

Modelagem da COVID-19 no Brasil e a interação entre academia e gestores durante a pandemia

Modeling of COVID-19 in Brazil and the interplay between Academia and health managers during the Pandemic

La modelización del COVID-19 en Brasil y la interacción entre academia y gestores durante la pandemia

Michelle Quarti Machado da Rosa (<https://orcid.org/0000-0002-3036-3991>)¹
Ângela Maria Bagattini (<https://orcid.org/0000-0003-4281-2536>)¹
Isabella Inês Rodrigues Rosa (<https://orcid.org/0000-0001-8283-5367>)²
Gabriel Berg de Almeida (<https://orcid.org/0000-0002-1712-0899>)³
Lorena Mendes Simon (<https://orcid.org/0000-0002-3109-5896>)⁴
Suzi Alves Camey (<https://orcid.org/0000-0002-5564-081X>)⁵
Cristiana Maria Toscano (<https://orcid.org/0000-0002-9453-2643>)¹

Resumo A modelagem desempenhou papel significativo no apoio a políticas públicas durante a pandemia de COVID-19, e a tomada de decisão enfrentou um contexto de evidências limitadas. Este é um estudo transversal que incluiu e caracterizou instituições e grupos de pesquisadores que trabalharam com modelagem de COVID-19 e apoiaram a tomada de decisão. Utilizamos duas estratégias para identificação: 1) revisão de escopo e 2) amostragem de grupos através de referência em cadeia. Foram identificados um total de 100 estudos e 30 instituições. Dos 40 pesquisadores que relataram interação com gestores de saúde, 20 foram entrevistados, sendo programadores, matemáticos, médicos, epidemiologistas, estatísticos e físicos. Em relação às parcerias institucionais, 14 pesquisadores relataram ter colaborado em parcerias nacionais e/ou internacionais. Apenas alguns (5) relataram algum tipo de formalização de colaboração entre o grupo e a gestão. Observamos uma lacuna na demanda de modelagem e na comunicação para apoiar a gestão durante a pandemia de COVID-19. Repensar o processo de formulação e implementação de políticas públicas em emergências de saúde pode promover sistemas de saúde sólidos e melhores respostas a pandemias.

Palavras-chave COVID-19, Gestão em saúde, Modelos teóricos

Abstract Modeling played a significant role in underpinning public policy during the COVID-19 pandemic, when decision-making faced a context of limited evidence. This is a cross-sectional study that included and characterized institutions and research groups that worked with COVID-19 modeling and decision-making support. Two strategies were used for identification: 1) scoping review, and 2) group identification by snowball sampling. A total of 100 studies and 30 institutions were identified. Of the 40 researchers who reported interaction with health managers, 20 programmers, mathematicians, physicians, epidemiologists, statisticians and physicists were interviewed. With respect to institutional partnerships, 14 researchers reported having participated in national and/or international partnerships. Only a few (5/20) reported some type of formal collaboration between the group and health management. A deficiency was observed in the demand for modeling and in communication to support management during the COVID-19 pandemic. Reshaping the process of formulating and implementing public policy in health emergencies can promote strong health systems and ensure a better response to pandemics.

Key words COVID-19, Health management, Theoretical models

Resumen La modelización jugó un papel importante en el apoyo a las políticas públicas durante la pandemia de COVID-19, y la toma de decisiones enfrentó un contexto de evidencia limitada. Se trata de un estudio transversal que incluyó y caracterizó instituciones y grupos de investigación que trabajaron con modelación y apoyo a la toma de decisiones sobre COVID-19. Utilizamos 2 estrategias para la identificación: 1) revisión de alcance y 2) muestreo de grupos mediante referencia en cadena. Se identificaron un total de 100 estudios y 30 instituciones. De los 40 investigadores que informaron interacción con gestores de salud, se entrevistó a 20, entre ellos, programadores, matemáticos, médicos, epidemiólogos, estadísticos y físicos. En cuanto a las alianzas institucionales, 14 investigadores informaron haber colaborado en alianzas nacionales y/o internacionales. Sólo unos pocos (5) informaron algún tipo de formalización de colaboración entre el grupo y la dirección. Observamos una brecha en la demanda de modelado y comunicación para apoyar la gestión durante la pandemia de COVID-19. Repensar el proceso de formulación e implementación de políticas públicas en emergencias sanitarias puede promover sistemas de salud sólidos y mejores respuestas a las pandemias.

Palabras clave COVID-19, Gestión sanitaria, Modelos teóricos

¹ Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Universidade Federal de Goiás. R. 235, s/n, Setor Leste Universitário. 74605-050 Goiânia GO Brasil. michelleqmrosa@gmail.com

² Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Goiás. Goiânia GO Brasil.

³ Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia, Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Botucatu SP Brasil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia GO Brasil.

⁵ Departamento de Estatística, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre RS Brasil.

Introdução

Durante emergências de saúde pública em doenças infecciosas é necessária a implementação oportuna de políticas de saúde pública para redução da transmissão e mitigação de impactos. A pandemia de COVID-19 impôs seus desafios, demandando respostas urgentes aos sistemas e serviços de saúde em um contexto de informações limitadas e em evolução¹. No Brasil, somaram-se os desafios de conhecer a evolução da doença em um ambiente de heterogeneidade da população, desigualdade social e ausência de dados confiáveis^{2,3}. Apesar do sistema robusto de vigilância epidemiológica, o vácuo de ações políticas em nível federal gerou respostas descoordenadas em nível municipal e estadual, acentuando ainda mais as inequidades sociais no Brasil^{4,5}. Considerando o período do começo dos repositórios de dados sobre a pandemia (janeiro/2022) até março de 2023, o Brasil teve 699,276 mil mortes por COVID-19⁶. Comparado a outros países, ficamos em 2º lugar no número de mortes por 100 mil habitantes (Estados Unidos: 341,11 mortes/100 mil habitantes; Brasil: 328,98 mortes/100 mil habitantes). Esse dado demonstra os países com o maior número de mortes proporcionalmente aos seus casos ou população de COVID-19, não necessariamente o maior número de mortes em geral⁶.

A modelagem dinâmica de transmissão de doenças infecciosas gera evidências que permitem a identificação de variáveis e mecanismos que influenciam na propagação de doenças, além da possibilidade de simular diferentes cenários⁷. Essa estratégia suficientemente transparente e rigorosa, utilizando-se de dados específicos para as localidades avaliadas (cidade, estado, país), representou uma alternativa bem difundida no mundo para geração de evidências e projeções que apoiassem os gestores. Em especial onde existem lacunas de conhecimento e de dados, e onde a preparação e estruturação de sistemas de saúde, bem como a demanda dos serviços de saúde, implementação e levantamento de intervenções não-farmacêuticas são em sua maioria guiadas pela projeção local da epidemia^{8,9}.

Como tal, a existência de profissionais e grupos de pesquisadores trabalhando com modelagem para gerar evidências e projeções, assim como, comunicá-las aos tomadores de decisão é crucial para apoiar a política de saúde pública – tanto para mitigar a pandemia quanto na preparação para responder melhor a futuras epidemias e emergências de saúde pública^{10,11}.

