

Como a tecnologia pode colaborar com as ações de Saúde única³

Klena Sarges Marruaz da Silva⁽¹⁾

Carla de Freitas Campos⁽²⁾

Alessandra Nascimento Pontes⁽³⁾

Jaqueline Maria da Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5996-490X>. Instituto de Ciência e Tecnologia em Biomodelos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ.

⁽²⁾ ORCID: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-4874-6229](https://orcid.org/0000-0002-4874-6229). Instituto de Ciência e Tecnologia em Biomodelos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ.

⁽³⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8064-2991>. Grupo de pesquisa Biotecnologia e Tecnologia Aplicada à Saúde (BIOTECTAS), Faculdade Cesmac do Sertão; Palmeira dos Índios-AL.

⁽⁴⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5177-2770>. Grupo de pesquisa Biotecnologia e Tecnologia Aplicada à Saúde (BIOTECTAS), Faculdade Cesmac do Sertão; Palmeira dos Índios-AL.

O conteúdo expresso neste capítulo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

INTRODUÇÃO

A pandemia do novo coronavírus, decretada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2020, trouxe à sociedade uma nova perspectiva sobre o convívio social, a rotina e um novo entendimento sobre saúde.

De fato, o entendimento é novo, mas o conceito de Saúde única data ainda do século passado. Foi necessário que um novo vírus - cuja origem certamente está no contato estreito com seu hospedeiro anterior, uma outra espécie animal que não a espécie humana - se disseminasse de forma rápida e sem fronteiras para entendermos que a saúde precisa ser vista de uma ótica mais ampla, onde a sua manutenção é impossível de ser desvinculada da saúde de outros seres e dos ambientes do planeta, os quais já sinalizaram influenciar decisivamente na preservação da espécie humana. Um paradoxo até então



inimaginável para uma sociedade antropocentrista que se acreditava alheia aos perigos de sua extinção.

Mesmo com duas epidemias também causadas por coronavírus no início do século e os inúmeros desastres ambientais causados no Brasil e em outros países, vimos que a apropriação do olhar amplo sobre uma abordagem transdisciplinar da saúde é dependente do poder de transformação socioeconômica, causada pelo impacto de uma doença. A pandemia foi capaz de retirar dos eixos todos os tipos de atividades humanas e trazer de volta os bolsões de miséria e amplificar os casos de doenças mentais consequentes do isolamento social e instabilidades econômicas.

Para além dessa constatação, as transformações dos padrões demográficos causados pela destruição dos ambientes naturais e imigrações forçadas por guerras civis, contribuíram para maior frequência e intensidade das interações entre humanos e animais domésticos e/ou silvestres, uma vez que a espécie humana consome proteína animal na sua dieta, na maior parte dos continentes e culturas.

Na esteira destas transformações, a tecnologia avança na consolidação da sociedade 5.0: automatizada, conectada e auxiliada pelo aprendizado das máquinas, as quais pensam conforme padrões por nós definidos, para auxiliar na resolução e previsão de problemas futuros.

É com este enfoque que abordaremos o estado da arte da tecnologia em 2021, frente às ações para manutenção da Saúde Única e sobre como a tecnologia e a inovação podem ser aliadas para manter a saúde do planeta.

SAÚDE ÚNICA – O QUE É

O termo Saúde Única se refere a um conceito ou abordagem que indica a indissociabilidade entre a saúde humana, a saúde animal e o meio ambiente, tanto a nível local, como mundial. Neste sentido, esta abordagem requer uma atuação holística, transversal, sinérgica e integrada de profissionais dedicados aos diversos campos de atuação desses três eixos, os quais serão capazes de identificar e abordar uma ampla gama de riscos na interface animais-humanos-ecossistema (ZINSSTAG, 2012).

O conhecimento sobre essa indissociabilidade não é novo, havendo citações relacionadas desde a época de Aristóteles e tendo os cientistas notado similaridades nos processos de doença de humanos e de animais desde o início do século XIX (EVANS, LEIGHTON, 2014). Entretanto, este conceito se tornou mais importante nos anos recentes,



pela alteração em muitos fatores relacionados à interação entre pessoas, animais, vegetação e o meio ambiente compartilhado (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2021).

Fenômenos como o desaparecimento de espécies, degradação de habitats, poluição, invasão de espécies e alteração do clima global estão promovendo fortes alterações sobre a vida no nosso planeta e tornando essa indissociabilidade mais evidente. Tais alterações podem ser notadas em todos os ambientes do planeta, mesmo nos pontos mais selvagens, na profundidade dos mares ou nas cidades mais densamente povoadas. Embora haja uma preocupação em relação à emergência ou reemergência de doenças infecciosas que afetam os humanos, a mesma se dá em relação à fauna e à flora, o que pode comprometer de forma consistente a biodiversidade que sustenta a vida no nosso planeta.

