, e essa rica diversidade ecológica existente, sem a qual os seres humanos não podem sobreviver, está completamente ameaçada pelo que estamos considerando como Antropoceno. Em seu livro *Viver nas ruínas*, de 2019, Tsing nos apresenta um excelente exemplo de como se dão as transformações das paisagens do Antropoceno com o alastramento dos fungos patogênicos e o impacto na recomposição do meio ambiente, sendo eles os responsáveis por desmedidas extinções.

Tanto no caso da febre chikungunya como na úlcera de Buruli, as intervenções ambientais e as diferentes rotas migratórias humanas entre Ásia, Europa, África e as Américas contribuíram para a disseminação de parasitos e para a introdução de novos vetores nas relações entre esses organismos e seus hospedeiros. No caso da úlcera de Buruli, a não comprovação do modo de como se dá a transmissão da doença torna ainda mais premente mapear a biodiversidade nos locais de incidência da doença.

É importante que a análise dos padrões de disseminação das doenças envolva estudos integrados das complexas relações homem-natureza e as reconfigurações ecológicas impulsionadas pelas migrações.

Nesse sentido, as coleções científicas são peças fundamentais para conhecer os diferentes espécimes e o meio em que vivem, elucidar

seus ciclos de vida e investigar as diferentes manifestações patológicas. Para a prevenção e controle dessas e de outras patologias, as coleções biológicas assumem particular projeção como semióforos da biodiversidade e da complexidade de relações ecológicas que acompanham a incidência das doenças infectocontagiosas e ameaçam a saúde planetária.

Referências

- ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 34, n. 100, p. 53-66, 2020.
- AZEVEDO, Raimunda do Socorro da Silva; OLIVEIRA, Consuelo Silva; COSTA, Pedro Fernando da. Risco do chikungunya para o Brasil. *Revista de Saúde*, v. 49, p. 58, 2015.
- BENCHIMOL, Jaime; SÁ, Magali Romero. Adolpho Lutz and controversies over the transmission of leprosy by mosquitoes. *História, Ciências, Saúde – Manuais*, v. 10, supl. 1, p. 49-93, 2003.
- BLASDELL, Kim R. et al. Environmental risk factors associated with the presence of *Mycobacterium ulcerans* in Victoria, Australia. *PLoS ONE*, v. 17, n. 9, e0274627, p. 1-20, 2022.
- BOLEIRA, Manuela et al. Buruli Ulcer. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 85, n. 3, p. 281-301, 2010.
- CEBALLOS, Gerardo et al. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, n. 1, p. 1-5, e1400253, 2015.
- COUPPIÉ, Pierre et al. *Mycobacterium ulcerans* in French Guiana: Current state of knowledge. In: RÖLTGEN, K.; PLUSCHKE, G. (eds.). *Buruli Ulcer: Mycobacterium Ulcerans Disease*. Cham: Springer, 2019. p. 77-86.
- ENGOHANG-NDONG, Jean. Introductory chapter: Introduction to Chikungunya. In: ENGOHANG-NDONG, Jean (ed.). *Chikungunya Virus: A growing global public health threat*. London: IntechOpen, 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/79877>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- GOMES, Almério de Castro et al. *Aedes albopictus* em área rural do Brasil e implicações na transmissão de febre amarela silvestre. *Revista de Saúde Pública*, v. 33, n. 1, p. 95-97, 1999.
- GOODFELLOW, Michael et al. (eds.). *Bergey's manual of systematic Bacteriology*. v. 5: The actinobacteria, part A and B. 2. ed. New York: Springer, 2012.
- JOHNSON, Paul D. R. Buruli Ulcer in Australia. In: RÖLTGEN, Katharina;