A modelagem exerce um papel importante no planejamento da resposta de saúde pública em diferentes contextos, e seu desenvolvimento integra e sintetiza dados epidemiológicos, clínicos, genéticos e sociodemográficos, sendo ferramenta útil em vários níveis da tomada de decisão¹²⁻¹⁴. Considerando doenças infectocontagiosas, que apresentam complexidades únicas relacionadas a transmissão, imunidade de rebanho e fontes de heterogeneidade nas taxas de infecção e doença, vemos na literatura diferentes cenários sendo projetados através da modelagem para sintetizar as evidências e instrumentalizar a tomada de decisão¹⁵⁻¹⁸. No entanto, ainda que o avanço das ferramentas computacionais seja promissor na simulação de cenários através da modelagem, características metodológicas desse processo, como perguntas de pesquisa relevantes para a sociedade, modelos que incluam a complexidade dos problemas, mas que sejam passíveis de interpretação em linguagem não científica, comunicação contínua e engajamento entre cientistas e tomadores de decisão, podem ser verdadeiros desafios no desenvolvimento de modelagem e na otimização da resposta em emergências de saúde^{19,20}.

O objetivo deste estudo foi identificar e caracterizar os grupos e instituições que realizaram modelagem para apoiar a tomada de decisões de saúde pública no Brasil durante a pandemia de COVID-19. As seguintes questões de pesquisa foram formuladas: quais são os grupos operacionais e de pesquisa que conduzem a modelagem de COVID-19 para apoiar a tomada de decisões em saúde pública? Como os dados e resultados derivados da modelagem são apresentados, compartilhados e disponibilizados aos tomadores de decisão responsáveis pelas decisões de saúde pública no Brasil?

Metodologia

Mapeamento dos grupos de pesquisadores realizando modelagem

Trata-se de um estudo transversal que incluiu instituições e grupos de pesquisadores que trabalharam com modelagem de COVID-19 e que estiveram envolvidos no processo de construção de evidências para orientação da tomada de decisão em saúde pública durante a pandemia. Foram identificados a partir de duas estratégias complementares: 1) revisão de escopo para identificação de publicações, relatórios e modelos da COVID-19, e 2) identificação e se-

leção de grupos de pesquisadores envolvidos em modelagem por meio da técnica de amostragem por referência em cadeia.

Neste estudo, consideramos os autores identificados nas publicações, relatórios e modelos de COVID-19 como membros de um “grupo de pesquisadores”, uma vez que muitos deles não trabalhavam juntos quando a pandemia começou, mas se reuniram para colaborar em resposta a editais específicos ou demandas institucionais durante a pandemia de COVID-19, ou ainda por iniciativa própria.

A revisão de escopo de estudos de modelagem da COVID-19 no Brasil foi realizada considerando o período de fevereiro de 2020 a maio de 2021. Almeida *et al.* (2023)²¹ apresentam o detalhamento metodológico e os principais resultados da revisão de escopo. Resumidamente, foram incluídos artigos publicados em periódicos indexados e revisados por pares; literatura cinzenta, incluindo referências identificadas em buscas manuais das citações dos artigos incluídos e relatórios elaborados por grupos de pesquisadores para órgãos de governo; além de arquivos de repositórios de dados escritos em qualquer idioma e que relataram o desenvolvimento de modelagem matemática e estatística para avaliar diferentes aspectos da COVID-19 no Brasil durante o período inicial da pandemia, quando ainda não havia vacinas disponíveis.

As estratégias de busca foram aplicadas às bases MEDLINE, LILACS, Embase e ArXiv, e incluíram repositórios de dados nacionais e literatura cinzenta. Das publicações, relatórios e modelos de COVID-19 selecionados, foram identificados os pesquisadores e as instituições, sendo incluídos para contato todos os que contavam com participantes brasileiros.

Como estratégia suplementar para identificar grupos de pesquisadores, em particular aqueles que ainda não haviam publicado resultados de modelagens e portanto não teriam sido identificados pela revisão de escopo, foi realizada a amostragem por referência em cadeia (*snowball sampling*), iniciada pelos pesquisadores do nosso grupo, assim como entre os participantes do Encontro Nacional de Modelagem Matemática da COVID-19 (ENMM-COVID19), um evento de modelagem organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em parceria com o Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Botucatu e com o Centro Internacional de Física da Matéria Condensada da Universidade de Brasília (UNB). Essa técnica de amostragem foi desenhada a partir do “ras-

treamento de contato” em saúde pública, em que um indivíduo nomeia todos os outros indivíduos que estiveram associados a um evento específico²². Os pesquisadores do grupo e do evento identificaram potenciais participantes dentro de seus contatos na comunidade científica. Complementando a busca por pesquisadores atuando no apoio à gestão, o projeto foi divulgado por meio de material criado para este fim (Material Suplementar Figura S1, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.291RZZ>) em mídias sociais e outros eventos da área.

Elegibilidade

Após a identificação dos grupos de pesquisadores, foi utilizado um formulário de elegibilidade (Material Suplementar, Formulário S2, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.291RZZ>), uma vez que, além do desenvolvimento dos modelos, era necessário verificar se de alguma forma os estudos produzidos foram direcionados, compartilhados, comunicados, para consideração e/ou uso pelos tomadores de decisão em qualquer nível de gestão da saúde (municipal, estadual, nacional). Os pesquisadores dos grupos identificados através das duas estratégias receberam o formulário de elegibilidade via *e-mail*. Fizemos três tentativas de contato com o autor correspondente dos artigos publicados, e na ausência de resposta, foram feitas tentativas com o primeiro ou último autores. A divulgação nas mídias e o material utilizado pelo *snowball* continham um *link* que remetia para o mesmo formulário de elegibilidade. O contato inicial foi realizado para confirmação dos seguintes critérios:

- Ter desenvolvido ou estar desenvolvendo modelos com o objetivo de avaliar diferentes aspectos da evolução da pandemia de COVID-19 em qualquer momento desde o início da pandemia;

- As análises geradas deveriam ter o objetivo de subsidiar decisões de saúde pública (ou políticas de saúde) por parte dos gestores locais.

Os pesquisadores cujos modelos desenvolvidos preencheram os critérios de elegibilidade foram convidados (máximo de três tentativas) por *e-mail* para entrevista em plataforma de conferência remota. Os que aceitaram participar foram contatados para agendamento da entrevista conforme maior conveniência para o pesquisador.

A fim de complementar a avaliação de como os dados e resultados derivados da modelagem foram disponibilizados aos tomadores de deci-

são responsáveis pela saúde pública no Brasil, foi solicitado aos pesquisadores entrevistados a indicação de um gestor que pudesse falar do processo, considerando a perspectiva de comunicação de resultados por parte da gestão. Foi considerado como tendo interagido com gestores de saúde pública os pesquisadores que confirmaram ter apresentado os resultados de seus modelos para gestores de saúde (em nível municipal, estadual ou nacional), ou para os grupos de trabalho estruturados por iniciativa de gestores de saúde (ex.: Centro de Operações de Emergência em Saúde – COE) e outros comitês e conselhos de emergência estruturados em decorrência da pandemia.