Diante de todas as alterações impostas ao planeta, a gestão ambiental e a gestão da saúde nunca foram tão importantes ou estiveram tão claramente ligadas. Sendo assim, para que possamos ter sucesso no controle das doenças, devemos, ao mesmo tempo, garantir a integridade biológica na Terra para as futuras gerações, implementando abordagens interdisciplinares e transeitoriais para prevenção, vigilância, monitoramento, controle e mitigação de doenças, bem como, para conservação de forma mais ampla (ONE WORLD – ONE HEALTH, 2021).

Adicionalmente, para sua devida efetividade, esta é uma estratégia que deve envolver as lideranças mundiais, a sociedade civil e a comunidade de saúde de forma global (JOEGENSEN; NEVES, 2020) e colocando em prática os princípios de Manhattan. Esta integração é especialmente importante considerando-se a consolidação do processo de globalização, com grande movimentação de produtos, alimentos e pessoas, permitindo que problemas inicialmente locais potencialmente se tornem globais, por vezes, em curtos prazos.

Objetivando-se o sucesso das ações dentro da estratégia Saúde única é necessário haver, ainda, colaborações transdisciplinares, com pesquisa integrativa, formação profissional, profissionais da área do ensino, da prática clínica (seja na medicina ou medicina veterinária), políticos, de comunicação (AGUIRRE et al., 2019), meio ambiente, de alimentos, entre outros.

Vários são os microrganismos que podem ser compartilhados entre humanos e animais. Alguns microrganismos patógenos para humanos selecionam animais como reservatórios, sendo alguns também capazes de adoecê-los, e, ao serem transmitidos em via de duplo sentido (animais para humanos ou humanos para animais) causam as chamadas zoonoses (OMS, 2020).



Além das zoonoses, são problemas comuns em Saúde única a ameaça de surgimento de superbactérias em consequência da resistência antimicrobiana ocasionada pelo consumo descabido e exagerado de fármacos antimicrobianos, a insegurança alimentar, o crescimento de surtos causados por doenças transmitidas por insetos vetores e a contaminação ambiental.

O uso inadequado de drogas antimicrobianas em terapias de doenças não tratáveis com antibióticos ou em “terapias preventivas”, também chamadas erroneamente de “tratamento precoce”, a exemplo do que aconteceu no início da pandemia da COVID-19, são, particularmente, eventos de interesse em Saúde única, uma vez que proporcionam o aparecimento de cepas bacterianas que se tornam resistentes aos medicamentos antibióticos de última geração.

O *mcr-1* é um gene que torna as bactérias resistentes à colistina, uma droga antibacteriana que é considerada “de último recurso” em pessoas que apresentam infecções altamente resistentes, tem sido encontrado em bactérias de animais e humanos (LEI et al, 2017; POMBA et al., 2017), bem como em alguns produtos alimentícios de origem animal em vários países (NAGY et al, 2021). Este gene provavelmente se originou a partir de animais utilizados para alimentação e tem se demonstrado de ampla distribuição em humanos e várias espécies animais submetidos a tratamentos antibióticos prolongados e repetitivos (POMBA, 2017).

As evidências demonstram que várias bactérias que possuem o gene *mcr-1* são compartilhadas entre animais e humanos. No entanto, a forma de transferência ainda está sendo investigada, sinalizando um risco potencial em saúde pública (NAGY et al, 2021).

Outra preocupação que está relacionada à ingestão de carne de animais que podem trazer insegurança alimentar, tem sido o ressurgimento de vários casos da “doença da urina preta” ou Doença de Raff. A doença causa a ruptura da musculatura esquelética (rabdomiólise) pela ação de toxinas provenientes da ingestão de carne de peixes e crustáceos de algumas espécies, como as espécies de ocorrência brasileira pacu (*Mylossoma spp*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), por exemplo (PEI et al., 2019). Vários casos no Norte e Nordeste do Brasil foram relatados em 2021 (ESTADO DE SÃO PAULO, 2021). Ainda inexplicada, a causa principal da ocorrência de toxinas nos peixes implicados na doença pode ter relação com fatores de instabilidade no ambiente natural desses peixes, pois é possível observar um aumento global evidente no número de notificações da doença de Haff desde seu primeiro relato em 1924 (PEI et al., 2019).



Os problemas associados à Saúde única são inúmeros e só aumentam a cada ano. Em especial, espera-se um aumento de número de casos de pessoas adoecidas por arboviroses e contaminadas por mercúrio para a próxima década, frente aos impactos do desmatamento e exploração de áreas de preservação por garimpos ilegais na Região amazônica (MONGABAY, 2020), o que impactará sobremaneira o sistema de saúde público brasileiro.

HUMANOS E ANIMAIS – UMA RELAÇÃO QUE PRECISA SER REPENSADA

A relação íntima entre humanos e animais é antiga e necessária para a manutenção da saúde de ambos os envolvidos. Porém, pesquisadores em epidemiologia de vários países alertaram recentemente em artigo conjunto, publicado no periódico *Frontiers in Veterinary Science*, para a necessidade de reflexão sobre nossa relação com os animais e de discussão sobre importantes interfaces que impulsionam o surgimento e a propagação de doenças zoonóticas (MAGOURAS et al., 2020).

