

Inteligência Artificial e Impacto Social: uma análise sociotécnica dos projetos do laboratório de comunicação Quid a partir da Teoria Ator-Rede¹

Tarcisio Torres Silva²

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas

Resumo

Este trabalho analisa o impacto social da inteligência artificial a partir dos projetos do laboratório de comunicação de causas Quid. Para isso, utiliza-se a Teoria Ator-Rede (TAR), que considera agentes humanos e não humanos como mediadores ativos em ecossistemas desse tipo. A pesquisa, baseada em redes sociais do laboratório, documentos e fontes jornalísticas, permitiu compreender o papel dos atores envolvidos. Um dos projetos em destaque, a influenciadora virtual Ju do Bolsa, exemplifica o uso de IA generativa e chatbots para ampliar o acesso a informações sociais. Além disso, os dados coletados funcionam como instrumentos de pressão junto ao poder público. Conclui-se que os atores ligados ao Quid se distinguem pela capacidade de traduzir informações complexas em comunicação acessível e engajadora.

Palavra-chave: comunicação; inteligência artificial; impacto social; Teoria Ator-Rede.

Introdução

A difusão de tecnologias de inteligência artificial (IA) tem causado grande apreensão com relação aos seus impactos sociais, políticos e ambientais em todo o mundo. As incertezas aumentam no mesmo patamar em que cresce o poderio das grandes empresas de tecnologia e a capacidade das máquinas em substituir tarefas cada vez mais complexas.

Por outro lado, a IA também tem sido utilizada em esforços significativos para criar possibilidades de enfrentamento de desafios sociais complexos, consolidando-se como uma tecnologia estratégica para a promoção do desenvolvimento sustentável e da inovação social. O movimento de maior envergadura ligado ao tema recebe o nome de AI4SG (*Artificial Intelligence for Social Good*). Ele procura promover ações centradas em aplicações de IA voltadas para os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) estabelecidos pela ONU. Como colocam Tomasev et al. (2020, p.2), o princípio

¹ Trabalho apresentado no GP Tecnologias e Culturas Digitais, do 26º Encontro dos Grupos de Pesquisas em Comunicação, evento componente do 48º Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - processo 2024/23436-3.

² Doutor em Artes Visuais, professor pesquisador da Escola de Linguagem e Comunicação da PUC-Campinas. E-mail: tarcisio.silva@puc-campinas.edu.br.

fundamental dessas aplicações deve ser "maximizar um efeito positivo líquido no maior número possível de ODS, sem causar danos evitáveis a outros ODS".

No contexto brasileiro, organizações da sociedade civil, startups e projetos intersetoriais vêm incorporando ferramentas baseadas em IA para atuar em setores variados, como meio ambiente, saúde e meteorologia. Na área social, temas comuns são equidade de gênero, educação, direitos humanos, combate à desinformação e inclusão social.

Dada a dimensão diversificada desse cenário, o autor deste trabalho desenvolve uma pesquisa maior que realiza o mapeamento dessas iniciativas, com ênfase em projetos de diversidade, equidade e inclusão (DEI). O intuito é compreender como esforços dessa natureza se apropriam de tecnologias emergentes com vistas a promover inovação social e diminuir desigualdades. Para tanto, o projeto considera o tipo de instituição desenvolvedora, tipo de financiamento, tecnologias aplicadas e categoria de diversidade verificada. Apenas projetos em que se verifica o desenvolvimento de soluções com ferramentas com IA são selecionados³.

Em seu conjunto, as mais de 30 iniciativas levantadas até o momento têm sido compreendidas a partir da Teoria Ator-Rede, proposta por Bruno Latour entre outros atores. No Brasil, Lemos (2013) faz importante contribuição para mostrar a aplicação da teoria para a área da Comunicação, em momento que as tecnologias de comunicação móvel estavam em ascensão.

Para este trabalho em específico, selecionamos uma das iniciativas mapeadas no projeto com grande interface com a área de Comunicação. Trata-se do laboratório de causas sociais Quid⁴.