Coleta de dados

Baseado na experiência do grupo e nas recomendações do COVID-19 Multi-Model Comparison Collaboration (CMCC) Policy Group²³, foi elaborado um instrumento de coleta de dados abordando os principais tópicos a serem discutidos (Material Suplementar, Quadro S1, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.291RZZ>) e estruturado para a entrevista com os pesquisadores e, quando aplicável, com os gestores indicados pelos pesquisadores entrevistados, composto por perguntas objetivas e subjetivas, que podiam ser respondidas livremente pelos entrevistados. O questionário foi submetido a uma avaliação-piloto. Todas as entrevistas foram conduzidas por dois investigadores, sendo gravadas e posteriormente transcritas. Os dados obtidos das entrevistas com pesquisadores foram sumarizados considerando uma ficha de extração de dados estruturada elaborada para esta finalidade.

As entrevistas foram realizadas através de plataforma remota de conferência em horário previamente combinado, com duração média de 60 minutos. Em todos os casos, antes das entrevistas foi solicitada permissão para gravá-las. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás (CAEE nº 41084920.1.0000.5078). Todos os entrevistados assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Análise de dados

Os pesquisadores identificados e respectivos grupos de pesquisa foram inicialmente organizados conforme instituição de origem e local. Foi elaborado um mapa utilizando o Microsoft

Excel, indicando o local de atuação do pesquisador/grupo, de acordo com o formulário de elegibilidade e a confirmação de elaboração de modelagem para COVID-19 no Brasil do pesquisador.

As transcrições das entrevistas foram revisadas por três investigadores que fizeram a sumarização de dados após a avaliação do texto de cada entrevista transcrita a partir dos elementos de interesse. Para garantir consistência e acurácia na extração dos dados, o processo foi realizado em duas rodadas, sendo a primeira considerada um piloto na qual todos os investigadores envolvidos na extração dos dados analisaram um conjunto de três fichas de extração. Na segunda rodada, as demais entrevistas foram extraídas por pares de revisores. As fichas contendo as entrevistas dos gestores foram igualmente extraídas e utilizadas como complemento para configurar o processo da tomada de decisão.

Os resultados foram compilados para apresentar as principais características que descrevem os pesquisadores (instituição, região do país, composição do grupo, experiência prévia com modelagem), o desenvolvimento do modelo e o processo de tomada de decisão (formalização do grupo de pesquisa, formalização da demanda, temporalidade de apoio à gestão e órgão apoiado), e meios de comunicação utilizados para divulgação pública e gestão em saúde.

Utilizando-se a estratégia de mapeamento dos grupos através dos estudos encontrados na busca revisão de escopo, foi feita uma análise de redes sociais (ARS) empregando o *software* Gephi para verificação da associação de diferentes grupos e instituições na execução dos modelos. As informações relacionadas à configuração dos grupos de pesquisadores foram complementadas com os artigos quando necessário. Todos os dados foram analisados qualitativamente e são apresentados de forma descritiva.

Resultados

Foram identificados um total de 100 estudos, 90 por meio da revisão de escopo, que contavam por autores brasileiros, e 10 através da estratégia suplementar de identificação de estudos e grupos de pesquisa. Considerando todos os pesquisadores indicados como coautores dos 100 estudos, identificamos 30 instituições envolvidas em modelagem de COVID-19 no Brasil. Entre os pesquisadores identificados, 63 publicaram mais de um estudo, sendo considerados para um único contato.

Dos estudos da revisão de escopo publicados com pesquisadores brasileiros, 46 fizeram o trabalho em colaboração com pesquisadores de outros departamentos/instituições brasileiros, 20 colaboraram com pesquisadores de outros grupos brasileiros e pesquisadores internacionais, 18 executaram o trabalho sozinhos ou apenas com membros do próprio departamento/instituição e seis fizeram parceria apenas com pesquisadores de grupos internacionais. Entre os pesquisadores que colaboraram com diferentes departamentos/instituições brasileiras (66 estudos), o mapeamento das colaborações através de análise das redes sociais, apresentado por meio de uma rede de grafos (Figura 1), destaca as redes com maior grau de interação e número de publicação com as linhas de conexão (arestas) mais espessas, como a rede USP_FV (Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia), Butantã, USP_FMUSP (Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo) e UNICAMP_IMECC (Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática,

Estatística e Computação Científica). Percebe-se ainda uma forte interação entre UFBA (Universidade Federal da Bahia), CIDACS (Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para Saúde, Fiocruz Bahia), Fiocruz-RO (Fundação Oswaldo Cruz-Rondônia) e Instituto de Física da USP (lista de todas as instituições no Material Suplementar, Quadro S2, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.291RZZ>).

Após exclusão de duplicados, foram elencados 128 pesquisadores que receberam o formulário de elegibilidade. Desses, um total de 107 pesquisadores (83,3%) responderam ao questionário, sendo que 85 (79,4%) estavam trabalhando com modelagem da COVID-19, mas apenas 40 relataram interação com gestores de saúde, apresentando ou discutindo modelagem matemática e estatística da COVID-19 (Figura 2).

Dos 85 pesquisadores que relataram trabalhar com modelagem, dois estavam atuando em instituições internacionais, os demais atuavam em instituições brasileiras, a grande maioria ligada a instituições acadêmicas e alguns a se-

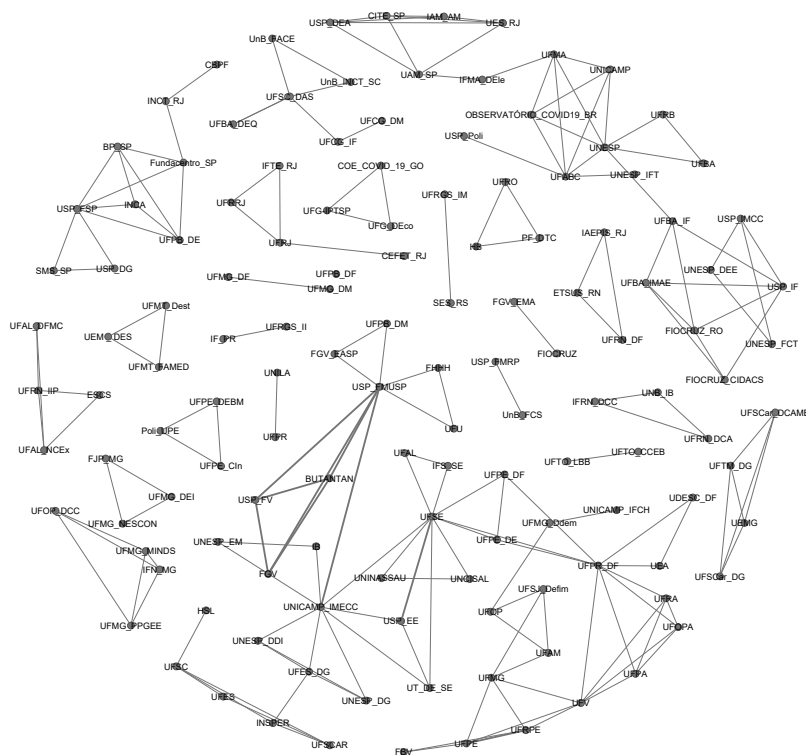


Figura 1. Mapeamento das colaborações através de análise das redes sociais (ARS). Brasil, 2020-2021.