Cerca de 77% dos patógenos hospedados por espécies de produção são capazes de infectar outras espécies animais (silvestres e humanos) e quase a mesma proporção de patógenos zoonóticos são transmitidos por animais silvestres, que, a partir da caça comercial e ilegal, potencializam a probabilidade de adoecer seres humanos (TAYLOR et al., 2001).

Por conta dessa dinâmica epidemiológica, a proporção de surtos de doenças emergentes infecciosas humanas, relacionadas as zoonoses é de cerca de 3 a cada 4 doenças emergentes, as quais envolvem em seu ciclo de transmissão animais de produção, de companhia e animais selvagens (CDC, 2011). Portanto, é fundamental o entendimento destas informações é para identificar, gerenciar e prevenir agravos agudos futuros em Saúde Pública.

Os vírus da "influenza A" (cepas H1N1), por exemplo, são agentes infecciosos que têm grande potencial para reemergir, pois se instalam em várias espécies de aves e mamíferos aquáticos e terrestres e têm grande habilidade de mutação e transformação em novas espécies de hospedeiros. Até o momento, os vírus de influenza A proveniente de animais têm infectado apenas um pequeno número de indivíduos humanos nos episódios relatados na literatura (LONG et al, 2019). Para se tornarem enzoóticos em uma nova espécie, é preciso que mudanças genéticas se acumulem e ocorra a adaptação do vírus ao seu novo hospedeiro humano com eficiente replicação e transmissão; e assim tenham um poder de transmissibilidade alta na transmissão entre humanos. Porém, não se descarta a hipótese de reemergirem novos casos de surtos e epidemias causadas por H1N1 dada



a sua facilidade de adaptação a novos hospedeiros, sendo este um dos patógenos que recebem a atenção contínua da comunidade científica e médica (RUSSELL et al. 2012; VINCENT et al., 2014).

A *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) publicou em 2021 nova lista de espécies animais ameaçadas e constatou que mais de 38.500 das espécies animais que conhecemos, cerca de 28%, estão ameaçadas de extinção. Em especial, as espécies marinhas, sobretudo arraias e tubarões, têm sido as mais predadas pela ação humana, com 37% deles ameaçados de extinção, principalmente devido à pesca excessiva, agravada pela perda e degradação do habitat e mudanças climáticas (IUCN, 2021). O fato demanda relação profunda com a Saúde única, pois a extinção de espécies comestíveis de peixes pode agravar a situação de vulnerabilidade alimentar, não somente em algumas regiões do planeta, mas para toda população terrestre.

Não se pode esquecer que a pobreza e a miséria contribuem para que as pessoas em alguns países da América do Sul, África e Ásia comam animais selvagens como única fonte de proteína disponível ou vendam animais para subsistirem, aumentando os índices de tráfico ilegal.

Nesse sentido, é preciso refletir sobre a urgência de melhor distribuição de renda e incentivo (financeiro e cultural) a uma alimentação baseada em proteínas advindas de animais de produção produzidos em menor escala, e vegetais que fornecem as necessidades nutricionais diárias.

Magouras et al (2020) propõe, em seu artigo reflexivo sobre estas questões, que possamos transpor estes desafios a partir do equilíbrio entre a gestão sustentável de recursos necessário para o crescimento da população humana, salvaguardando a conservação das espécies animais selvagens e a biodiversidade e respeitando o bem-estar animal.

O AMBIENTE E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE

Para além da nossa relação com os animais, a relação com os diversos biomas que compõem o globo terrestre necessita atenção e cuidado imediatos de toda sociedade.

A degradação de áreas de preservação por atividades ilegais de extração de madeira, garimpos, queimadas e formação de novos pastos para criação de gado, tem desencadeado desequilíbrios climáticos nunca vistos e criado uma expectativa de piora no risco de extinção de espécies animais, migração de população selvagens para áreas urbanas e consequente prejuízo da saúde humana pelo aumento de zoonoses, altas temperaturas e falta de água potável.



Revistas médicas e de saúde do mundo inteiro fizeram um apelo alertando para os riscos à saúde humana causados pelas mudanças climáticas. O artigo (ATWOLI et al., 2021) foi reproduzido em mais de 220 publicações indexadas, como os periódicos The Lancet, British Medical Journal e a Revista de Saúde Pública, por exemplo, e chama a atenção para os efeitos da contínua degradação ambiental e o risco de doenças emergentes e reemergentes. Além dos padrões demográficos modificados com migração de populações humanas nativas e interioranas para áreas cada vez mais próximas ao habitat de animais selvagens, o inverso também ocorre, levando os animais à procura de novo habitat, invadindo ambientes urbanos, bem como dispersão de vetores de arboviroses de já difícil controle, como a dengue, febre amarela e Zika, a exemplo do ocorrido após o rompimento da barragem de mineração em Mariana, Minas Gerais, em 2015 (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018), das internações ocasionadas por doenças respiratórias consequentes da produção de gases poluentes (SANT'ANNA; ROCHA, 2020) e outras doenças ocasionadas pelo desmatamento da Amazônia (SACCARO JUNIOR et al., 2015).