- PLUSCHKE, Gerd (eds.). **Buruli Ulcer: Mycobacterium Ulcerans Disease**. Cham: Springer, 2019. p. 61-76.
- KOLBERT, Elizabeth. **The Sixth Extinction: an unnatural history**. New York: Henry Holt, 2014.
- LUMSDEN, William Hepburn Russell. An epidemic of virus disease in Southern Province, Tanganyika Territory, in 1952-1953. I. Clinical features. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 49, n. 1, p. 33-57, 1955.
- MACCALLUM, P. et al. A new mycobacterial infection in man. **Journal of Pathology and Bacteriology**, v. 60, n. 1, p. 93-122, 1948.
- MCGANN, Hugh et al. Buruli Ulcer in United Kingdom tourist returning from Latin America. **Emerging Infectious Diseases**, v. 15, n. 11, p. 1827-1829, 2009.
- MORRIS, A. et al. First detection of *Mycobacterium ulcerans* DNA in environmental samples from South America. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 1, e2660, p. 1-6, 2014.
- POMIAN, Krzysztof. **Collectors and curiosities: Paris and Venice, 1500-1800**. Oxford: Polity Press, 1990.
- PORTAELS, F. et al. First cultivation and characterization of *Mycobacterium ulcerans* from the environment. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 3, p. 1-12, e178, 2008.
- ROBINSON, Marion C. An epidemic of virus disease in Southern Province, Tanganyika Territory, in 1952-53. I. Clinical features. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 49, n. 1, p. 28-32, 1955.
- RÖLTGEN, Katharina; PLUSCHKE, Gerd. Buruli Ulcer: History and disease burden. *In*: RÖLTGEN, Katharina; PLUSCHKE, Gerd (eds.). **Buruli Ulcer: Mycobacterium Ulcerans Disease**. Cham: Springer. p. 1-43, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11114-4_2. Acesso em: 29 fev. 2024.
- ROSS, R. W. The Newala epidemic. III. The virus: isolation, pathogenic properties and relationship to the epidemic. **Journal of Hygiene**, v. 54, n. 2, p. 177-191, 1956.
- SÁ, Magali Romero. Migração e saúde nos trópicos. *In*: NODARI, Eunice Sueli; CORREA, Sílvio Marcus de Souza (orgs.). **Migrações e natureza**. São Leopoldo: Oikos, 2013. p. 71-92.
- SÁ, Magali Romero; KLEIN, Lisabel. A construção das tradições científicas, os acervos de biodiversidade e a produção do conhecimento: as coleções científicas da Fundação Oswaldo Cruz. *In*: FIOCRUZ. **Fundo Instituto Oswaldo Cruz: inventário dos documentos das coleções científicas**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2001. p. 15-16.

STINEAR, T.; JOHNSON, P. D. R. First Isolation of *Mycobacterium ulcerans* from an aquatic environment: The end of a 60-year search? **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 3, e216, p. 1, 2008.

TABAH, Earnest Njih et al. Buruli Ulcer in Africa. *In*: RÖLTGEN, Katharina; PLUSCHKE, Gerd (eds.). **Buruli Ulcer: Mycobacterium Ulcerans Disease**. Cham: Springer, 2019. p. 43-60.

TIDMAN, Rachel et al. The impact of climate change on neglected tropical diseases: a systematic review. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 115, n. 2, p. 147-168, 2021.

TSING, Anna Lowenhaupt. **Viver nas ruínas: paisagens multiespécies no Antropoceno**. Edição Thiago Mota Cardoso, Rafael Victorino Devos. Brasília: IEB; Mil Folhas, 2019.

TSING, Anna Lowenhaupt. O Antropoceno mais que humano. *Ilha: Revista de Antropologia*, v. 23, n. 1, p. 176-191, 2021.

WEAVER, Scott C; FORRESTER, Naomi L. Chikungunya: Evolutionary history and recent epidemic spread. **Antiviral Research**, n. 120, p. 32-39, 2015.

WILLIAMSON, H. R. et al. Distribution of *Mycobacterium ulcerans* in Buruli Ulcer endemic and non-endemic aquatic sites in Ghana. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 3, p. 1-14, e205, 2008.

ZAVALA-COLON, Maria; GONZALEZ-SANCHEZ, Juan, History and geographic distribution of Chikungunya Virus. *In*: ENGOHANG-NDONG, Jean (ed.). **Chikungunya Virus: A growing global public health threat**. London: IntechOpen, 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/77968>. Acesso em: 29 fev. 2024.

ZELLER, Herve; BORTEL, Wim Van; SUDRE, Bertrand. Chikungunya: Its history in Africa and Asia and its spread to new regions in 2013-2014. **The Journal of Infectious Diseases**, v. 214, suppl. 5, p. 5436-5440, 2016.

Como citar o capítulo:

SÁ, Magali Romero. Semióforos da biodiversidade no Antropoceno: as coleções biológicas nos estudos da saúde planetária. *In*: DOMINGUES, Heloisa Maria Bertol; ALMEIDA, Marta de (Org.). **Ciências e tecnologias num Brasil (in)dependente**. Brasília, DF: Editora IBICT, 2025. Cap. 5, p. 129-145. DOI: 10.22477/9788570131737.cap5