

Mudanças climáticas, Antártida e as ameaças sanitárias emergentes

José Roberto Pinho de Andrade Lima¹
João Franswilliam Barbosa²
Paulo Eduardo Aguiar Saraiva Câmara³

Sumário executivo

As mudanças climáticas representam o maior desafio da atual geração, podendo suas consequências causar diversas outras crises humanitárias, como guerras, migrações, fome e pandemias.

Este *policy paper* buscou levantar possíveis interfaces entre o degelo nas regiões polares, especialmente na Antártida, que se encontra no entorno estratégico do Brasil, e as novas ameaças sanitárias com desdobramentos no campo da segurança. Considerando que os patógenos emergentes e as mudanças climáticas não respeitam fronteiras ou soberanias, torna-se urgente fomentar reflexões, bem como identificar subsídios para a formulação de políticas públicas nacionais que promovam a resiliência e a proteção dos interesses nacionais.

Este é um estudo do tipo exploratório, qualitativo e aplicado, que empregou como metodologia a revisão de literatura e técnicas de pesquisa bibliográfica e documental. Foram analisadas publicações institucionais e artigos científicos relacionados aos temas de segurança sanitária, mudanças climáticas, Antártida e ameaças biológicas nos idiomas inglês, português e espanhol, especialmente os publicados no período de 2018 a 2023.

Com base nos dados já disponíveis sobre a biodiversidade nas regiões polares, sobre os efeitos do aquecimento na Antártida e Ártico e da dinâmica das zoonoses emergentes nas últimas décadas, conclui-se pela necessidade de ações, políticas públicas que promovam: a) pesquisas científicas sobre ameaças biológicas relacionadas com o degelo nos polos; b) reestruturação do Programa Antártico Brasileiro para incluir a participação brasileira nas investigações no Ártico; c) desenvolvimento de rigorosos protocolos de biossegurança na logística de pessoal e material entre os diversos continentes e as áreas polares, visando barrar a circulação de patógeno em ambos os sentidos; e d) estruturação de uma nova estratégia de prevenção e resposta às emergências sanitárias e pandemias, baseada na abordagem de “Saúde Única” e desenvolvimento de resiliência.

PALAVRAS-CHAVE

Mudanças Climáticas; Segurança Sanitária; Antártida; Resiliência.

1. Coronel do Exército, Médico Veterinário pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), M.Sc. pela Universidade de Montreal, Canadá, Doutor em Saúde Pública pela UFBA, Pós-doutorado em Saúde Global e Ambiental pela University of Florida/EUA, Professor/Pesquisador do Laboratório de Pesquisas em Segurança, Desenvolvimento e Defesa (Lab-SDD) da Escola Superior de Defesa (ESD).

2. Capitão de Mar e Guerra, Bacharel em Direito pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e Ciências Navais pela Escola Naval, Mestre em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ, Doutor em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval (EGN), Doutor em Direitos, Instituições e Negócios (UFF), Chefe da Divisão de Extensão, Pesquisa e Pós-graduação da Escola Superior de Defesa (ESD).

3. Professor e pesquisador do Instituto de Biologia da Universidade de Brasília (UnB) e da Escola Superior de Defesa (ESD). Pesquisador no âmbito do Programa Antártico Brasileiro. Pós-Doutor pela Universidade de Brasília. Doutor em Ciências Biológicas pela University of Missouri-Saint Louis. Bolsista PQ do CNPq.

1. Introdução

A humanidade tem se deparado com desafios inéditos nas últimas décadas, como as mudanças climáticas, a superpopulação de cerca de 8 bilhões de pessoas e transformações tecnológicas disruptivas. Neste cenário complexo, incerto, acelerado e volátil, o mundo verifica a ocorrência de antigas crises, como guerras, fome, migrações e pandemias. Estes fenômenos da atualidade, entre outros, colocam em risco a segurança internacional e ameaçam a própria existência da espécie humana.

O Tratado da Westfália (1648) encerrou a devastadora Guerra dos Trinta Anos e possibilitou um período de cerca de 150 anos de paz na Europa, que foi abalado pelas Guerras Napoleônicas e, décadas depois, pelas duas Grandes Guerras do Século XX. Neste longo período que vai desde a chamada Paz de Westfália até a Guerra Fria, o conceito de “segurança” foi visto em termos puramente centrados no Estado, com foco na proteção contra ameaças militares e inimigos externos (Cortona; Penteadó, 2022).

Na década de 1990, o conceito restrito de segurança foi questionado e surgiu um novo entendimento de segurança que não observava apenas a segurança do Estado, mas a segurança humana, categorizada em cinco dimensões: política, social, militar, econômica e ambiental (Rudzik; Nogami, 2010). Na atualidade, diversas nações incorporaram em suas estratégias nacionais de segurança de Estado aspectos transversais e multidisciplinares, como segurança sanitária, energética, cibernética, alimentar, entre outras (De Andrade Lima, Serrano e Migon, 2022).

Os múltiplos impactos das mudanças climáticas sobre continentes e oceanos geram eventos climáticos extremos que desencadeiam desastres naturais, escassez de água e alimentos, pobreza, migrações, epidemias, entre outros. Todas estas consequências têm interface direta com os setores de segurança e defesa dos estados nacionais, pois a crise ambiental é precursora de crises sanitárias, sociais e econômicas que acabam por levar à instabilidade política interna e regional, conflitos e guerras. Este *w* analisa interfaces entre as mudanças climáticas, as regiões polares e a segurança sanitária, em especial as potenciais novas ameaças biológicas relacionadas com o aquecimento na Antártida.