Por este motivo, o monitoramento da integridade de áreas de preservação também devem ser alvo da vigilância sindrômica, para uma vigilância em saúde mais eficiente e realmente conectada com as causas primárias de doenças emergentes e reemergentes.



COMO A TECNOLOGIA PODE AJUDAR A MANTER A SAÚDE ÚNICA – ESTADO DA ARTE

Para realizar uma vigilância em saúde eficiente é necessário lançar mão de todas as ferramentas disponíveis em epidemiologia.

A Vigilância sindrômica é uma estratégia da vigilância epidemiológica que se baseia na detecção de um conjunto de manifestações clínicas comuns a um maior número de doenças, com o objetivo de identificar precocemente um maior número de casos, favorecendo a identificação de eventuais surtos ou riscos populacionais e contribuindo para a adoção precoce de medidas de controle (SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE MINAS GERAIS, 2014). A partir dessa estratégia, é possível utilizar a rede integrada de informações oficiais e extraoficiais para predição de possíveis agravos em saúde, se iniciando em relatos de sinais clínicos comuns a uma determinada doença, ou a mais de uma, aplicando, por exemplo, ferramentas tecnológicas empregadas na coleta de relatos publicados em redes sociais, em tempo real.

A exemplo disso, em 2012, Yom-Tov e colaboradores (2014), monitoraram os comentários na rede social Twitter de participantes de dez festivais de música que ocorreram

na Inglaterra, buscando desenvolver uma ferramenta que auxiliasse no alerta imediato da notificação de agravos em saúde. A partir da observação dos comentários nesta rede social, eles extraíram dois conjuntos de dados para cada evento: um de todo conjunto de usuários do Twitter e o outro do Bing – o buscador da Microsoft. Qualquer usuário que mencionasse uma hashtag mais alguma palavra relacionada a um dos 195 sintomas clínicos listados no filtro estabelecido, (por exemplo: vômito, febre, calafrios etc.), associado a um dos eventos, pelo menos duas vezes entre 30 dias antes e 30 dias após o evento, tinha a informação selecionada e investigada como possível relato de doença pelos algoritmos da ferramenta de mineração de textos usada pelos cientistas. Embora os autores não tenham identificado precocemente nenhum surto no trabalho realizado e tenham encontrado limitações na aplicação da ferramenta como auxiliar na vigilância sindrômica naquele ano, por serem necessárias melhorias nos filtros de palavras selecionadas, eles reconheceram que eventos de público em massa, como festivais de música, onde o público jovem é predominante, são potencialmente importantes para a disseminação de doenças infecciosas e os métodos tradicionais de vigilância são desafiados pelo fato de que os participantes se reúnem e se dispersam muito rapidamente. Assim, a mineração de textos (*text mining*, em inglês) de redes sociais é uma importante ferramenta tecnológica disponível para auxiliar a vigilância em saúde. A mineração de textos é uma ferramenta tecnológica que realiza o gerenciamento de uma sobrecarga de informações e se concentra na solução de problemas específicos utilizando algoritmos treinados (*machine learning*, em inglês) para recuperação de informações, extração de informações, classificação de texto, etc. e métodos de aproveitamento de campos relacionados, como processamento de linguagem natural e construção de base de conhecimento (KB) (WANG; LO, 2020).

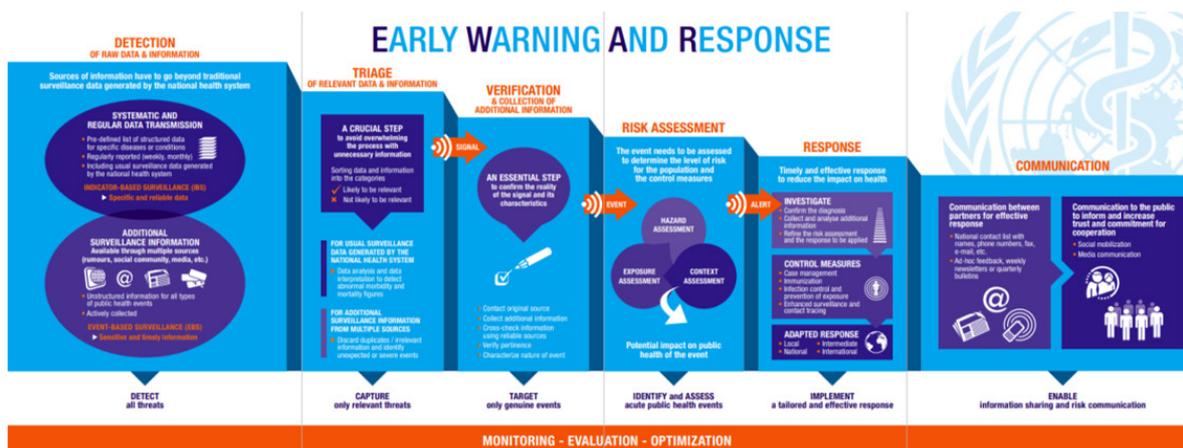
Desde o trabalho de Yom-Tov e colaboradores (2014), a mineração de textos já avançou no refinamento das informações mineradas a partir de técnicas de aprendizado de algoritmos mais avançadas, como as *embeddings* - representações vetoriais computadas de extensões de texto que capturam semelhanças semânticas e sintáticas entre esses textos; os gráficos de conhecimento, os quais fornecem um modelo de entidades e relacionamentos em um domínio específico, e os modelos de linguagem contextual pré-treinados, que são universais nos sistemas modernos de mineração de texto (CAMACHO-COLLADOS; DEVLIN et al., 2019; WANG; LO, 2020).