O Quid é uma organização da sociedade civil fundada em 2020 que desenvolve ações de comunicação orientados para temas de interesse público e transformação social. Com sede na cidade de São Paulo, sua atuação combina pesquisa de audiências, análise de dados, produção de conteúdo e experimentação em ambientes digitais para ampliar o alcance de pautas relacionadas à democracia, aos direitos sociais e à participação cidadã. A organização opera por meio de projetos e campanhas que articulam diferentes formatos

³ Um mapeamento inicial e detalhes metodológicos da pesquisa podem ser consultados em Silva (2026).

⁴ <https://www.quid.id/>

de comunicação, buscando aproximar informações de interesse coletivo de públicos específicos por meio de linguagens e plataformas adequadas aos seus contextos de uso.

Escolhemos o laboratório porque a iniciativa é composta por um conjunto de atores humanos e não humanos que ajuda a compreender melhor o papel de ações com inteligência artificial em ecossistemas de comunicação como esses. Veremos que ela aparece como interface disponível para o usuário final de um dos projetos (Ju do Bolsa), indiretamente em outro (Brief), mas, como os demais projetos estão interligados, eles promovem melhor eficiência da ação com IA. O intuito é compreender tecnologias de IA como mediadoras e agentes ativos nos processos a serem analisados.

Os projetos do Quid serão mais bem discutidos ao longo do trabalho. Seguindo a linha analítica do projeto maior a que esta pesquisa está vinculada, a Teoria Ator-Rede servirá também como base para compreender as interrelações entre os atores verificados no laboratório. A fim de deixar o leitor mais familiarizado com alguns dos conceitos principais da teoria, iniciamos a discussão com ela.

A Teoria Ator-Rede (TAR)

A Teoria Ator-Rede (TAR) foi formulada nos anos 80 com a contribuição de Bruno Latour, Michel Callon e John Law. Surgiu da necessidade de trazer atores não humanos para dentro da teoria social, de forma a criar uma fundamentação teórica mais adequada aos estudos de ciência e tecnologia. Objetos próprios da ciência, como micróbios, pedras, máquinas e animais, foram considerados atuantes nos processos observados.

Em linhas gerais, a teoria atua como um método para rastrear e descrever os fenômenos a partir da associação entre humanos e não humanos. Revela-se como uma crítica à sociologia clássica, que limitava o social apenas às relações humanas e utilizava “forças sociais” invisíveis como explicação para o comportamento. Para Latour (2012, p. 340), “o social não é um lugar, uma coisa, um domínio ou um tipo de matéria, e sim um movimento provisório de associações novas.” A TAR rejeita a visão das materialidades como elementos passivos e homogêneos (meros intermediários). Em vez disso, reconhece que os objetos possuem agência e atuam como mediadores que transformam e traduzem as redes em que estão inseridos.

Ao enfatizar a complexidade e a heterogeneidade dessas conexões, a abordagem dissolve fronteiras disciplinares e introduz uma terminologia própria (como actantes, mediadores e tradução) para evitar impor conceitos pré-existentes sobre a realidade vivida pelos próprios atores.

Um *actante* é qualquer coisa que modifique uma situação e faça diferença no curso da ação, podendo englobar tanto elementos humanos quanto não humanos, independentemente de já possuírem uma figuração específica. Ao preferir actantes a atores, Latour retira o caráter humano do termo para entendê-los como *mediadores* (ao contrário de *intermediários* passivos) que transformam, traduzem, distorcem e modificam ativamente os significados ou os elementos que veiculam. O termo é emprestado dos estudos literários, pois a área compreende que nas narrativas um actante não precisa ser necessariamente um humano.

A articulação de toda essa dinâmica ocorre por meio da *tradução*, que é entendida como uma relação que induz diferentes mediadores à coexistência, sendo os traços deixados por essas traduções justamente o que o pesquisador utiliza para desenhar e mapear o que a teoria chama de rede.

A respeito das associações, Latour (2012, p. 160) vai dizer: "posso agora declarar com mais precisão o objetivo dessa sociologia de associações: não existe sociedade, não existe domínio social nem existem vínculos sociais, mas existem traduções entre mediadores que podem gerar associações rastreáveis".

Os projetos do Quid

O Quid contava no ano de 2026 com quatro projetos ativos em seu site. Abaixo, segue a descrição de cada um deles.