2. Impacto das mudanças climáticas nas regiões polares

O conjunto das áreas do planeta que contém água em estado sólido é denominado criosfera. Entre os elementos da criosfera estão as áreas permanentemente cobertas por gelo que correspondem a aproximadamente 10% da área da Terra, e as camadas subterrâneas de solo congelado, conhecidas como *permafrost*⁴. Estima-se que cerca de 30% da massa continental do hemisfério norte seja composta por *permafrost*, especialmente concentrada no círculo Ártico. Na Antártida⁵, a área com *permafrost* é menos acessível, pois estima-se que menos de 0,3% do continente não é coberto por espessa e perene camada de gelo (Geraque, 2023). As

4. Solos que se mantêm permanentemente congelados, por pelo menos dois anos consecutivos.

5. Neste texto, a denominação “Antártida” se refere ao continente gelado, substantivo, enquanto “antártica” é empregada na condição de adjetivo.

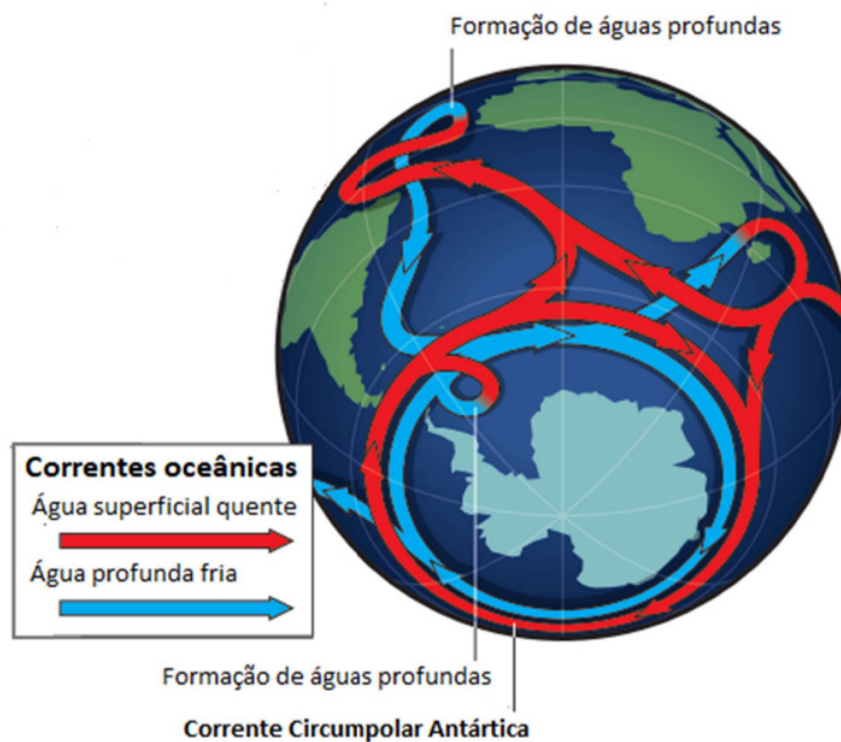
“Se o crescimento das emissões de gases de efeito estufa continuar no mesmo ritmo nas próximas décadas, isso pode desencadear um colapso do gelo existente na Antártida. Este degelo terá consequências catastróficas, como a mudança na salinidade dos oceanos e o aumento do nível do mar de mais de um metro até 2100 e mais de 15 metros até 2500.”

mudanças climáticas têm provocado temperaturas três vezes mais elevadas no Ártico do que na média global, causando perda de massa das camadas de gelo.

Se o crescimento das emissões de gases de efeito estufa continuar no mesmo ritmo nas próximas décadas, isso pode desencadear um colapso do gelo existente na Antártida. Este degelo terá consequências catastróficas, como a mudança na salinidade dos oceanos e o aumento do nível do mar de mais de um metro até 2100 e mais de 15 metros até 2500 (Tollefson, 2016).

O relatório 2023 da Organização Meteorológica Mundial indica uma elevada probabilidade de que a temperatura média anual próxima à superfície do planeta ultrapasse em 1,5°C os níveis pré-industriais (1850-1900), por pelo menos um ano durante o período entre 2023 e 2027 (WMO, 2023). Isto significa um grave alerta e indica que grandes massas de gelo das regiões polares irão se liquefazer e, assim, poderão carrear os microorganismos que estão ali estabilizados para os oceanos, possibilitando a circulação global pelas correntes oceânicas, ilustradas na Figura 1. Qual o risco biológico deste fenômeno? Qual o impacto para as outras espécies de vida, inclusive para os humanos?

Figura 1. Dinâmica de correntes oceânicas influenciadas pela Antártida



Fonte: Adaptado de Boff (2018).

Um exemplo dos riscos sanitários associados ao degelo polar, foi o surto de antraz ocorrido em 2016 na península de Yamal, na Sibéria, dentro do Círculo Polar Ártico. A fonte das infecções pelo *Bacillus anthracis* foi uma carcaça de rena conservada no *permafrost* por décadas, que descongelou devido ao calor atípico do verão, liberando o patógeno ainda viável. Como resultado, mais de 2.500 renas foram infectadas e tiveram que ser sacrificadas, 90 pessoas foram hospitalizadas, 21 casos de antraz ficaram confirmados e uma criança morreu (Hueffer *et al*, 2020).

Em uma pesquisa recente, Alempic e colaboradores (2023) demonstraram que grandes vírus de DNA, com mais de 48 mil anos de idade, conseguiram sobreviver no *permafrost*, mantendo ativo seu poder de infectar outras células. Devido a essa característica, eles foram apelidados de “vírus zumbis”. Estes achados indicam que, com o derretimento de solos congelados nas regiões polares, diversos microrganismos podem ser liberados. Vale lembrar que os solos, hoje congelados nos polos norte e sul, existem há milhões de anos, desde antes das separações dos continentes, e no passado foram áreas quentes cobertas por densas vegetações e povoadas por uma grande diversidade de fauna e microbiota.