Fonte: Autores.

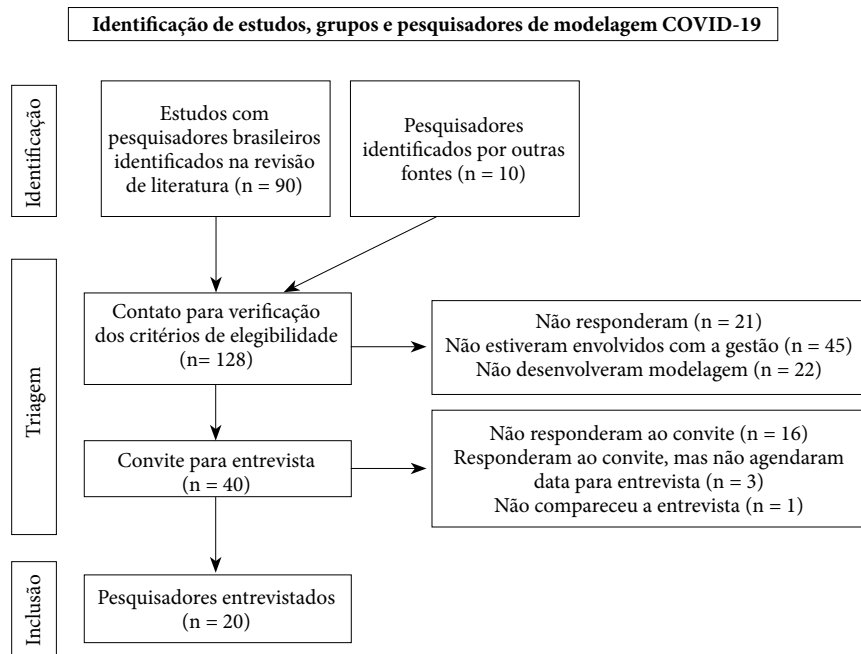


Figura 2. Fluxograma da seleção de estudos, grupos e pesquisadores incluídos no estudo. Brasil, 2020.

Fonte: Autores.

cretarias de saúde. Os pesquisadores vinculados a instituições brasileiras se concentram na região sudeste, predominantemente nos estados de São Paulo (17), Rio de Janeiro (11) e Minas Gerais (11) (Material suplementar, Figura S2, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.291RZZ>).

Do grupo inicial de 40 pesquisadores identificados como tendo contribuído para a gestão de saúde pública com modelagens para COVID-19, 20 aceitaram participar da entrevista. Esses entrevistados foram solicitados a indicar gestores para relatarmos suas perspectivas quanto à interação e à comunicação com o grupo de modelagem. Entre as indicações, seis gestores foram identificados, dos quais quatro foram entrevistados. As informações obtidas dos gestores foram consideradas apenas para complementar os dados colhidos nas entrevistas com os pesquisadores, ressaltando que o processo de comunicação entre a academia e a gestão não estava bem estruturado nem formalizado.

Os 20 pesquisadores entrevistados abrangem diversas áreas de especialização, incluindo programadores, matemáticos, médicos, epidemiologistas, estatísticos e físicos. Considerando a experiência prévia com modelagem, a maioria

dos pesquisadores (14/20) relatou experiência anterior à pandemia, enquanto alguns (5/20) relataram não ter experiência prévia ou não informaram (1/20). Em relação às parcerias institucionais, 14 pesquisadores (14/20) relataram ter colaborado em parcerias nacionais e/ou internacionais envolvendo instituições acadêmicas, centros privados de pesquisa e/ou órgãos governamentais. No momento das entrevistas, dois pesquisadores (2/20) estavam vinculados a instituições estrangeiras (Estados Unidos e Itália), participando de grupos multidisciplinares em colaboração com instituições brasileiras (Quadro 1).

Os relatos sobre o desenvolvimento da modelagem e o processo da tomada de decisão estão apresentados no Quadro 2. A maior parte dos pesquisadores relatou ter iniciado as atividades de modelagem no início de 2020 (13/20). Apenas alguns (5/20) relataram algum tipo de formalização de colaboração entre o grupo que desenvolvia modelagem e a gestão. Considera-se edital, termo de cooperação, portaria ou nomeação institucional como formalização. A demanda pelo desenvolvimento de modelos e posterior uso de resultados varia em termos de origem, temporalidade e órgão apoiado. Metade das demandas teve iniciativa própria do grupo (10/20), enquan-

Quadro 1. Caracterização dos grupos de modelagem de COVID-19 incluídos no estudo. Brasil, 2020.

#ID	Instituição	Cidade/estado	Composição do grupo	Parcerias institucionais	Experiência com modelagem antes da pandemia
1	UNESP	Botucatu/São Paulo	Grupos acadêmicos Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos)	SES-SP	Sim
2	USP	São Paulo/São Paulo	Grupos acadêmicos	Inloco Governador do estado de SP Consórcio nordeste Observatório COVID-19 BR CADDE Covid-radar – Serasa Experience	Sim
3	UFG	Goiânia/Goiás	Grupos acadêmicos Programador do modelo	SES-GO Prefeituras municipais	Sim
4	UFRJ	Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	Grupos acadêmicos Epidemiologista	Fiocruz LNCC FGV USP IMPA	Sim
5	USP	Ribeirão Preto/São Paulo	Grupos acadêmicos Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos)	Secretaria Municipal de Saúde de Ribeirão Preto. Santa Casa de São Paulo.	Sim
6	UFPR UFPE UFPS	Curitiba/Santa Catarina	Grupos acadêmicos Programador do modelo	Consórcio Nordeste	Sim
7	IMPA	Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	Grupos acadêmicos Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos)	Instituto Serrapilheira FGV UFAL USP Insper LNCC	Não
8	IFPR	Paravanai/Paraná	Grupos acadêmicos Programador do Modelo	Não	Não
9	Fiocruz	Salvador/Bahia	Grupos acadêmicos Pesquisadores (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) independentes	Não informado	Sim

continua

to uma segunda parte surgiu de demanda da gestão, de órgão federal ou reitoria de universidade. Os pesquisadores relataram que o apoio à gestão foi executado em diferentes períodos, e alguns (7/20) relataram interrupção da colaboração

durante a pandemia. Diferentes órgãos tiveram suporte dos pesquisadores: secretarias de saúde municipais (6/20) e estaduais (9/20), secretarias de planejamento (2/20), Consórcio Nordeste (3/20) e Ministério da Saúde (2/20) (Quadro 2).

Quadro 1. Caracterização dos grupos de modelagem de COVID-19 incluídos no estudo. Brasil, 2020.