Ainda em 2005, a Organização Mundial de Saúde (OMS) já havia publicado as Recomendações EWAR (*Early Warning Health Surveillance and response*) para aviso e resposta antecipados de agravos com potencial risco de saúde pública, objetivando em tempo hábil,



relatar e responder a eles imediatamente. Segundo a OMS, as recomendações não devem ser um modelo a ser implementado pelos governos, mas uma “caixa de ferramentas” para construção de seus próprios planos a partir de seus elementos essenciais que são: a detecção de dados não tratados e informações, a triagem do que é relevante, a verificação e coleta de informações adicionais, a avaliação do risco, a resposta e a comunicação aos parceiros e à população para uma resposta eficiente e colaborativa (Figura 1).

Fig. 1 – Recomendações EWAR (EARLY WARNING HEALTH SURVEILLANCE AND RESPONSE) da Organização Mundial da Saúde para aviso e resposta antecipados de agravos agudos em vigilância em saúde.



Fonte: WHO, 2005.

Outro recurso tecnológico importante para aplicação da vigilância sindrômica tem sido a criação de plataformas digitais.

As plataformas são ambientes *online* que conectam quem produz a quem consome o conhecimento compartilhado por ela. Segundo Eisenmann, Parker e Van Alstyne (2006), uma plataforma digital é uma espécie de organização em rede, que conecta dois grupos distintos e gera valor de forma mútua.

Com o objetivo de reunir informações oriundas de pessoas da sociedade civil e órgão de vigilância em saúde, a iniciativa de criação de várias plataformas para vigilância em Saúde única tem surgido em vários países.

Em 1998, foi criada uma das primeiras plataformas digitais para vigilância em saúde. A plataforma GPHIN (Global Public Health Intelligence Network ou Rede Global de Inteligência em Saúde Pública) foi desenvolvida pelo governo canadense para agregar informações sobre notificações de doenças, auxiliando na tomada de decisão e resposta adequada a agravos

agudos e congrega a atuação de epidemiologistas, cientistas de saúde pública e médicos envolvidos com avaliação de risco (MYKHALOVSKIY; WEIR, 2006).

Anteriormente restrita a dados do Canadá, em 2001 a OMS firmou acordo com os mantenedores da plataforma GPHIN para utilizar seus dados de forma integrada em sua *Global Outbreak Alert Response Network (GOARN)*, plataforma criada para coordenar as respostas a potencialmente significativas de surtos internacionais. Atualmente, os usuários GPHIN incluem, além do governo canadense, agências e organizações não governamentais, bem como instituições acadêmicas e empresas privadas que conduzem monitoramento de saúde em todo o mundo. Ao se inscreverem na plataforma, os usuários se inscrevem, têm acesso a um sítio de informações protegidas e são alertados sobre riscos potenciais à saúde nos seus territórios por meio de e-mails (GPHIN, 2017).

A GPHIN utiliza sistema EBS (*EBS system*) e processa artigos oriundos de mais de 33.000 fontes provenientes de notícias de jornais e redes sociais relevantes em saúde pública, em vários idiomas, capturando a cada 15 minutos da Factiva, um banco de dados de notícias global e plataforma de pesquisa. Todo conteúdo capturado pela GPHIN é processado, categorizado e traduzido em menos de um minuto, e disponibilizado para os usuários.

Em 2003, a plataforma sinalizou o surto de SARS no Oriente Médio antes dele ser oficialmente notificado. A plataforma gerou o alerta, a partir principalmente de notícias em jornais chineses sobre um surto inespecífico, uma delas originada por uma empresa farmacêutica na seção financeira de um jornal inglês que relatou um aumento nas vendas de seus medicamentos antivirais, notícias estas que não só sinalizaram o surgimento do surto, mas forneceram informações adicionais sobre o uso local de drogas antivirais para conter a disseminação do vírus (DION; ABDELMALIK; MAWUDEKU, 2015).