3. Antártida, crise climática e novas ameaças sanitárias

A Antártida como a conhecemos hoje foi formada há cerca de 35 milhões de anos (Anderson, 2010). Ao longo de seu isolamento, a Antártida acumulou lentamente o gelo que hoje cobre a quase totalidade dos seus 14 milhões de quilômetros quadrados. Estudos de modelagem climática preveem um rápido aquecimento do continente ao longo do restante do século XXI (Bracegirdle *et al.*, 2020).

O *permafrost* nas ilhas da Antártida Marítima abriga fungos viáveis com conjuntos de diversidade moderada a rica. Com o aquecimento planetário, diversos fungos congelados no solo podem emergir. Da Silva e colaboradores (2020) detectaram fungos com potencial de serem novas espécies, algumas geneticamente próximas ao *P. destructans*, agente responsável por enfermidade⁶ capaz de extinguir morcegos na América do Norte e Eurásia. Da mesma forma que para diversas outras espécies fúngicas na Antártida, não há informações disponíveis sobre a virulência destas cepas.

A vegetação Antártica, composta basicamente por briófitas (musgos) e líquens, formam um ecossistema único e pouco estudado, capaz de abrigar uma série de organismos que encontram abrigo, umidade e alimento nesse ambiente. Essa vegetação abriga uma diversidade ainda pouco conhecida. No entanto, poucos estudos até o momento se dedicaram a caracterizar essa diversidade associada aos tapetes de musgos, que são habitats de uma variedade de organismos negligenciados⁷. Convencionou-se chamar essa biodiversidade associada às briófitas de Briosfera.

Mais do que em qualquer outro local do planeta, as áreas livres de gelo na Antártida são dominadas por organismos dispersos pelo vento (Pearce *et al.*, 2016). Estes organismos podem se dispersar como um todo (no caso de organismos unicelulares), ou como esporos, fragmentos, etc. Embora a atenção até o momento esteja principalmente voltada para a iminente chegada de organismos exóticos que irão competir com os organismos nativos, pouco tem sido investigado sobre o processo inverso, ou seja, as consequências da chegada de organismos antárticos aos continentes, especialmente à América do Sul.

Outro fator ainda pouco considerado é o crescimento do turismo na Antártida. Na Ilha Deception, apenas em Whalers Bay, ocorreram mais de 160.000 visitas turísticas entre 2010 e 2019⁸. O turismo, embora seja regulado, tem um impacto cada vez maior e mais evidente ao longo dos anos pela presença de grandes navios, aviões, poluição, circulação de pessoas na proximidade dos animais e seus locais de descanso e reprodução (Roura, 2012; Câmara *et al.*, 2021a; Rosa *et al.*, 2020a; Carvalho-Silva *et al.*, 2021).

Recentemente, uma doença conhecida como “anéis de fada”⁹ tem atacado a vegetação antártica. Inicialmente restrita ao norte da Península, a doença tem se espalhado para o sul e agora está praticamente onipresente nas Shetlands do Sul, afetando sete espécies vegetais diferentes (Rosa *et al.*, 2020b). A presença de “anéis de fada” em espécies de musgo não relatadas anteriormente e em novas localidades sugere que a doença pode estar se espalhando na Antártida. O estudo de Câmara *et al.* (2021b) demonstra que essa doença afeta não apenas

6. “síndrome do nariz branco” (ou WNS, *white nose syndrome*, em inglês).

7. Como bactérias, fungos, protistas (protozoários), cromistas (algas), nematoides (parasitas), rotíferos (zooplâncton), tardígrados (pequenos invertebrados também conhecidos como ursos-d’água) e vários grupos de artrópodes, incluindo insetos e colêmbolos (artrópodes de seis patas).

8. Para mais informações, ver <http://www.iaato.org>.

9. A doença é caracterizada por anéis concêntricos e, ao contrário do que se acreditava, não é causada por um único fungo, mas por uma sucessão ecológica de diversos fungos oportunistas que se aproveitam das lesões causadas por fungos anteriores (Rosa *et al.*, 2020b).

os musgos, mas também as algas, podendo ter efeitos danosos na biodiversidade antártica. Os fungos causadores da patologia “anéis de fada”, produzem uma grande quantidade de elementos de propagação vegetativa (propágulo), que são estruturas muito pequenas e leves. Estes fragmentos germinativos podem ser facilmente dispersos pelo vento ou por vetores, como animais, especialmente aves. Isso facilita a propagação da doença na região da Península Antártica e coloca o potencial risco de chegada do organismo às Américas.

“Em termos de potenciais ameaças sanitárias presentes na Antártida, a mais relevante trata-se dos “DNA desconhecidos”. Muitas sequências de DNA localizadas no gelo Polo Sul não podem ser atribuídas a nenhuma classificação anteriormente identificada no planeta, portanto podem ser novos seres vivos, cujas características benéficas ou patogênicas são desconhecidas.”

Diversos patógenos¹⁰, previamente desconhecidos na região polar, foram identificados nos estudos de Câmara *et al* (2020) utilizando técnicas genômicas¹¹. Os patógenos identificados são todos fitopatogênicos e alguns deles podem até mesmo causar doenças em seres humanos. A maioria são patógenos de plantas cultivadas tais como feijão, soja, milho entre outros. Embora os patógenos sejam bem conhecidos em todo o mundo, não está claro quantos representantes estão presentes na Antártida. É importante ressaltar que a região é livre de plantas cultivadas, portanto, esses patógenos podem ter sido trazidos pelo homem juntamente com alimentos ou podem ser variedades desconhecidas originárias da Antártida, cujo efeito nas plantas cultivadas ainda é desconhecido.

Pesquisas da Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), realizadas na Antártida entre 2019 e 2023, no escopo do projeto FioAntar, investigaram novos patógenos — como vírus, fungos e bactérias — presentes no ambiente antártico. As coletas de amostras ambientais e em pinguins detectaram ameaças inéditas na região, como o vírus da Influenza A (H1N2) em pinguins e fungos causadores de Histoplasmoze (Ogrzewalska *et al.*, 2022; Moreira *et al.*, 2022).