#ID	Instituição	Cidade/estado	Composição do grupo	Parcerias institucionais	Experiência com modelagem antes da pandemia
10	UFRA	Belém/Pará	Grupos acadêmicos Programador do modelo	Sim, não cita quais	Sim
11	Independente	São José dos Campos/São Paulo	Pesquisadores (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) independentes	Não	Não
12	UFRPE	Recife/Pernambuco	Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) Programador do modelo	Sim, Universidade Manuela Béltran (Bogotá/Colômbia) UFPE UFAL	Não
13	UFPE	Recife/Pernambuco	Pesquisadores (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) independentes	Não	Não informado
14	UERJ	Rio de Janeiro/Rio de Janeiro	Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) Programador do modelo	Não	Sim
15	UFPR	Curitiba/Paraná	Grupos acadêmicos Matemático	Não	Não
16	UFAL	Maceió/Alagoas	Pesquisadores independentes (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) Programador do modelo	USP Observatório COVID-19 BR	Sim
17	UFV	Viçosa/Minas Gerais	Grupo acadêmicos Programador do modelo	Sim, não cita qual	Sim
18	UFRGS	Porto Alegre – Rio Grande do Sul	Pesquisadores (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) independentes	SES-RS UFRGS UFSM	Sim
19	Unicamp	Campinas/São Paulo	Grupo acadêmico Programador do modelo	Universidade de Yale, Universidade de York, UNESP	Sim
20	UFABC	Santo André/São Paulo	Pesquisadores (epidemiologistas, modeladores, estatísticos, matemáticos) independentes	Observatório COVID-19 BR, Universidade de Oxford	Sim

CADDE: Centro Brasil-Reino Unido para Descoberta, Diagnóstico, Genômica e Epidemiologia de Arbovírus; FGV: Fundação Getúlio Vargas; Fiocruz: Fundação Oswaldo Cruz; IFPR: Instituto Federal do Paraná; IMPA: Instituto de Matemática Pura e Aplicada; INSPER: Instituto de Ensino e Pesquisa; LNCC: Laboratório Nacional de Computação Científica; SES-GO: Secretaria de Estado da Saúde de Goiás; SES-RS: Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul; SES-SP: Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo; UERJ: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; UFABC: Universidade Federal do ABC; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFG: Universidade Federal de Goiás; UFPE: Universidade Federal de Pernambuco; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFPS: Universidade Federal de Sergipe; UFRA: Universidade Federal Rural da Amazônia; UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFRPE: Universidade Federal Rural de Pernambuco; UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; UFV: Universidade Federal de Viçosa; UNESP: Universidade do Estado de São Paulo; UNICAMP: Universidade de Campinas; USP: Universidade de São Paulo.

Fonte: Autores.

Quadro 2. Desenvolvimento da modelagem e o processo da tomada de decisão. Respostas das entrevistas com pesquisadores.

#ID	Formalização do grupo	Início do trabalho com COVID-19 (mês/ano)	Temporalidade de apoio à gestão	Como surgiu a demanda por modelagem?	Órgão gestor apoiado pela modelagem
1	Não informado	Março/2020	Intermitente segundo demanda	Órgãos gestores	SES-SP
2	Não informado	Março/2020	Não informado	Iniciativa própria	Comitê de crise do Estado de São Paulo SES-SP Prefeituras (não especificado)
3	Portaria	Abril/2020	Não informado	Reitoria da Universidade	SES-GO Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia, Rio Verde e outros municípios no Estado de Goiás
4	Nomeação institucional	Início de 2020	Contínuo	CNPq	SES-SP OPAS OMS MS
5	Informal	Não informado	Intermitente	Iniciativa própria	Secretaria Municipal de Saúde de Ribeirão Preto.
6	Não informado	Não informado	Interrompido durante a pandemia	Iniciativa própria	Prefeituras (não especificado) Consórcio nordeste
7	Não informado	Abril/2020	Não informado	Demanda de órgãos gestores Reitoria da Universidade	Comitê de crise do Estado de São Paulo SES-RJ
8	Informal	Não informado	Interrompido durante a pandemia	Iniciativa própria	Prefeitura de Paranavaí / Paraná
9	Não informado	Não informado	Contínuo	Demanda de órgãos gestores	SES-BA Prefeitura de Salvador/ Bahia Consórcio Nordeste Rede Covid
10	Não informado	Fevereiro/2020	Contínuo	Demanda de órgãos gestores	Governo do Estado do Pará
11	Não informado	Março/2020	Interrompido durante a pandemia	Demanda de órgãos gestores	Secretaria municipal de saúde de São José dos Campos / São Paulo.
12	Não informado	Março/2020	Não informado	Iniciativa própria	Prefeituras (não especificado) Consórcio nordeste
13	Edital	Início/2020	Interrompido durante a pandemia	Iniciativa própria	SES-PE
14	Não informado	Novembro/2020	Contínuo	Demanda de órgãos gestores	Ministério da Saúde
15	Não informado	Abril/2020	Não informado	Iniciativa própria	SES-PR

continua

Quadro 2. Desenvolvimento da modelagem e o processo da tomada de decisão. Respostas das entrevistas com pesquisadores.

#ID	Formalização do grupo	Início do trabalho com COVID-19 (mês/ano)	Temporalidade de apoio à gestão	Como surgiu a demanda por modelagem?	Órgão gestor apoiado pela modelagem
16	Não informado	Não informado	Contínuo	Iniciativa própria	SES-AL Secretaria Municipal de Saúde (não especificado)
17	Não informado	Não informado	Interrompido durante a pandemia	Iniciativa própria	Secretaria Municipal de Saúde de Viçosa/ Minas Gerais
18	Sim	Março/2020	Contínuo	Demanda de órgãos gestores	SEPLAG/RS
19	Não informado	Abril/2020	Não informado	Iniciativa própria	Governo do Estado de São Paulo
20	Termo de cooperação	Março/2020	Interrompido durante a pandemia	Demanda de órgãos gestores	Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo Governo do Estado de São Paulo Prefeitura Municipal de Campinas Secretaria do Planejamento da Cidade de São Paulo.

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; MS: Ministério da Saúde; OMS: Organização Mundial de Saúde; OPAS: Organização Pan Americana de Saúde; SEPLAG/RS: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul; SES-AL: Secretaria do Estado de Saúde de Alagoas; SES-BA: Secretaria Estadual de Saúde da Bahia; SES-GO: Secretaria do Estado de Saúde de Goiás; SES-PE: Secretaria do Estado de Saúde do Pernambuco; SES-PR: Secretaria do Estado de Saúde do Paraná; SES-RJ: Secretaria do Estado de Saúde do Rio de Janeiro; SES-SP: Secretaria do Estado de saúde de São Paulo.

Fonte: Autores.

Os meios de comunicação científicos e não científicos para apresentação de dados foram: artigos (18/20); notas técnicas (14/20); comunicados de imprensa (14/20); *sites* pessoais (9/20); *sites* institucionais (3/20); e outros (10/20). Apenas dois pesquisadores relataram não fazer comunicação direta com o público através de meios não científicos. Alguns pesquisadores (7/20) relataram ter comunicação sistemática com a gestão; mas poucos pesquisadores (4/20) sabidamente puderam confirmar como seus resultados foram utilizados no processo de tomada de decisão (Quadro 3).

Discussão

Este estudo propôs identificar e caracterizar os grupos e instituições que fizeram modelagem

para apoiar a tomada de decisões de saúde pública no Brasil durante a pandemia de COVID-19, assim como o processo de colaboração com gestores e desafios encontrados nesse processo.