Outras plataformas digitais de aplicação em Saúde única foram criadas no sentido de criação de *hubs* de cientistas, infectologistas e profissionais de saúde para vigilância compartilhada, e têm auxiliado bastante em uma vigilância mais eficiente e rápida, conforme recomendado pela OMS. É o caso, por exemplo, das iniciativas CORDS (*Connecting Organizations for Regional Disease Surveillance*) e *One Health Global Network*.

A CORDS foi criada em 2007 pela Fundação Rockefeller e a *The Nuclear Threat Initiative (NTI)* para reunir representantes da vigilância de doenças infecciosas e outros especialistas de todo o mundo para compartilhar as melhores práticas e lições aprendidas na vigilância de doenças e, atualmente, além de desenvolver capacidade de vigilância a partir de colaboração transfronteiriça, desenvolve e emprega informações adequadas e tecnologia



de compartilhamento de dados para facilitar a comunicação oportuna em momentos de emergência em saúde, com as participações também de seis redes regionais existentes, de vigilância de doenças (CORDS, 2021).

Já a plataforma *One Health Global Network* **não é capitaneada por nenhuma instituição ou organização em particular, pois pretende ser um hub** que facilita a coordenação e fornece ligações entre iniciativas governamentais de vigilância em saúde, oferecendo uma dimensão geográfica global e uma complementaridade entre as iniciativas. É intencional o funcionamento desvinculado a organizações ou uma organização em especial, pois a filosofia da plataforma é que o apoio seja voluntário, com a expectativa de que esse apoio seja rotativo no futuro. Assim, são suas missões : criar uma comunidade virtual global de indivíduos com ideias semelhantes, em torno dos tópicos da Saúde única, para promover sinergia e ação para a melhoria da saúde em humanos, animais e meio ambiente; identificar, reunir, compartilhar e discutir informações (novas investigações, artigos, eventos), oportunidades (bolsas, financiamentos, empregos) e ideias (estratégias, políticas, treinamentos, programas e projetos, relacionados à Saúde única (ONE HEALTH GLOBAL NETWORK, 2021).

Os aplicativos ou apps também podem ser considerados ferramentas eficientes para vigilância em saúde, sobretudo no contexto ambiental. No Brasil, dezenas de aplicativos que auxiliam no monitoramento de desastres ambientais e tráfico de animais foram desenvolvidos, e estão disponíveis nas plataformas de compra de aplicativos. Muitos deles são desenvolvidos nas universidades brasileiras, como os aplicativos Curupira (Universidade Federal do Piauí) (PROJETO COLABORA, 2019) e Urubu (Universidade Federal de Lavras) (R7, 2014), que permitem à população alertar em tempo real a ocorrência de atropelamentos, tráfico e caça de animais selvagens, e aplicativos como o Guardiões da Amazônia, desenvolvido pela 17ª Brigada de Infantaria de Selva (GOV.BR, 2020) Polícia Ambiental Conectada, desenvolvido pela Polícia Militar de Pernambuco (BLOG REVISTA TOTAL, 2017), este último, possibilitando a denúncia de desmatamentos, atividades de garimpo, queimadas e poluição de fontes de água potável. Todos eles, uma vez permitido o acesso a seus bancos de dados, alimentados pelos usuários, podem ser utilizados por organizações e cientistas que atuam em vigilância em saúde, como importantes ferramentas na localização da etiologia de agravos agudos em Saúde Pública, permitindo ações mais rápidas e eficientes para contenção dos danos à Saúde única.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Sociedade 5.0 é conhecida como aquela que está imersa na rápida transformação da comunicação e das tecnologias que levam a mudanças significativas da sociedade, consequentes da evolução da tecnologia digital. Por meio deste diligente movimento, a robótica para automação de processos antes realizados por humanos, o uso de big data e internet das coisas (IOTs), o tráfico de dados assegurado por *blockchain* e aplicação da inteligência artificial que preveem padrões de comportamento e consumo das pessoas, já são realidade e fazem parte do nosso cotidiano (FUKUYAMA, 2018). Mas desta Sociedade 5.0 se espera também que a tecnologia evolua aliada à sustentabilidade dos recursos da natureza para que a melhoria da qualidade de vida seja realidade para todos os seres vivos no planeta. E, para alcançar tal objetivo, é indissociável a utilização dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), os quais devem ser implementados de forma integrada, ou seja, de modo que a ação em uma área impacte nos resultados, em outras, equilibrando assim a sustentabilidade social, econômica e ambiental (PNUD, 2021).

A criatividade, o know-how, a tecnologia e os recursos financeiros de toda a sociedade são necessários para alcançar os ODS em todos os contextos (PNUD, 2021), principalmente no contexto da saúde, pois o mundo pós-covid já aguarda uma próxima pandemia.