O *Brief*⁵ é um projeto dedicado à observação sistemática dos debates públicos em plataformas digitais. A partir da coleta e interpretação de grandes volumes de dados, identifica padrões de circulação de discursos, temas em evidência e dinâmicas de engajamento, produzindo conhecimento para organizações da sociedade civil e atores comprometidos com o interesse público.

⁵ <https://www.projetobrief.com/>

O *Chora, Morozov*⁶ é um curso online voltado para produtores de conteúdo. Propõe a análise crítica de discursos e narrativas que circulam nas redes. Busca estimular reflexões sobre o ambiente informacional contemporâneo e seus impactos sobre a esfera pública. Em contraposição ao pessimismo apresentado pelo autor Evgeny Morozov, a proposta acredita que a mudança nas redes passa pela capacitação de produtores de conteúdo. Isso explica o nome do projeto.

O *Breaking News no Zap*⁷ utiliza aplicativos de mensagens como canal de distribuição de conteúdos jornalísticos e informativos. A proposta é alcançar públicos que consomem informação principalmente por meio dessas plataformas, oferecendo conteúdos verificados e contextualizados que contribuam para uma circulação mais qualificada de notícias e para o enfrentamento da desinformação.

Por fim, a *Ju do Bolsa*⁸ consiste em uma estratégia de comunicação voltada à disseminação de informações sobre direitos sociais e políticas públicas. Através de uma personagem criada para estabelecer proximidade com o público, o projeto traduz conteúdos frequentemente complexos em mensagens mais acessíveis, favorecendo a compreensão e o acesso a informações relevantes para a população. Está presente no Facebook, Instagram e TikTok como influenciadora virtual. Responde às dúvidas dos beneficiários no Instagram, Facebook e Whatsapp. Nesse último, são oferecidos vários grupos para acesso a informações gerais de benefícios, segmentado por estado e ainda por temas específicos voltados às mulheres (empreendedoras, mães atípicas e mães solo).

Metodologia

A revisão bibliográfica se inicia com a apresentação do escopo geral do projeto, que trata da AI4SG, trazendo o trabalho de Tomazev et al. (2020) como referência. A fim de compreendermos o laboratório a partir da TAR, trouxemos a contribuição presente no trabalho de Latour (2012) principalmente.

Com vistas a identificar os atores em torno do Quid, realizamos as tarefas descritas a seguir. Visitamos o site principal do laboratório e, a partir dele, expandimos a consulta para outras bases. O LinkedIn da instituição nos auxiliou a compreender quem eram as

⁶ <https://www.choramorozov.com/>

⁷ <https://www.bnz.news/>

⁸ <https://judobolsa.com.br/>

lideranças (listadas no site), seu histórico de carreira e formação. Em junho de 2026, 35 pessoas estavam conectadas ao Quid como membros associados.

Os nomes das lideranças também foram motivo de busca no Google com o objetivo de selecionar notícias já publicadas sobre o laboratório e projetos anteriores que envolviam as lideranças. Isso foi feito também com o nome do laboratório e os projetos já citados aqui. As notícias foram separadas com base no assunto principal. A busca também gerou a identificação de outros documentos que citam o Quid, tais como agendas de audiência, informações sobre doações e páginas de outros projetos da cofundadores e lideranças. Esses dados foram cruzados com os demais a fim de compreender possíveis mediações.

Para entender melhor os projetos de comunicação voltados ao usuário final, realizamos o cadastro para o recebimento de notícias do Breaking News no Zap e realizamos algumas interações no chatbot do Whatsapp da Ju do Bolsa.

Com os dados coletados na etapa de busca, realizamos a leitura cruzada com base na TAR, enfatizando particularidades do laboratório como realizador de produtos de comunicação, produtor de dados e articulador frente ao poder público.