Em termos de potenciais ameaças sanitárias presentes na Antártida, a mais relevante trata-se dos “DNA desconhecidos”. Muitas sequências de DNA localizadas no gelo Polo Sul não podem ser atribuídas a nenhuma classificação anteriormente identificada no planeta, portanto podem ser novos seres vivos, cujas características benéficas ou patogênicas são desconhecidas. Na maioria dos estudos genômicos feitos na Antártida, cerca de 47% do DNA coletado no ambiente é totalmente desconhecido, não sendo possível sequer enquadrá-lo em um dos cinco reinos¹².

Qual é o risco desses “DNA desconhecidos” causarem doenças em plantas, animais ou até mesmo em humanos? Com o aquecimento global e o degelo, qual é o risco desses “DNA desconhecidos” chegarem aos oceanos e circularem pelo planeta? Estas questões representam importantes lacunas do conhecimento e precisam ser enfrentadas pelos pesquisadores da área de estudos de defesa, do campo da saúde e do Programa Antártico Brasileiro (ProAntar)¹³.

“Considerando a decisão estratégica do país em aderir ao Tratado de Svalbard, inserindo-se cientificamente nas pesquisas polares na região Ártica, uma das mais impactadas com as mudanças climáticas, o ProAntar precisa ser transformado no Programa Polar Brasileiro.”

O Programa Antártico Brasileiro (ProAntar) necessitaria ser reestruturado. Considerando a decisão estratégica do país em aderir ao Tratado de Svalbard, inserindo-se cientificamente nas pesquisas polares na região Ártica, uma das mais impactadas com as mudanças climáticas, o ProAntar precisa ser transformado no Programa Polar Brasileiro. Para isso, é necessário investir recursos na criação de uma base permanente ou compartilhada em regiões como Svalbard, na Noruega. Em complemento, é importante estruturar editais de pesquisa polar para fornecer financiamento às pesquisas sobre mudanças climáticas e, especialmente, ameaças sanitárias relacionadas ao derretimento das regiões polares.

10. Especialmente Oomycotas dos gêneros *Achlya*, *Anisulpidium*, *Aphanomyces*, *Peronospora*, *Phytium*, *Phytophthora*, *Globisporangium*

11. DNA *Metabarcoding*, que consiste em método rápido de avaliação de biodiversidade, combinando duas técnicas, o sequenciamento de DNA de alto desempenho e a identificação taxonômica baseada em DNA com emprego da bioinformática.

12. Animal, vegetal, fungi, protista e monera.

13. ProAntar é uma política pública que há mais de 40 anos viabiliza uma sinergia exitosa entre as Forças Armadas e a Academia, com participação de outros atores estatais como Ministério das Relações Exteriores (MRE), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI).

4. Papel das aves migratórias e mamíferos aquáticos na circulação global de zoonoses

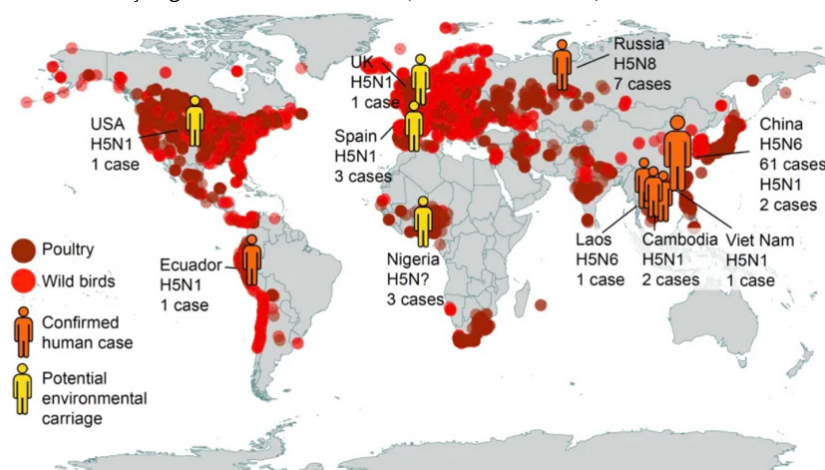
As doenças zoonóticas são caracterizadas por afetarem humanos, mas tendo animais como reservatórios ou transmissores. Enquanto 60% das enfermidades infecciosas existentes são classificadas como zoonoses, cerca de 75% das enfermidades emergentes ou reemergentes da atualidade, como Ebola, Lassa, Nipah, Marburg, Monkey pox, HIV, Influenza Aviária, SARS-CoV-2, possuem vínculo zoonótico. Anualmente, as zoonoses provocam aproximadamente 2,5 bilhões de casos e 2,7 milhões de mortes em todo o mundo (Karesh *et al.*, 2012; Mariappan *et al.*, 2022).

O grupo de viroses que mais preocupa em termos de propagação e potencial de provocar pandemias são as viroses respiratórias, como a recente COVID-19, e a Gripe ou Influenza. Pesquisas realizadas em cadáveres preservados no solo congelado (*permafrost*) na região ártica permitiram isolar o vírus H1N1 responsável pela grande pandemia chamada de “Gripe Espanhola”, que ocorreu entre 1918-1919, causando perdas estimadas entre 50-100 milhões de mortes. A caracterização genética, utilizando as tecnologias atuais, possibilitou confirmar que o agente causador foi um vírus Influenza de origem aviária que atingiu de forma letal pessoas jovens, entre 20 e 40 anos (Taubenberger; Morens, 2020).

Os vírus Influenza apresentam alta variabilidade genética, grande capacidade de adaptação e curto período de incubação, o que lhes confere uma elevada transmissibilidade, tanto entre animais quanto entre populações humanas. Anualmente, o planeta é atingido por surtos sazonais de gripe durante o período do inverno em cada hemisfério, atingindo cerca de um bilhão de pessoas e causando 650 mil mortes. A cada 30-40 anos, os surtos sazonais adquirem o perfil de pandemias, com casos de gravidade variável, envolvendo a passagem do vírus por diversas espécies de aves silvestres e domésticas, como frangos e suínos, chegando finalmente aos humanos. Nos últimos 300 anos, foram registradas 10 pandemias de Influenza, que tiveram sua origem na Rússia e na Ásia, em especial na China (Gatzke e Andrade, 2020; Brasil, 2019).