Nesse contexto, a tecnologia tem auxiliado sobremaneira a rapidez da chegada e triagem das informações a partir da conexão rápida entre os atores envolvidos no processo de vigilância em saúde. E, apesar da tecnologia até o momento desenvolvida disponibilizar ferramentas cada vez mais acuradas, que resultam em algoritmos cada vez mais confiáveis, é importante lembrar que os algoritmos e ferramentas são desenvolvidas de forma multidisciplinar, por cientistas de diversas formações, os quais necessitam de recursos financeiros para que seus projetos progridam nas resoluções de desafios que ainda se apresentam para aperfeiçoamento das técnicas ora utilizadas.

À vista disso, é condição imprescindível o investimento consistente e incessante em Ciência e Tecnologia, pois não há sustentabilidade garantida, vigilância eficiente e tampouco, ações rápidas para contenção de problemas em saúde pública, quando há cortes de verbas aos cientistas que desenvolvem essas tecnologias, consequentemente sepultando o alcance da soberania nacional e da independência tecnológica do país.



REFERÊNCIAS

AGUIRRE et al. The one health approach to toxoplasmosis: epidemiology, control and prevention strategies. **EcoHealth**, v.16, p.378-390, 2019.

ATWOLI L. et al. Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health. **BMJ**, v. 374, n. 1734, 2021.

BLOG REVISTA TOTAL. **Projeto CIPOMA – app polícia ambiental conectada**. 6 de outubro de 2017. Disponível em: <https://blogrevistatotal.com.br/2017/10/06/projeto-cipoma-app-policia-ambiental-conectada/>. Acesso em: 18 jun 2021.

CAMACHO-COLLADOS J.; PILEHVAR M.T. From word to sense embeddings: a survey on vector representations of meaning. **Journal Artif Intell Res**, v. 63, p. 743–88, 2018.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. CDC. 2021. Disponível em: <https://www.cdc.gov/onehealth/basics/history/index.html/>. Acesso em: 11 out 2021.

CORDS (Connecting Organizations for Regional Disease Surveillance). Disponível em: <https://www.cordsnetwork.org>. Acesso em: 20 jul 2021.

DEVLIN J. et al. BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In: **Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies**, v. 1 (Long and Short Papers). Minneapolis, Minnesota: Association for Computational Linguistics, 2019, 4171–86.

DION, M.; ABDELMALIK, P.; MAWUDEKU, A. Big Data and the Global Public Health Intelligence Network (GPHIN). **Can Commun Dis Rep**, v. 41, n. 9, p. 209-214, 2015. Disponível em: [doi:10.14745/ccdr.v41i09a02](https://doi.org/10.14745/ccdr.v41i09a02). Acesso em: 10 de maio de 2021.

EISENMANN, T.; PARKER, G.G.; VAN ALSTYNE, M.W. **Strategies for Two-Sided Markets**. Harvard Business Review, October 2006. Disponível em: <https://hbr.org/2006/10/strategies-for-two-sided-markets>. Acesso em: 19 set 2021.



ESTADO DE SÃO PAULO. DEFESA AGROPECUÁRIA. 23/09/2021. **Informativo Técnico: Síndrome de Haff no Brasil (Doença da Urina Preta)**. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/noticias/2021/informativo-tecnico-sindrome-de-haff-no-brasil-doenca-da-urina-preta,1572.html>. Acesso em: 30 set 2021.

EVANS B.R.; LEIGHTON, F.A. A history of One Health. *Revue Scientifique et Technique*, v. 33, n. 2, p.413-420, 2014.

FUKUYAMA, Mayumi. Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. **Japan Spotlight**, v. 1, p. 47-50, 2018.

GOVERNO DO BRASIL. Portal Gov.Br. **Aplicativo Guardiões da Amazônia recebe denúncias de crimes ambientais**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/07/aplicativo-guardioes-da-amazonia-recebe-denuncias-de-crimes-ambientais.02/07/2020>. Acesso em: 20 mai 2021.

GPHIN. **About GPHIN**. Disponível em: gphin.canada.ca/cepr/aboutgphin-rmispenbref.jsp?language=em. Acesso em: 15 mar 2017.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação dos riscos em saúde da população afetada pelo desastre de Mariana**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade; 2018.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 20 set 2021.

JOEGENSEN, H.J.; NEVES, C. Covid-19: one world. **Tidsskriftet den NorskeLegeforening**, Editorial, 2020.

LEI L. et al. mcr-1 in Enterobacteriaceae from Companion Animals, Beijing, China, 2012–2016. **Emerging Infectious Diseases**, v. 23, n. 4, p. 710-711, 2017. doi:10.3201/eid2304.161732.

LONG, J.S. et al. Host and viral determinants of influenza A virus species specificity. **Nature**, v. 17, p. 67-81, fev 2019. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0115-z>



MAGOURAS I. et al. Emerging Zoonotic Diseases: Should We Rethink the Animal–Human Interface? **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 748, 2020.