A rede em torno do Quid

A consulta às lideranças do Quid mostrou que seus cofundadores, Pedro Telles e Ricardo Borges, participam de um projeto de advocacy⁹, o AdvocacyHub¹⁰. Foi possível verificar também que possuem relações com fundações internacionais como a Luminate. Os dois também atuam como professores da FGV. Hoje, além de Ricardo, estão na liderança Maíra Berutti e Betina Sarue. Maíra tem formação em Comunicação e passagens por startups, enquanto Betina é doutora em Ciência Política. Em comum, as lideranças indicam articulação com setores importantes para a manutenção do projeto, como órgãos internacionais de fomento, o mercado de inovação e instituições ligadas ao terceiro setor. Observa-se então que as lideranças ocupam papéis importantes como mediadores, pois contribuem para posicionar o laboratório em locais estratégicos que

⁹ Entende-se advocacy como o conjunto de ações planejadas com o intuito de promover mudanças em políticas públicas locais, regionais, nacionais ou internacionais (Morgado e Gozetto, 2019).

¹⁰ <https://www.advocacyhub.org>

garantem sua viabilidade. O saber-fazer está atrelado ao acesso a lugares de poder, como instituições de ensino, fundações nacionais e internacionais e grupos de mídia.

Com relação aos públicos, os projetos visam uma grande quantidade de pessoas e instituições, incluindo comunicadores e produtores de conteúdo, organizações da sociedade civil, beneficiários de programas sociais e público consumidor de informações. Os documentos consultados também mostram a presença do Quid em ações de advocacy em que os projetos atuam como ferramenta de apoio, como no caso da Ju do Bolsa. Em depoimento coletado, o projeto declara que eles têm “feito muitos atendimentos cotidianos e ouvido relatos sobre essas dificuldades ou sobre as dores geradas por essa falta de cuidados” (Carvalho e Bolsa, 2024).

Os dados coletados se tornam instrumento de inteligência para dialogar com o setor público, com a demonstração do projeto para órgãos públicos. Uma das evidências encontradas é uma audiência marcada com a AGU (Brasil, 2025). Com isso, os públicos, quando participantes, alimentam as plataformas com dados de interesse. Nesse caso, principalmente por meio da Ju do Bolsa, atuam ativamente para a construção de um banco de dados que vem a funcionar como agente de pressão para que modificações sejam feitas nas operações dos benefícios abordados pelo projeto. Nesse sentido, a prestação de serviço mediada por IA se torna um agente ativo pois oferece informações ao setor público sobre o cotidiano dos usuários e as dificuldades enfrentadas por eles. A plataforma sabe, por exemplo, que grande parte de seu público é composta de mulheres negras, daí a representação da avatar Ju como uma mulher negra (Figura 1).



Figura 1 – Ju do bolsa, print de vídeo da home paga do projeto

Fonte: https://judobolsa.com.br/wp-content/uploads/2025/06/Apresentacao-da-Ju-Horizontal_v2-1-1.mp4

Como laboratório de comunicação, o Quid se beneficia em primeiro lugar da qualidade dos conteúdos produzidos em todos os projetos. O conteúdo jornalismo do Brief e do Breaking News do Zap, a proposta de capacitação do Chora, Morozov e o oferecimento de conteúdos multiplataforma da Ju indicam profissionalismo e entendimento sobre os públicos-alvo. Esse material ganha mais força através da rede de relacionamento com veículos de comunicação progressistas (Carvalho e Bolsa, 2024) e mídias independentes (Natura, 2022, Oliveira, 2024, Brender e Carvalho, 2024, Ramos, 2025).

Quanto ao financiamento, não há evidência de marcas ou instituições presentes nas páginas dos projetos. As notícias encontradas também não indicam origens de doações, ainda que a rede de relacionamento dos cofundadores sugere possibilidades evidentes. Em Natura (2024), observamos uma parceria da Natura&Com com a Quid para capacitar politicamente suas consultoras de beleza, o que indica a existência de parcerias com a iniciativa privada. Outro projeto localizado, sobre o entendimento da população sobre ultraprocessados, foi desenvolvido para o Instituto Ibirapitanga por meio de doação financeira (Instituto Ibirapitanga, 2024).

Com relação às tecnologias de IA empregadas, o projeto Brief faz uso da plataforma internacional de pesquisa Swayable¹¹, que opera com tecnologia de IA causal (modela relações de causa e efeito). Enquanto a Ju da Bolsa funciona com assistentes de conversação (chatbots) para oferecer informações aos beneficiários. A avatar é feita com IA generativa para a produção de imagens e vídeos. Desde que foi lançada, vem evoluindo em precisão de imagem e som conforme avançam também as tecnologias de IA.

Oferecemos abaixo um diagrama geral da composição da rede de actantes em torno do laboratório Quid.



Figura 1 – Rede sociotécnica em torno da Quid

(imagem gerada por IA generativa a partir das informações do site do laboratório e adaptada pelo autor)

Comparado a outros projetos identificados na pesquisa maior apresentada na introdução deste trabalho, observamos que uma das forças principais do Quid está nas lideranças, assim como na observância de operações em advocacy. A compreensão dos

¹¹ <https://www.swayable.com/>

mecanismos que promovem diálogo com o poder público e privado fortalece os projetos do Quid, tornando-os essenciais para os públicos de interesse.

No caso do Ju do Bolsa, por exemplo, seguem alguns números de junho de 2026: 308 mil seguidores no Instagram; 4,7 mil seguidores no canal principal do Whatsapp; 3,5 mil seguidores no TikTok. Em reportagem de maio de 2025, lemos que foram mais de 88 mil mulheres atendidas diretamente, mais de 29 milhões de pessoas impactadas nas redes sociais e mais de 97 mil conversas registradas (Ramos, 2025).

Os números demonstram que a tradução, como entendida pela TAR, demonstra-se eficiente pela maneira como as informações são fornecidas pelas ferramentas de conversação por IA e demais plataformas de comunicação. Isso fica evidente na atividade do público em acessos e interações. Pode-se dizer então que as informações técnicas do setor público são modificadas pelos actantes (equipe de pesquisadores e comunicadores, plataformas de mídia e chatbots), favorecendo o acesso facilitado à informação dos beneficiários. A infraestrutura que faz rodar os conteúdos e permite o fluxo de dados em nuvem é intermediária, funcionado de forma passiva. Ainda assim, sua interrupção por falta de recursos financeiros causaria a interrupção dos serviços gratuitos ao público final.

Com relação às controvérsias, ou as incertezas como propostas por Latour, são pontos de disputa que devem ser motivo de atenção para o pesquisador. Ainda com relação ao projeto Ju do Bolsa, localizamos um fator de disputa justamente no nome da ferramenta de conversação por IA. Inicialmente ela foi chamada de assistente social virtual e a terminologia gerou questionamentos por parte do Conselho Federal de Serviço Social (CFSS, 2024). O evento gerou discussões posteriores sobre os impactos que as tecnologias de IA vêm provocando no Serviço Social (Argentino, 2025). Aqui a tradução provoca efeito adverso, pois os actantes humanos do projeto não levaram em consideração os serviços de assistência social como parte do público. Estes, por sua vez, compreenderam a tecnologia e a nomenclatura a ela dada (assistente social virtual) como ameaça a uma área do saber que é definida, entre outras coisas, por prestar serviços de informação à população.

Conclusões

A análise realizada mostra que o laboratório Quid constitui um ecossistema sociotécnico singular, em que tecnologias de inteligência artificial, plataformas de

comunicação, lideranças bem-posicionadas e redes de advocacy se articulam para promover inovação social e ampliar o acesso à informação. A partir da Teoria Ator-Rede, foi possível compreender como humanos e não humanos atuam como mediadores ativos, traduzindo dados complexos em informação facilitadora. Projetos como o Ju do Bolsa demonstram as possibilidades da IA generativa e dos chatbots na aproximação entre políticas públicas e beneficiários, ao mesmo tempo em que revelam controvérsias importantes sobre disputas profissionais.

Conclui-se, portanto, que o Quid exemplifica como a inteligência artificial, quando inserida em redes de atores diversos, pode ser mobilizada para fins de interesse coletivo, ampliando a visibilidade de pautas sociais e democratizando o acesso à informação. Ao mesmo tempo, as controvérsias identificadas reforçam a necessidade de constante reflexão ética e política sobre os limites e implicações da incorporação da IA em campos sensíveis da vida social.

Referências

ARGENTINO, T. Q. **Inteligência Artificial: incorporação na vida social e no trabalho de Assistentes Sociais**. 2025. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Serviço Social) - Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Saúde e Sociedade, Santos, 2025.

BATISTA, C. P.; CARVALHO, P. D. P. Reagregando o social: uma introdução à teoria ator-rede. **Revista Cronos**, v. 22, n. 2, p. 121–126, 2023. DOI: 10.21680/1982-5560.2021v22n2ID25831. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/cronos/article/view/25831>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BRASIL. **Advocacia-Geral da União (AGU)**. Agenda de Claudia Aparecida de Souza Trindade para 16/04/2025. Brasília, DF: AGU, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/acesso-a-informacao/agenda-de-autoridades/agenda-assessora-especial-de-diversidade-e-inclusao/2025-04-16>. Acesso em 15 jun. 2026.

BRENDER, B., CARVALHO, P. Cuidado ou negligência? A influência das prefeituras no acesso ao Bolsa Família durante eleições. **Brasil de Fato**, 24 out. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/10/24/cuidado-ou-negligencia-a-influencia-das-prefeituras-no-acesso-ao-bolsa-familia-durante-eleicoes/>. Acesso em 15 jun. 2026.

CARVALHO, P.; BOLSA, J. Políticas públicas de cuidado: um debate quase invisível nas eleições municipais. **Le Monde Diplomatique**, 18 set. 2024. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/politicas-publicas-de-cuidado-um-debate-quase-invisivel-nas-eleicoes-municipais/>. Acesso em 15 jun. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE SERVIÇO SOCIAL (CFESS). **Sobre a impossibilidade do uso do termo “assistente social” para denominar chatbot de inteligência artificial**: CFESS divulga nota pública sobre o tema, 2024. Disponível em: <https://www.cfess.org.br/visualizar/noticia/cod/2153>. Acesso em 15 jun. 2026.

INSTITUTO IBIRAPITANGA. **Quid**. 2024. Disponível em: <https://ibirapitanga.org.br/doacao/quid/>. Acesso em: 17 jun. 2026.

LATOUR, B. **Reagregando o Social**: uma introdução à teoria do Ator-Rede. Salvador: Edufba, 2012.

LEMONS, A. A comunicação das coisas. Internet das Coisas e Teoria Ator-Rede. Etiquetas de radiofrequência em uniformes escolares na Bahia. In: PESSOA, F. (Org.). **Cyber Arte Cultura**. A trama das Redes. Seminários Internacionais Museu Vale, ES Museu Vale, Rio de Janeiro, 2013, p. 18-47.

MORGADO, R. P.; GOZETTO, A. C. O. **Guia para a Construção de Estratégias de Advocacy**: como influenciar políticas públicas. Piracicaba, SP: Imaflora, 2019. 68 p.

NATURA &Co lança campanha de educação política para Consultoras, Representantes e funcionários. **ABC da Comunicação**, 15 set. 2022. Disponível em: <https://www.abcdacomunicacao.com.br/natura-co-lanca-campanha-de-educacao-politica-para-consultoras-representantes-e-funcionarios/>. Acesso em 15 jun. 2026.

OLIVEIRA, B. Ju do Bolsa, a nova assistente virtual que tira dúvidas sobre programas sociais. **Nós**, 02 out. 2024. Disponível em: <https://nosmulheresdaperiferia.com.br/ju-do-bolsa-a-nova-assistente-virtual-que-tira-duvidas-sobre-programas-sociais/>. Acesso em 15 jun. 2026.

RAMOS, G. ‘Ju do Bolsa’: assistente virtual vira referência no combate à desinformação sobre benefícios sociais. **Alma Preta**, 05 mai. 2025. Disponível em: <https://almapreta.com.br/sessao/cotidiano/ju-do-bolsa-assistente-virtual-vira-referencia-no-combate-a-desinformacao-sobre-beneficios-sociais/>. Acesso em 15 jun. 2026.

SILVA, T. T. Políticas de diversidade, equidade e inclusão (DEI) e inteligência artificial: tendências globais e cenário brasileiro. **Liinc em Revista**, v. 22, n. 01. Disponível em: <https://revista.ibict.br/liinc/article/view/7896>. Acesso em: 18 jun. 2026

TOMAŠEV, Nenad et al. AI for social good: unlocking the opportunity for positive impact. **Nature Communications**, 18 maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15871-z>