Periodicamente, a Organização Mundial de Saúde Animal registra surtos de Influenza Aviária que causam grandes prejuízos para a produção animal e colocam em risco de extinção algumas espécies de aves silvestres. Estes eventos deixam as autoridades de saúde coletiva em alerta para as possibilidades de ocorrer *spillover*, ou seja, a adaptação do vírus circulante em animais aos humanos, causando surtos zoonóticos. Diferentes subtipos estão associados aos surtos e são denominados Influenza Aviária de Alta Patogenicidade — IAAP (*Highly Pathogenic Avian Influenza – HPAI*). Desde sua primeira identificação em 1996, o subtipo H5N1 já causou doença em cerca de 900 humanos, com uma taxa de letalidade em torno de 50% (Wille, Barr e Klaassen, 2023).

Figura 2. Distribuição global dos casos de IAAP (Out 2020 - Feb 2023)

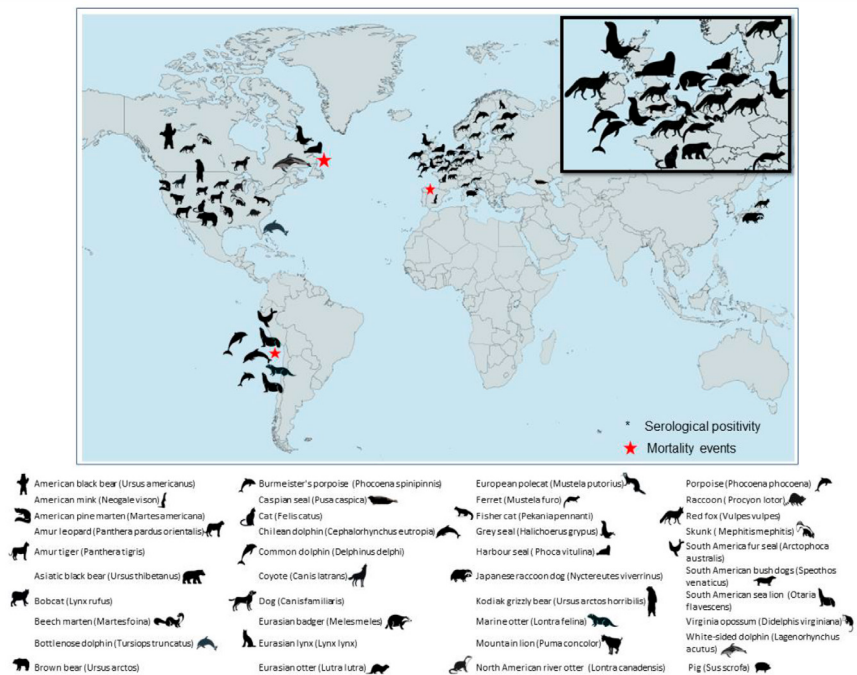


Fonte: Wille, Barr e Klaassen (2023).

Entre 2021 e 2023, tem ocorrido um grande aumento na disseminação da IAAP entre as aves silvestres, sendo a prevalência da doença a mais alta já registrada. Somente na Europa e nos Estados Unidos, o surto de H5N1 iniciado em novembro de 2021 obrigou o sacrifício de 56 milhões de aves domésticas como forma de interromper a propagação, com um impacto econômico estimado em 53 milhões de dólares nos Estados Unidos até outubro de 2022, resultando no aumento do preço da carne de frango e dos ovos (USDA, 2022). Também foram registrados 10 casos humanos até maio de 2023, em pessoas que tiveram contato com animais doentes. A Figura 2, acima, ilustra a distribuição global dos casos humanos e em aves entre outubro de 2020 e fevereiro de 2023.

Diferente do perfil de surtos anteriores, a atual “onda” de propagação da Influenza Aviária Altamente Patogênica (H5N1) tem atingido diversas formas de mamíferos aquáticos, provocando elevada mortalidade. Por exemplo, no Peru, foram registrados mais de 3.500 óbitos de leões marinhos. Os animais são indicadores prévios da circulação de zoonoses e funcionam como sentinelas de mudanças ambientais e doenças que chegarão aos humanos. A Figura 3, a seguir, ilustra o cenário global das diversas espécies de mamíferos acometidas pela Influenza Aviária de Alta Patogenicidade.

Figura 3. Distribuição geográfica das detecções de IAAP em mamíferos desde 2016



Fonte: EFSA (2023), Obs: quadrado superior direito mostra zoom no norte da Europa.

Existem várias possíveis vias de mão dupla para a circulação de patógenos, como a IAAP, entre a região Antártica e a Sul Americana. Diversas aves migratórias e mamíferos aquáticos circulam entre ambas as regiões, podendo potencialmente carregar organismos em ambas as direções. Anticorpos contra Influenza Aviária também foram detectados em várias espécies de aves marinhas em localidades da Antártida e ilhas subantárticas (Smeele *et al.*, 2018).

No caso de animais infectados que morram ao chegar na Antártida, suas carcaças podem ser preservadas pelas camadas de neve e gelo, possibilitando que, no futuro, em períodos excessivamente quentes, tornem-se fontes de infecção para outros animais e para pessoas.

5. Ações de vigilância, biossegurança e bioproteção para promover resiliência

Segundo as análises do Centro para Segurança Climática (TCCS)¹⁴, uma das ameaças mais relevantes e urgentes para a segurança nacional e global no século XXI são as mudanças climáticas. As consequências dessas ameaças ambientais têm o potencial de desestabilizar a vida no planeta em todos os níveis. Mesmo em cenários de aquecimento limitado a 1,5°C, cada região do mundo enfrentará graves riscos para a segurança nacional e global nas próximas três décadas, com impactos mais severos nas populações mais vulneráveis (Kate *et al*, 2020). Dentre estes riscos estão epidemias de enfermidades infecciosas em humanos e animais, especialmente às associadas a vetores (como mosquitos)¹⁵. À medida que a planeta esquenta, os mosquitos e os patógenos associados tendem a se disseminar para latitudes e altitudes mais altas, com incidências mais elevadas e estação de transmissão mais prolongada em algumas áreas endêmicas (Rocklöv; Dubrow, 2020).

A segurança sanitária compreende ações que visam a proteção de indivíduos e comunidades contra enfermidades infecciosas. Parte fundamental desta proteção envolve o desenvolvimento da resiliência, entendida como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade, exposta a uma ameaça, evento ou distúrbio, resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se de seus efeitos de forma oportuna e eficaz, incluindo a preservação e restauração de seus estruturas e funções básicas (IPCC, 2022).

Nos primeiros meses de 2023, a Influenza Aviária de Alta Patogenicidade chegou ao território brasileiro. As primeiras aves migratórias mortas, nas quais o vírus H5N1 foi detectado, foram localizadas no litoral do Espírito Santo, em maio de 2023. O Ministério da Agricultura do Brasil e os setores correlatos do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Saúde têm atuado de forma coordenada para evitar que a Influenza atinja às pessoas e a avicultura nacional, maior exportadora de carne de frango do planeta.

A acelerada progressão da IAAP no sentido Norte-Sul, indica que a Antártida e as ilhas subantárticas estão em alto risco para o período 2023/2024. No verão austral, o pessoal de todas as operadoras que trabalham e visitam essas regiões devem intensificar as medidas de biossegurança. Todos os operadores que interagem com a vida selvagem na Antártida, assim como toda a cadeia logística de material e pessoal entre os continentes e o polo, devem aplicar rigorosos protocolos de prevenção e controle para evitar a propagação da enfermidade (Dewar *et al*, 2022).

O enfrentamento dessas ameaças sanitárias complexas, que envolvem a interface meio ambiente — saúde humana — saúde animal, necessita de uma abordagem integrada denominada de “Saúde Única”, definida como:

uma abordagem integrada e unificadora que visa equilibrar e otimizar, de forma sustentável, a saúde de pessoas, animais e ecossistemas. Reconhece que a saúde dos seres humanos, dos animais domésticos e selvagens, das plantas e do meio ambiente em geral (incluindo os ecossistemas) estão intimamente ligados e são interdependentes. A abordagem mobiliza múltiplos setores, disciplinas e comunidades em diferentes níveis da sociedade para trabalharem em conjunto para promover o bem-estar e enfrentar as ameaças à saúde e aos ecossistemas, ao mesmo tempo que trata da necessidade coletiva por água, energia e ar limpos, alimentos seguros e nutritivos, tomando medidas quanto à mudança climática e contribuindo para o desenvolvimento sustentável (WHO, 2021).

“O enfrentamento dessas ameaças sanitárias complexas, que envolvem a interface meio ambiente — saúde humana — saúde animal, necessita de uma abordagem integrada denominada de “Saúde Única”...”

14. The Center for Climate and Security: <https://climateandsecurity.org/>.

15. Por exemplo dengue, Zika, Chikungunya, Febre Amarela, Malária, Febre do Nilo Ocidental, Leishmaniose, Doença de Lyme, entre outras.

Em outubro de 2022, foi lançado o Plano de Ação Conjunta em Saúde Única (*One Health Joint Plan of Action — OH JPA*). Este plano quinquenal (2022-2026) centra-se em apoiar e expandir competências em seis áreas: a) competência em Saúde Única para sistemas de saúde, b) epidemias zoonóticas emergentes e reemergentes, c) doenças zoonóticas endêmicas, doenças tropicais negligenciadas e transmitidas por vetores, d) riscos à segurança alimentar, e) resistência antimicrobiana, f) meio ambiente, segurança sanitária e paz (FAO; UNEP; OMS; WOH, 2022).

No campo do enfrentamento das emergências sanitárias no Brasil, existe uma lacuna significativa e uma importante vulnerabilidade. Não se observa a integração normativa ou doutrinária nem uma visão estratégica de “Saúde Única” entre os atores chave no gerenciamento das crises, como os Ministérios da Agricultura, da Saúde, do Meio Ambiente e da Defesa, apenas para citar alguns. Uma crise sanitária, em seu estágio inicial, pode ser completamente difusa, levantando várias perguntas e criando uma indefinição sobre quem é o responsável por coordenar a resposta: trata-se de uma doença exclusivamente animal? Há risco para humanos? É originária de um ataque biológico? Qual a origem e impacto? Essas são perguntas que estão na interface dos diversos agentes públicos mencionados, assim como podem ter implicações para diversos outros setores, como economia, defesa civil, transporte, relações exteriores, entre outros. Surge então a questão, de quem será o responsável por coordenar os esforços e empregar as capacidades na resposta inicial? Além disso, é importante identificar onde estão os especialistas em zoonoses, epidemiologia, virologia, entre outros.

Como já ocorre em diversos países, uma possibilidade de política pública para dar eficiência às ações de segurança sanitária e a criação de uma agência central com expertise e capacidades de coordenação, desempenhando um papel protagonista das medidas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. O modelo de sucesso observado em outras nações é o modelo CDC — Centro de Controle de Doenças, estrutura independente e autônoma, existe há décadas nos EUA, Europa, África, China e diversos outros pontos (De Andrade Lima, 2023).