Os resultados apontam para considerações críticas em relação à estruturação de atividades envolvendo a academia em parceria e articulação com instâncias de gestão e saúde pública, e portanto são relevantes para a estruturação e o planejamento para futuras emergências em saúde pública. Diante de incertezas impostas pela pandemia de COVID-19, diversos grupos de pesquisadores em redes de colaboração ou em suas instituições de origem se organizaram e iniciaram ações de modelagem para melhor compreender e dimensionar os cenários epidemiológicos, de demanda de serviços de saúde e os possíveis impactos da doença²⁴. Vários grupos empregaram técnicas de modelagem pre-

Quadro 3. Descrição dos meios de comunicação científicos e não científicos relatados pelos entrevistados. Brasil, 2020.

#ID	Resultados para o grande público	Meio de comunicação eletrônica não científica	Meio de comunicação científica	Envolvimento com a gestão*	Teve interação sistemática/estruturada com gestores?	Qual a periodicidade?	Resultados da modelagem foram utilizados para tomada de decisão?	Responsabilidade da divulgação
1	Sim	Notas técnicas Imprensa	Comunidade científica e <i>preprints</i> Artigos científicos	Sim	Sim	Não informado	Parcialmente	Comunicação social da instituição
2	Sim	Website pessoal	Artigos científicos	Não informado	Não informado	Não informado	Parcialmente	Pesquisador
3	Sim	Website pessoal Notas técnicas Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	COE estadual	Sim	Não informado	Sim	Gestor Pesquisador
4	Sim	Notas técnicas Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Comitês da OPAS e da OMS.	Sim	Não	Não informado	Pesquisador Comunicação social da instituição
5	Sim	Não.	Comunidade científica e <i>preprints</i> Artigos científicos	Não informado	Não	--	Não informado	Não informado
6	Sim	Website pessoal Notas técnicas Aplicativo ou plataforma automatizada Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Consórcio nordeste	Não	--	Não informado	Gestor Pesquisador Comunicação social da instituição
7	1. Sim	Website pessoal Notas técnicas Imprensa	Comunidade científica e <i>preprints</i> Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Confederação de trabalhadores da educação	Não informado	Não informado	Parcialmente	Pesquisador
8	Sim	Website (observatório Covid da região) Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Não	Não	---	Não informado	Pesquisador
9	Sim	Website pessoal Notas técnicas Aplicativo ou plataforma automatizada Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Consórcio nordeste	Não	----	Sim	Gestor Comunicação social da instituição
10	Sim	Site da universidade Notas técnicas boletins e relatórios Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Não informado	Não informado	Quinzenalmente	Sim	Pesquisador Comunicação social da instituição

continua

Quadro 3. Descrição dos meios de comunicação científicos e não científicos relatados pelos entrevistados. Brasil, 2020.

#ID	Resultados para o grande público	Meio de comunicação eletrônico não científica	Meio de comunicação científica	Envolvimento com a gestão*	Teve interação sistemática/estruturada com gestores?	Qual a periodicidade?	Resultados da modelagem foram utilizados para tomada de decisão?	Responsabilidade da divulgação
11	Sim	Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Não	Não	----	Não informado	Gestor Pesquisador
12	Sim	Notas técnicas boletins e relatórios	Artigos científicos	Consórcio nordeste	Não	----	Não informado	Pesquisador
13	Sim	Notas técnicas Aplicativo ou plataforma automatizada	Comunidade científica e <i>preprints</i> Notas técnicas boletins e relatórios Artigos científicos	Consórcio nordeste	Sim	Não informado	Não informado	Pesquisador
14	Sim	Redes sociais Notas técnicas	Boletins e relatórios Artigos científicos	Não	Não	---	Sim	Gestor Pesquisador
15	Sim	Website pessoal Aplicativo ou plataforma automatizada Imprensa	Artigos científicos	Não informado	Não	----	Parcialmente	Pesquisador Comunicação social da instituição
16	Sim	Website pessoal Redes sociais Imprensa	Notas técnicas boletins e relatórios	AMA Consórcio nordeste	Sim	Semanalmente e mensalmente	Não informado	Gestor Pesquisador
17	Sim	Website pessoal Imprensa	Artigos científicos	Não	Sim	Não informado	Não informado	Pesquisador
18	Não	Não	Não	Não informado	Sim	2 -3x / semana e semanalmente	Sim	Gestor
19	Sim	Website da universidade Redes sociais Imprensa	Comunidade científica e <i>preprints</i> Artigos científicos	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Pesquisador Comunicação social da instituição
20	Sim	Website pessoal Notas técnicas Imprensa	Artigos científicos	Não informado	Não	Não informado	Não informado	Pesquisador

* Envolvimento com a gestão com participação regular em fóruns de discussão, como Conselhos de Secretarias Municipais de Saúde (COSENS) e Conselho Nacional de Secretarias Municipais (CONASEMS). AMA: Associação de Municípios de Alagoas; COE: Centro de Operações de Emergência em Saúde; OMS: Organização Mundial da Saúde; OPAS: Organização Pan-Americana de Saúde

Fonte: Autores.

ditiva para construir cenários, mesmo que esta seja ainda pouco difundida para apoiar a tomada de decisão em saúde no país.

Foram identificados diversos grupos de pesquisa no Brasil, em todas as regiões do país, durante o primeiro ano da pandemia, fornecendo

evidências úteis para apoiar a tomada de decisões em saúde pública. Muitos grupos subsidiaram a tomada de decisão por meio de parceria com gestores em saúde em diferentes níveis político-administrativos, embora isso não tenha ocorrido de maneira estruturada e sistemática. De fato, foi observada uma lacuna significativa na comunicação e no compartilhamento dos resultados da modelagem para os tomadores de decisão.

Nossos resultados demonstraram uma maior concentração de evidências de modelagem de COVID-19 geradas ou desenvolvidos por grupos em instituições localizadas na região Sudeste do país, seguindo o padrão já identificado no Brasil sobre a distribuição geográfica da produção científica^{25,26}. Considerando uma importante contenção nos investimentos em pesquisa durante a pandemia²⁷, é possível que a distribuição equitativa de recursos entre as diversas regiões do país tenha sido ainda mais difícil, potencializando a disparidade entre as regiões brasileiras no que diz respeito ao desenvolvimento e à produção científica.

Durante a emergência da COVID-19, profissionais, pesquisadores, cientistas e gestores precisaram fazer uso de um corpo de evidências em rápida evolução para aplicar políticas de mitigação. Na ausência de modelos desenvolvidos localmente, os modelos matemáticos, estatísticos e de simulação computacional, globais e regionais, desempenharam inicialmente um papel importante no planejamento da resposta do país. No entanto, era fundamental usar dados locais e criar cenários que correspondessem tanto quanto possível às características e às necessidades políticas locais, trazendo para a discussão os tomadores de decisão²³, e para isso as parcerias precisaram ser criadas. Nossos resultados mostram que a maior parte dos pesquisadores esteve envolvida em parcerias nacionais e internacionais, e em menor medida entre a academia e o governo. Uma revisão da literatura apresenta exemplos bem sucedidos no desenvolvimento de modelos a partir da colaboração entre profissionais *experts* em modelagem e aqueles que atuam na gestão em saúde, reforçando a importância do envolvimento de todas as partes interessadas em todo o processo²⁸.