MONGABAY. 2020. Disponível: <https://brasil.mongabay.com/2020/04/desmatamento-acelerado-na-amazonia-pode-levar-a-proxima-pandemia/>. Acesso em: 18 setembro 2021.

MYKHALOVSKIY, E.; WEIR, L. The Global Public Health Intelligence Network and Early Warning Outbreak Detection: A Canadian Contribution to Global Public Health. **Canadian Journal of Public Health**, v. 97, n. 1, January-February, 2006.

NAGY, Á et al. Review on the occurrence of the mcr-1 gene causing colistin resistance in cow's milk and dairy products. **Heliyon**, v. 7, n. 4, e06800, 2021. Disponível em: doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06800. Acesso em: 21 setembro 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. OMS. 2005. **Early detection, assessment and response to acute public health events: Implementation of Early Warning and Response with a focus on Event-Based Surveillance**. Disponível em: www.who.int/ihr/publications/WHO_HSE_GCR_LYO_2014.4/en/. Acesso em 25 maio 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. OMS. 2020. **Health Topics. Zoonoses**. Disponível em: <https://www.who.int/topics/zoonoses/en/>. Acesso em: 25 mai 2020.

ONE HEALTH GLOBAL NETWORK. 2021. Disponível em: <http://www.onehealthglobal.net/>. Acesso em: 20 julho 2021.

ONE WORLD – ONE HEALTH. Disponível em: <https://oneworldonehealth.wcs.org/About-Us/Mission.aspx>. Acesso em: 20 jul 2021.

PEI, P. et al. The Emergence, Epidemiology, and Etiology of Haff Disease[J]. **Biomedical and Environmental Sciences**, v. 32, n. 10, p. 769-778, 2019. Disponível em: doi: 10.3967/bes2019.096. Acesso em: 10 de setembro 2021.

PNUD BRASIL. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals.html>. Acesso em: 10 outubro 2021.



POMBA, C. et al. Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. **Journal Antimicrob Chemother**, v. 72, n. 4, p. 957-968., 2017.doi: 10.1093/jac/dkw481. PMID: 27999066.

PORTAL GOV.BR. **Aplicativo Guardiões da Amazônia recebe denúncias de crimes ambientais**. 02/07/2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/07/aplicativo-guardioes-da-amazonia-recebe-denuncias-de-crimes-ambientais>. Acesso em: 18 jun 2021.

PROJETO COLABORA. **Curupira, aplicativo em defesa dos animais**. 2019. Disponível em: <https://projetocolabora.com.br/ods15/curupira-aplicativo-em-defesa-dos-animais/>. Acesso em: 18 jun 2021.

R7. Portal de Notícias. **“Urubu Mobile”, o aplicativo criado para combater o atropelamento de animais**. Disponível: <https://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/urubu-mobile-o-aplicativo-criado-para-combater-o-atropelamento-de-animais-13052014>. Acesso em: 18 jun 2021.

RUSSELL, C. A. et al. The potential for respiratory droplet-transmissible A/H5N1 influenza virus to evolve in a mammalian host. **Science**, n.336, 1541–1547, 2012.

SACCARO JUNIOR, N.L.; MATION, L.F.; SAKOWSKI, P.A.M. **Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia. Texto para Discussão**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015.

SANT'ANNA, A.A.; ROCHA, R. Impactos dos incêndios relacionados ao desmatamento na Amazônia brasileira sobre saúde. Instituto de Estudos para Políticas de Saúde. **Nota Técnica**. Agosto 2020. Disponível em: https://www.hrw.org/sites/default/files/media_2020/08/Health%20Impacts%20of%20Deforestation-Related%20Fires%20in%20the%20Amazon_PT_1.pdf. Acesso em 01 out 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. ESTADO DE MINAS GERAIS. **Manual de treinamento em vigilância sindrômica**. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, 2014.



TAYLOR, L. H.; LATHAM, S. M.; WOOLHOUSE, M. E. Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 356, n. 1411, p. 983-989. Disponível em: doi: 10.1098/rstb.2001.0888. Acesso em: 10 de outubro 2021.

VINCENT, A. et al. Review of influenza A virus in swine worldwide: a call for increased surveillance and research. *Zoonoses Public Health*, v. 61, p. 4–17, 2014.

WANG, L.L.; LO, K. Text mining approaches for dealing with the rapidly expanding literature on COVID-19. *Briefings in Bioinformatics*, v. 22, n. 2, 781–799, 2021. doi: 10.1093/bib/bbaa296.

YON-TOV, E. et al. Detecting Disease Outbreaks in Mass Gatherings Using Internet Data. *Journal Med Internet Res*, v. 16, n. 6, e.154, 2014. doi: 10.2196/jmir.3156.

ZINSSTAG, J. Convergence of Ecohealth and One Health. *EcoHealth*, v.9, p.371-373, 2012.