A principal missão do CDC Brasil seria desenvolver resiliência em todos os níveis do Estado e da sociedade, pesquisando, treinando pessoal e instalando capacidades laboratoriais, por exemplo. Considerando as peculiaridades e dimensões do Brasil, esta agência deveria dar uma atenção especial às ameaças sanitárias relacionadas às fronteiras, à agropecuária, às terras indígenas e às diversas áreas de proteção ambiental.

6. Considerações finais e recomendações

“A Saúde das Florestas, dos Polos e dos Oceanos é indissociável do conceito de Saúde Única. Para garantir um planeta mais resiliente, com ecossistemas produtivos e sustentáveis, é essencial atuar para melhorar a saúde humana, animal e ambiental em conjunto.”

A Saúde das Florestas, dos Polos e dos Oceanos é indissociável do conceito de Saúde Única. Para garantir um planeta mais resiliente, com ecossistemas produtivos e sustentáveis, é essencial atuar para melhorar a saúde humana, animal e ambiental em conjunto.

Considerando os impactos emergente das mudanças climáticas, o aquecimento já evidenciado das regiões polares e as lacunas de conhecimentos sobre as ameaças sanitárias associadas, revela-se urgente o investimento em pesquisas científicas que prospectem as novas ameaças biológicas com desdobramentos no campo da segurança, em especial associadas à Antártida. Como uma das 12 maiores economias, o Brasil precisa assumir protagonismo nas pesquisas congêneres relacionadas ao Ártico, transformado o ProAntar no Programa Polar Brasileiro.

O aparecimento de novas enfermidades no bioma antártico, a presença de materiais genéticos desconhecidos, a crescente circulação de pessoas nas regiões polares e os impactos das mudanças climáticas reforçam a necessidade de rigorosos protocolos de biossegurança na logística de pessoal e material entre os diversos continentes e as áreas polares, vindo restringir a disseminação de patógenos.

Os resultados permitem, ainda, indicar que a implementação de algumas ações estratégicas podem contribuir para robustecer a capacidade de resiliência brasileira no que diz respeito à

segurança sanitária. Uma dessas ações seria a criação de uma agência independente, especializada na vigilância e gestão da resposta de emergências sanitárias, seguindo o modelo do Centro de Controle de Doenças (CDC) existente nos EUA, Europa, África e China. Além disso, é essencial investir no desenvolvimento de pesquisas científicas, treinamentos, cursos, seminários, publicações e simulações voltadas para o gerenciamento de crises relacionadas a desastres naturais e emergências sanitárias. Essas iniciativas podem consolidar uma mentalidade de integração e facilitar a coordenação, o planejamento e a atuação das diversas agências envolvidas. ■

Referências

1. Alempic, J. M. *et al.* (2023) 'An update on eukaryotic viruses revived from ancient permafrost', *Viruses*, 15 (2), pp. 564.
2. Anderson, J. (2010) *Antarctic Marine Geology*. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Bethan J. D. *et al.* (2012) 'Antarctic Peninsula Ice Sheet evolution during the Cenozoic Era', *Quaternary Science Reviews*, 31, pp. 30-66, ISSN 0277-3791. doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.10.012>
4. Bracegirdle T. J. *et al.* (2020) 'Twenty first century changes in Antarctic and Southern Ocean surface climate in CMIP6', *Atmos Sci Lett*. doi: <https://doi.org/10.1002/asl.984>
5. Boff, C. M. (2018) *Micro-organismos do permafrost como indicadores paleoclimáticos da Antártica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências. Universidade Federal de Santa Catarina.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico. Secretaria de Vigilância em Saúde (2019) *Influenza: Monitoramento até a Semana Epidemiológica 52 de 2019*. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/g/gripe-influenza/arquivos/informe-epidemiologico_influenza-2019-se52.pdf (Acesso: 09 abril 2023).
7. Câmara, P. E. A. S., Valente, D. V. e Sancho, L. G. (2020) 'Changes in the moss (Bryophyta) flora in the vicinity of the Spanish Juan Carlos I Station (Livingston island, Antarctica) over three decades', *Polar Biol*, 43, pp. 1745-1752. doi: <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02740-0>
8. Câmara, P. E. A. S. *et al.* (2021a) 'Diversity And Ecology Of Chlorophyta (Viridiplantae) Assemblages In Protected And Non-Protected Sites In Deception Island (Antarctica, South Shetland Islands) Assessed Using An Ngs Approach', *Microbial Ecology*, 81, pp. 323-334.
9. Câmara, P. E. A. S. *et al.* (2021b) 'Fairy ring disease affects epiphytic algal assemblages associated with the moss *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske (Bryophyta) on King George Island, Antarctica', *Extremophiles*, 25, pp.501-512. doi: <https://doi.org/10.1007/s00792-021-01246-9>
10. Carvalho-Silva, M. *et al.* (2021) 'Exploring The Plant Environmental Dna Diversity In Soil From Two Sites On Deception Island (Antarctica, South Shetland Islands) Using Metabarcoding', *Antarctic Science*, 33, pp. 1-10.
11. Cavicchioli, R., *et al.* (2019) 'Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change', *Nat. Rev. Microbiol*, 17, pp. 569-586.