Palotti *et al.* (2021) investigaram como foram constituídas as instâncias formais de assessoramento científico de gestores estaduais durante a pandemia, enfatizando a presença de especialistas, como epidemiologistas e infectologistas²⁴. Este estudo demonstra que, entre os 26 estados e o Distrito Federal, somente 11 (40% do total)

instituíram comitês de caráter técnico-científico para o enfrentamento da pandemia, dos quais sete executaram função estritamente consultiva e quatro funções deliberativas²⁴. Nosso estudo evidenciou que as parcerias nem sempre foram devidamente formalizadas, sendo executadas de forma não padronizada em diferentes níveis de governo. Além disso, como corroboram nossos resultados, não foi possível identificar a temporalidade de colaboração entre os especialistas e a gestão, nem mesmo em que medida os resultados dos modelos foram efetivamente utilizados na tomada de decisão.

A literatura já aponta como limitador e desafio mais difícil de ser transposto a comunicação entre *experts* e gestão, pois frequentemente é pouco efetiva e por vezes incapaz de traduzir o conhecimento científico em estratégia concreta de gestão em saúde^{19,20,23,29}. Autores que discutiram boas práticas em modelagem já identificaram que, apesar do uso em diferentes áreas^{13,19}, a modelagem ainda é subestimada por tomadores de decisão, o que pode comprometer o investimento e a continuidade de seu uso como estratégia em políticas públicas de saúde. Nossos resultados apontam, em sua maioria, que os pesquisadores divulgaram resultados de modelagem diretamente para a sociedade através de meios de comunicação variados. Considerando que a confiança pública em momentos de epidemias e pandemias é fundamental, a divulgação dos resultados de modelagem deve ser clara e cautelosa. Pesquisadores nem sempre estão preparados para comunicação científica adequada, e é importante garantir que sua linguagem seja acessível e assertiva, voltada à audiência-alvo dos resultados.

Nosso estudo apresenta algumas limitações que devem ser discutidas. Realizamos a coleta de dados por meio de entrevistas via plataforma de conferência virtual, o que permitiu um relato qualitativo dos eventos. Nesse sentido, apresentamos apenas a perspectiva de alguns pesquisadores e seus grupos de colaboração, o que pode não retratar o que aconteceu em todo o país. Esse relato pode também estar suscetível ao viés de memória. No entanto, por se tratar de avaliação qualitativa do processo de modelagem e colaboração promovida durante a pandemia de COVID-19 no Brasil, acreditamos que os dados obtidos são relevantes para identificar problemas e lacunas relevantes para o país. Ainda cabe ressaltar que a identificação dos grupos ocorreu através de metodologia de revisão de escopo e acreditamos que o mapeamento dos grupos de fato caracterizou adequadamente os grupos e

instituições envolvidos com modelagem para apoiar decisões de saúde pública no país durante a pandemia.

Apesar das limitações, considerando o cenário crescente de incertezas durante a pandemia, reconhecemos a importância de divulgar as experiências compartilhadas nas entrevistas para que futuras emergências em saúde pública possam contar com ferramentas mais robustas e mais bem planejadas do ponto de vista da gestão. Vale ressaltar que este estudo foi desenhado e teve como objetivo mapear e caracterizar os grupos de pesquisa que construíram modelagens para subsidiar gestores durante a pandemia de COVID-19, e não apontar as causas das lacunas identificadas na demanda e na comunicação de resultados de modelagens para apoiar às gestões. Portanto, em função dos resultados encontrados, recomendamos que estudos adicionais desenhados com essa finalidade sejam desenvolvidos.

Nesse sentido, considerando nossos achados, acreditamos que as seguintes recomendações podem ser úteis para o fortalecimento da capacidade de preparação e resposta às futuras pandemias, em particular considerando a capacidade científica e acadêmica existente no país no que diz respeito à modelagem de doenças infecciosas, uma ferramenta fundamental nesse contexto.

Estruturar uma rede de grupos multidisciplinares de modelagem destinados a responder a emergências de saúde pública no Brasil.

Estruturar ações de capacitação de recursos humanos em modelagem de doenças infecciosas no contexto de epidemias e pandemias, integrando profissionais de diversas áreas de atuação, a fim de promover a estruturação de grupos multidisciplinares de modelagem em todas as regiões do país.

Promover comunicação eficaz, clara e de interpretação acessível entre especialistas e formuladores de políticas públicas, para subsidiar os gestores para a tomada de decisão baseada em evidências na mitigação de endemias, epidemias e pandemias.

Estruturar fluxos e protocolos para melhorar e tornar mais eficientes a interação entre gestores e pesquisadores de modelagem, incluindo a participação dos tomadores de decisão em todas as etapas do processo de modelagem, desde a elaboração das perguntas que precisam ser respondidas, a definição de fontes de informação consideradas para popular o modelo e a definição do tipo de resultados que a modelagem pode gerar para auxiliar a gestão de saúde.

Criar mecanismos e processos específicos para a comunicação de resultados de modelagem de doenças infecciosas no contexto de epidemias e pandemias para a sociedade.

Colaboradores

AM Bagattini, CM Toscano, MQM Rosa e SA Camey desenvolveram o protocolo do estudo. AM Bagattini e MQM Rosa fizeram o piloto da estratégia de busca, AM Bagattini recuperou os resumos/artigos a serem revistos. AM Bagattini, GB Almeida, LM Simon e MQM Rosa revisaram e selecionaram os resumos e artigos completos para identificação dos grupos de modelagem. AM Bagattini, IIR Rosa, GB Almeida, LM Simon e MQM Rosa fizeram as entrevistas. AM Bagattini, IIR Rosa e MQM Rosa realizaram a extração dos dados e síntese dos resultados. CM Toscano e SA Camey revisaram a extração dos dados e síntese dos resultados. AM Bagattini, IIR Rosa e MQM Rosa redigiram o artigo. Todos os autores fizeram a revisão crítica e aprovaram a versão final do artigo.

Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – 402834/2020-8.