12. Cortona, A. e Penteadó, J. T. R. (2022) 'Direito à paz no mundo e a cultura de guerra', *Direito, Negócios & Sociedade*, 2(3), pp. 81-93.
13. Da Silva, T. H. et al. (2020) 'Diversity, distribution, and ecology of viable fungi in permafrost and active layer of Maritime Antarctica', *Extremophiles*, 24, pp. 565-576.
14. De Andrade Lima, J. R. P., Serrano, N. F. G. e Migon, E. X. F. G. (2022) 'Segurança Sanitária na Fronteira Brasil-Venezuela', *Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares*, 16(57), pp. 529-548.
15. De Andrade Lima, J. R. P. (2023) 'Seguridad sanitaria de las fronteras brasileñas y las amenazas transnacionales a la producción agrícola nacional', *Revista de Ciencia e Investigación en Defensa-CAEN*, 4(1), 6-15.
16. Dewar, M. et al. (2022) *The Risk of Avian Influenza in the Southern Ocean: A practical guide*. ed 7, IAATO, South Kingstown. doi: <https://doi.org/10.32942/osf.io/8jrbu>.
17. EFSA (European Food Safety Authority), et al. (2023) 'Scientific report: Avian influenza overview March–April 2023', *EFSA Journal* 2023; 21(5):8039, pp. 1-45. doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8039>.
18. FAO — Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022) *Global Avian Influenza Viruses with Zoonotic Potential Situation update, 22 December 2022*. Disponível em: <https://www.fao.org/animal-health/situation-updates/global-aiv-with-zoonotic-potential/en> (Acesso: 20 janeiro 2023).
19. FAO, UNEP, OMS e WOA (2022) *Global Plan of Action on One Health. Towards a more comprehensive One Health approach to global health threats at the human-animal-environment interface*. OMS, Genebra. doi: <https://doi.org/10.4060/cc2289en>
20. Gatzke, F. e Andrade, V. R. M. (2020) 'O vírus Influenza: Revisão Narrativa da Literatura', *Revista Interdisciplinar em Ciências da Saúde e Biológicas – RICSB*, 3(2), pp. 74-82.
21. Geraque, E. (2023) 'Experimento que reativou vírus de 48 mil anos quer alertar para retorno de microbiota da era do gelo ao convívio humano', *Jornal da UNESP*. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/05/19/experimento-que-reativou-virus-de-48-mil-anos-quer-alertar-para-retorno-de-microbiota-da-era-do-gelo-ao-convivio-humano/> (Acesso: 19 maio 2023).
22. Hueffer, K. et al. (2020) 'Factors contributing to anthrax outbreaks in the circumpolar north', *EcoHealth*, 17, pp. 174-180.
23. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022) 'Summary for Policymakers' in Pörtner H-O, w. (eds.) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. p. 3056. Geneva, Switzerland: IPCC.
24. Kate, G. et al (2020). *A security threat assessment of global climate change: how likely warming scenarios indicate a catastrophic security future*. Center for Climate and Security. Washington, DC. Disponível em: <https://climateandsecurity.org/wp-content/uploads/2020/03/a-security-threat-assessment-of-climate-change.pdf> (Acesso: 19 maio 2023).
25. Karesh, W. B. et al. (2012) 'Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories', *The Lancet*, 380(9857), pp. 1936-1945.
26. Mariappan, V. et al. (2022) 'One Health surveillance approaches for melioidosis and glanders: The Malaysian perspective', *Frontiers in Veterinary Science*, 9, pp. 1-12.
27. Moreira, L. M., et al. (2022) 'Molecular Detection of *Histoplasma capsulatum* in Antarctica', *Emerging Infectious Diseases*, 28(10), 2100.

28. Ogrzewalska, M., et al. (2022) 'Influenza A (H11N2) Virus Detection in Fecal Samples from Adélie (Pygoscelis adeliae) and Chinstrap (Pygoscelis antarcticus) Penguins, Penguin Island, Antarctica', *Microbiology Spectrum*, 10(5), e01427-22.
29. Pearce, D. A., et al. (2016) 'Aerobiology Over Antarctica – A New Initiative for Atmospheric Ecology', *Front. Microbiol*, 7(16). doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00016>
30. Rosa, L. H. et al. (2020a) 'DNA Metabarcoding Uncovers Fungal Diversity In Soils Of Protected And Non-Protected Areas On Deception Island, Antarctica', *Scientific Reports*, 10, pp. 1-9.
31. Rosa, L.H. et al. (2020b) 'Opportunistic fungi found in fairy rings are present on different moss species in the Antarctic Peninsula', *Polar Biol*, 43, pp. 587-596. doi: <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02663-w>
32. Reid, A.H., et al. (1999) 'Origin and evolution of the 1918 "Spanish" influenza virus hemagglutinin gene', *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96, pp. 1651-1656.
33. Rocklöv, J., Dubrow, R. (2020) 'Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control', *Nat Immunol*, 21, 479-483. doi: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
34. Roura, R. M. (2012) 'Being there: examining the behavior of Antarctic tourists through their blogs', *Polar Research*, 31(1), 201, pp. 1-23.
35. Rudzit, G. e Nogami, O. (2010) 'Segurança e Defesa Nacionais: conceitos básicos para uma análise', *Revista Brasileira de Política Internacional*, 53, pp. 5-24.
36. Smeele, Z. E., Ainley, D. G., e Varsani, A. (2018) 'Viruses associated with Antarctic wildlife: From serology based detection to identification of genomes using high throughput sequencing', *Virus Research*, 243, pp. 91-105.
37. Taubenberger, J. K. e Morens, D. M. (2020) 'The 1918 influenza pandemic and its legacy', *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 10(10), pp. 1-17, a038695. doi: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a038695>
38. Tollefson, J. (2016) 'Trigger seen for Antarctic collapse', *Nature*, 531(7596), pp. 562-562.
39. Animal and Plant Health Inspection Service (USDA) (2022) *Avian Influenza*. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/animalhealth/animal-disease-information/avian/avian-influenza> (Acesso: 20 abril 2023).
40. Wille, M., Barr, I. e Klaassen, M. (2023) 'Bird Flu, Human Cases And The Risk To Australia', *Persuit - Health & Medicine*, The University of Melbourne.
41. World Health Organization (WHO) (2021) *Tripartite and UNEP support OHHLEP's definition of "One Health"*. WHO, Genebra. Disponível em: www.who.int/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health (Acesso: 20 abril 2023).
42. World Meteorological Organization (WMO) (2023) *Global Annual to Decadal Climate Update: period 2023- 2027*. WMO, Genebra.
43. Wu, Ruonan et al. (2022) 'Permafrost as a potential pathogen reservoir', *One Earth*, 5(4), pp. 351-360.