Referências

1. Soares-Weiser K, Lasserson T, Jorgensen KJ, Wołoszyn S, Bero L, Brown MD, Fischhoff B. Policy makers must act on incomplete evidence in responding to COVID-19. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 11(11):ED000149.
2. Werneck GL, Carvalho MS. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. *Cad Saude Publica* 2020; 36(5):e00068820.
3. Coelho FC, Lana RM, Cruz OG, Villela DAM, Bastos LS, Pastore Y Piontti A, Davis JT, Vespignani A, Codeço CT, Gomes MFC. Assessing the spread of COVID-19 in Brazil: Mobility, morbidity and social vulnerability. *PLoS One* 2020; 15(9):e0238214.
4. Guedes MBOG, Assis SJC, Sanchis GJB, Araujo DN, Oliveira AGRDC, Lopes JM. COVID-19 in Brazilian cities: impact of social determinants, coverage and quality of primary health care. *PLoS One* 2021; 16(9):e0257347.
5. Sott MK, Bender MS, da Silva Baum K. COVID-19 Outbreak in Brazil: Health, Social, Political, and Economic Implications. *Int J Health Serv* 2022; 52(4):442-454.
6. Johns Hopkins University & Medicine. Mortality analysis [Internet]. [cited 2023 maio 30] Available from: <https://coronavirus.jhu.edu/data/mortality>
7. Panovska-Griffiths J. Can mathematical modelling solve the current COVID-19 crisis? *BMC Public Health* 2020; 20:551.
8. Jewell NP, Lewnard JA, Jewell BL. Predictive Mathematical Models of the COVID-19 Pandemic: Underlying Principles and Value of Projections. *JAMA* 2020; 323(19):1893-1894.
9. Gomes MC, Nunes A, Nogueira J, Rebelo C, Viana J, Rozhnova G. Previsões sobre o Futuro da Pandemia: O Papel dos Modelos Matemáticos. *Acta Med Port* 2020; 33(11):713-715.
10. How epidemiology has shaped the COVID pandemic. *Nature* 2021; 589(7843):491-492.
11. Magana-Arachchi DN, Wanigatunge RP, Vithanage MS. Can infectious modelling be applicable globally – lessons from COVID 19. *Curr Opin Environ Sci Health* 2022; 22:100399.
12. Van Kerkhove MD, Ferguson NM. Epidemic and intervention modelling – a scientific rationale for policy decisions? Lessons from the 2009 influenza pandemic. *Bull World Health Organ* 2012; 90(4):306-310.
13. Kretzschmar M. Disease modeling for public health: added value, challenges, and institutional constraints. *J Public Health Pol* 2020; 41(1):39-51.
14. Mata AS, Dourado SMP. Mathematical modeling applied to epidemics: an overview. *São Paulo J Math Sci* 2021; 15(2):1025-1044.
15. Eaton JW, Bacaër N, Bershteyn A, Cambiano V, Cori A, Dorrington RE, Fraser C, Gopalappa C, Hontelez JA, Johnson LF, Klein DJ, Phillips AN, Pretorius C, Stover J, Rehle TM, Hallett TB. Assessment of epidemic projections using recent HIV survey data in South Africa: a validation analysis of ten mathematical models of HIV epidemiology in the antiretroviral therapy era. *Lancet Glob Health* 2015; 3(10):e598-e608.

16. Houben RMGJ, Menzies NA, Sumner T, Huynh GH, Arinaminpathy N, Goldhaber-Fiebert JD, Lin HH, Wu CY, Mandal S, Pandey S, Suen SC, Bendavid E, Azman AS, Dowdy DW, Bacaër N, Rhines AS, Feldman MW, Handel A, Whalen CC, Chang ST, Wagner BG, Eckhoff PA, Trauer JM, Denholm JT, McBryde ES, Cohen T, Salomon JA, Pretorius C, Lalli M, Eaton JW, Boccia D, Hosseini M, Gomez GB, Sahu S, Daniels C, Ditiu L, Chin DP, Wang L, Chadha VK, Rade K, Dewan P, Hippner P, Charalambous S, Grant AD, Churchyard G, Pillay Y, Mametja LD, Kimerling ME, Vassall A, White RG. Feasibility of achieving the 2025 WHO global tuberculosis targets in South Africa, China, and India: a combined analysis of 11 mathematical models. *Lancet Glob Health* 2016; 4(11):e806-e815.
17. Brady OJ, Slater HC, Pemberton-Ross P, Wenger E, Maude RJ, Ghani AC, Penny MA, Gerardin J, White LJ, Chitnis N, Aguas R, Hay SI, Smith DL, Stuckey EM, Okiro EA, Smith TA, Okell LC. Role of mass drug administration in elimination of *Plasmodium falciparum* malaria: a consensus modelling study. *Lancet Glob Health* 2017; 5(7):e680-e687.
18. Luz PM, Struchiner CJ, Kim SY, Minamisava R, Andrade ALS, Sanderson C, Russell LB, Toscano CM. Modeling the cost-effectiveness of maternal acellular pertussis immunization (aP) in different socioeconomic settings: a dynamic transmission model of pertussis in three Brazilian states. *Vaccine* 2021; 39(1):125-136.
19. Metcalf CJE, Edmunds WJ, Lessler J. Six challenges in modelling for public health policy. *Epidemics* 2015; 10:93-96.
20. Knight GM, Dharan NJ, Fox GJ, Stennis N, Zwerling A, Khurana R, Dowdy DW. Bridging the gap between evidence and policy for infectious diseases: How models can aid public health decision-making. *Int J Infect Dis* 2016; 42:17-23.
21. Almeida GB, Simon LM, Bagattini AM, Rosa MQM, Borges ME, Diniz Filho JAF, Kuchenbecker RS, Kraenkel RA, Pio Ferreira C, Camey SA, Fortaleza CMCB, Toscano CM. Dynamic transmission modeling of COVID-19 to support decision-making in Brazil: a scoping review in the pre-vaccine era. *PLOS Glob Public Health* 2023; 3(12):e0002679.
22. Shields J. Sampling, Special Population. In: Allen M, editor. *The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods*. SAGE Publications; 2017. DOI:10.4135/9781483381411.n541
23. The COVID-19 Multi-Model Comparison Collaboration (CMCC) Policy Group. Guidance on Use of Modelling for Policy Responses to COVID-19 [Internet]. 2020. [cited 2023 maio 30]. Available from: https://decidehealth.world/sites/default/files/2020-09/Policy_Report_Sept.1.pdf
24. Palotti PLM, Koga NM, Nascimento MIB, Couto BG. Mobilização da academia em instâncias colegiadas durante crise da COVID-19: mapeamento das experiências nos estados brasileiros [Internet]. 2021. [acessado 2023 out 13]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/ntdiest47>
25. Sidone OJG, Haddad EA, Mena-Chalco JP. A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. *Transinformação* 2016; 28:15-32.
26. Hoppen NHE, Santin DM, Corrêa MV, Vanz SAS. Distribuição geográfica da produção e colaboração científica brasileira nas Ciências Biomédicas. *Em Questão* 2017; 23:50-73.
27. Andrade RO. Ciência à mingua: sucessivos cortes no orçamento fragilizam a capacidade de financiamento à pesquisa no Brasil [Internet]. 2021. [acessado 2023 out 13]. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/ciencia-a-mingua/>
28. Behrend MR, Basáñez MG, Hamley JID, Porco TC, Stolk WA, Walker M, de Vlas SJ; NTD Modelling Consortium. Modelling for policy: The five principles of the Neglected Tropical Diseases Modelling Consortium. *PLoS Negl Trop Dis* 2020; 14(4):e0008033.
29. den Boon S, Jit M, Brisson M, Medley G, Beutels P, White R, Flasche S, Hollingsworth TD, Garske T, Pitzer VE, Hoogendoorn M, Geffen O, Clark A, Kim J, Hutubessy R. Guidelines for multi-model comparisons of the impact of infectious disease interventions. *BMC Med* 2019; 17(1):163.

Artigo apresentado em 05/09/2023

Aprovado em 14/12/2023

Versão final apresentada em 16/12/2023

Editores-chefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva