

A ciência como um processo: lições epistemológicas da pandemia

RESUMO

Estudar ciências significa mais do que ter contato com os seus produtos, isto é, com ideias, hipóteses, teorias e conclusões científicas. É, também, compreender os processos pelos quais os produtos científicos são propostos, justificados, avaliados, revisados, estabelecidos ou descartados. Uma das formas mais destacadas de tratar da ciência como um processo está no estudo de casos históricos. Neste artigo, argumentamos que a pandemia do novo coronavírus se constitui em um desses casos por oferecer um vislumbre interessante de pelos menos três elementos fundamentais dos processos científicos e, de modo mais geral, da natureza da ciência: o caráter social do empreendimento científico, o cuidado com alegações de autoridades e o falibilismo epistêmico. Identificamos e refletimos a respeito desses três elementos a partir do trabalho dos cientistas durante a pandemia do novo coronavírus e, por fim, oferecemos sugestões de como eles podem ser inseridos em aulas de ciências, em escolas e universidades.

PALAVRAS-CHAVE: Natureza da ciência. Produtos e processos científicos. Ceticismo organizado. Falibilismo.

Guilherme Brambatti Guzzo

gbguzzo@ucs.br

orcid.org/0000-0001-6484-2547

Universidade de Caxias do Sul (UCS),
Caxias do Sul, RS, Brasil.

Gabriel Dall'Alba

gdalba@phas.ubc.ca

orcid.org/0000-0001-7329-8010

University of British Columbia (UBC),
Vancouver, BC, Canada.

INTRODUÇÃO

O estudo da ciência, em termos ideais e em qualquer nível de ensino, envolve aspectos que vão além do conhecimento e entendimento de seus produtos, isto é, de suas ideias, conceitos, hipóteses e teorias. Estudar ciência também significa compreender os seus processos, ou seja, os seus métodos de investigação, as atitudes e os valores compartilhados por cientistas e pela comunidade científica, bem como as maneiras com que ideias científicas são propostas, justificadas, avaliadas, revisadas, estabelecidas ou descartadas.

O estudo dos processos científicos tem encontrado um grande suporte a partir de casos da história da ciência (MATTHEWS, 2014). Com eles, os professores podem apresentar e discutir os frequentemente tortuosos caminhos pelos quais cientistas chegaram às suas hipóteses, teorias ou conclusões, bem como outros aspectos relevantes à estruturação dos produtos da ciência (como o clima intelectual de uma época, a influência do trabalho de gerações anteriores e o impacto de pesquisas posteriores no refinamento de proposições científicas, entre outros).

Em geral, os casos históricos que amparam o estudo da ciência não são recentes. Observando exemplos históricos que ilustram argumentos a respeito de diferentes aspectos da natureza da ciência em livros sobre o tema (McCOMAS, 2008), podemos verificar que a maior parte dos casos nos remete há, pelo menos, algumas décadas. Isso se deve, em parte, ao fato de que essas histórias tratam normalmente de áreas ou tópicos com os quais estamos familiarizados hoje porque entendemos razoavelmente bem o desenvolvimento das ideias em questão. Dessa forma, por conhecermos bem o enredo, podemos expor e refletir sobre eventuais problemas e fragilidades durante a construção dos argumentos, assim como discutir de que modo esses obstáculos foram superados (quando o foram) pela comunidade científica.

No momento em que escrevemos este artigo, o mundo inteiro busca soluções para enfrentar a pandemia do SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*), o novo coronavírus. Milhões de pessoas já perderam a vida em decorrência da COVID-19, a doença causada pelo vírus, e o impacto do novo coronavírus na economia e em outros âmbitos da vida humana também é grande, embora ainda difícil de estimar com precisão.

A pandemia fez com que a comunidade científica trabalhasse em um ritmo bastante rápido para compreender melhor a respeito da natureza do vírus, de sua origem, das formas de transmissão entre seres humanos (e animais não-humanos), como também para encontrar maneiras efetivas de tratar pacientes acometidos pelo SARS-CoV-2 e de evitar novas infecções. Com isso, temos a oportunidade de testemunhar os processos da ciência se desenvolvendo em uma escala de tempo muito diferente daquela que costumamos ter contato em boa parte dos casos da história da ciência dos quais tratamos em escolas e universidades (ver, por exemplo, BRAINARD, 2020; ZASTROW, 2020).

A oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de pesquisas e a estruturação do conhecimento sobre o SARS-CoV-2 possibilita uma ocasião propícia para a reflexão sobre os produtos e, principalmente, os processos da ciência. O trabalho dos cientistas ao pesquisar, publicar seus resultados, revisar os de outros pesquisadores, refinar e descartar asserções relacionadas ao novo

coronavírus e à enfermidade causada por ele, nos permite ponderar a respeito de como a ciência acontece, de seus problemas, controvérsias, limitações e possibilidades. Em outras palavras, o trabalho dos cientistas durante a pandemia nos oferece um vislumbre sobre a natureza da ciência.

O presente artigo tem por objetivo apresentar e discutir três elementos fundamentais aos processos científicos que podem ser observados a partir do trabalho dos cientistas durante a pandemia do SARS-CoV-2: (i) o caráter social da ciência; (ii) o cuidado com alegações de autoridades; e (iii) o falibilismo epistêmico. As três seções a partir desta introdução serão dedicadas a cada um desses elementos. Nas considerações finais, faremos algumas reflexões a respeito de como professores podem incorporar os tópicos que desenvolvemos no artigo em suas aulas, em qualquer nível de ensino.

A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE SOCIAL

O desenvolvimento de ideias científicas se deve ao trabalho de inúmeras pessoas que investiram muito de seu tempo e esforços cognitivos para tentar entender melhor algum aspecto do mundo, ou de nós mesmos. Algumas dessas pessoas aparecem constantemente em livros didáticos e em aulas de ciências, pois seus nomes acabaram ficando tão famosos quanto as teorias que elas propuseram ou então tornaram mais compreensíveis. É inevitável lembrar de Darwin quando pensamos na teoria da evolução por seleção natural, de Mendel quando tratamos de genética, e de Watson e Crick quando vemos a dupla hélice do DNA.

No entanto, o trabalho dessas pessoas é um elemento, bastante importante, de um cenário que é muito mais complexo. Em livros didáticos e aulas de ciências no Ensino Básico, o tratamento dado às descobertas científicas e ao avanço da nossa compreensão do mundo é, não raro, relacionado a um único sujeito, ou a um grupo pequeno de cientistas "iluminados" (FORATO et al., 2011; MARTINS; BRITO, 2006).

Se abraçarmos a proposição de que o trabalho de um único gênio, como Charles Darwin, é suficiente para explicar o desenvolvimento do pensamento evolutivo (ou, pelo menos, suficiente para estruturar o conceito de evolução por seleção natural), estaremos adotando uma concepção equivocada dos processos científicos, que ignora o papel fundamental da comunidade de pesquisadores na estruturação, justificação e avaliação de ideias.

"A descoberta científica", argumenta Oreskes (2019, p. 233), "é um processo, não um evento" e, desse processo, participam várias pessoas pertencentes a distintas gerações, diferentes etnias, afiliações religiosas, bagagens culturais e, muitas vezes, de distintas áreas do conhecimento. Esse trabalho de avaliação social de evidências é parte do que Merton (2013) denominou de ceticismo organizado da ciência: um esforço coletivo para revisar e refinar ideias através do qual são submetidas asserções científicas, sejam elas as de indivíduos renomados (como Darwin, cujas alegações tornadas públicas com "A Origem" permanecem sob o escrutínio de especialistas até os dias atuais, e assim seguirão) ou pesquisadores iniciantes (que encaminham um artigo à revisão por seus pares).

Há, pelo menos, dois aspectos na ciência da pandemia que merecem destaque por ilustrar a ideia de que a ciência é uma atividade essencialmente social: a corrida

para a criação de uma vacina contra o SARS-CoV-2 e o processo de investigação de tratamentos medicamentosos eficazes para pacientes acometidos pela COVID-19.

O desenvolvimento das vacinas, como basicamente qualquer outra ideia ou produto da ciência, é o resultado da ação de diversas mentes, muitas delas distantes no espaço e no tempo. O trabalho pioneiro de Edward Jenner com a vacina da varíola, por exemplo, não teria sido possível se não fossem as inúmeras circunstâncias em que ele se amparou nas observações, *insights*, conhecimento e hipóteses de outras pessoas que haviam pensado sobre a varíola antes dele, ou então sido vítimas da doença (e, assim, souberam que pessoas que haviam tido contato com a varíola bovina não desenvolviam a variedade humana da doença). A vacina que utilizamos hoje não é a mesma da época de Jenner e esse é mais um indicativo do trabalho social da ciência: depois de proposta pela primeira vez, a vacina contra a varíola foi um produto científico que se tornou público, sujeito à análise, teste e refinamento por parte de outros cientistas e médicos (FRIEDMAN; FRIEDLAND, 2006; OFFIT, 2008).

Offit (2008), ao escrever sobre os esforços do microbiologista americano Maurice Hilleman para desenvolver vacinas para uma série de doenças às quais estávamos vulneráveis até meados da segunda metade do século XX (como o sarampo, a caxumba, a rubéola e a meningite), parafraseia Newton ao afirmar que Hilleman esteve sobre os ombros de gigantes. Segundo Offit (2008), Hilleman amparou-se diretamente no conhecimento estruturado por pelo menos oito investigações prévias no campo das vacinas (incluindo a de Jenner), e sem elas jamais teria feito contribuições essenciais para a elaboração de mais de 40 vacinas, que salvaram incontáveis vidas humanas. À exemplo de Jenner, as pesquisas de Hilleman não estão apenas conectadas às gerações que o precederam. Suas ideias, e produtos, continuam à disposição da comunidade científica, que pode revisá-las, aprimorá-las, ou trabalhar a partir delas para enfrentar novos problemas.

Pesquisas visando o desenvolvimento de uma vacina que proteja seres humanos contra o SARS-CoV-2 têm ocorrido em vários laboratórios do mundo, em um ritmo acelerado desde o início da pandemia. Até abril de 2021, 63 vacinas anti-SARS-CoV-2 foram desenvolvidas e testadas, e algumas delas – como a *Pfizer-BioNTech BNT162b*, a *Moderna mRNA-1273*, a *University of Oxford-AstraZeneca ChAdOx1*, a *Sinovac (CoronaVac)*, entre outras – já aprovadas e sendo amplamente utilizadas nos esforços globais de vacinação (SAMARANAYAKE et al., 2021).

De acordo com Pivetta (2020), raramente uma vacina é desenvolvida em menos de uma década e, para algumas doenças (como a AIDS), ainda não conseguimos um imunizante, apesar do grande esforço da comunidade científica para isso. A meta para que existisse uma vacina disponível contra o novo coronavírus era ousada: um ano e meio, o que seria menos da metade do tempo empregado na criação da vacina mais rápida que foi feita até hoje, a contra a caxumba, que levou quatro anos para ser produzida (PIVETTA, 2020).

Como ocorreu com os imunizantes de Jenner e Hilleman, as vacinas contra o novo coronavírus são o produto da capacidade intelectual e esforço de inúmeras pessoas. Isso envolve não apenas "mais de dois séculos de conhecimento acumulado sobre vacinas" (PIVETTA, 2020, p. 21), mas também a habilidade de cientistas revisarem os trabalhos uns dos outros, apontarem problemas e/ou

aspectos importantes neles, e serem capazes de chegar a algum consenso sobre a efetividade e a segurança das vacinas disponíveis.

Um aspecto crucial do desenvolvimento de uma nova vacina é decidir como será a sua formulação, isto é, a partir do que ela será feita. De acordo com Pivetta (2020), há pelo menos oito caminhos distintos que podem conduzir a uma vacina contra o novo coronavírus, e eles vão da utilização do vírus atenuado (uma abordagem comum e bem-sucedida em vacinas atuais, como no caso da CoronaVac) até compostos elaborados a partir de DNA ou de RNA (como ocorre com os imunizantes da Moderna e da Pfizer, que são produzidos a partir de mRNA) (SAMARANAYAKE et al., 2021).

Assim, podemos entender que, independentemente da formulação adotada em vacinas contra o coronavírus, os cientistas que nelas trabalharem têm à sua disposição algum conhecimento sobre processos anteriores de elaboração de imunizantes, bem como sobre novas técnicas de biologia molecular. A partir disso, os pesquisadores podem definir qual a formulação mais adequada para uma vacina contra o coronavírus e dar andamento ao trabalho (o que significa, necessariamente, que a pesquisa passará por futuras instâncias de revisão - a escolha da formulação é uma entre várias decisões que devem ser tomadas, e revisadas, no processo de produção de um imunizante).

Os testes clínicos da vacina, ou seja, as últimas etapas antes de ela ser liberada (ou não) para uso nas sociedades humanas também dependem da colaboração de diversas pessoas. A vacina ChAdOx1, da AstraZeneca, teve sua formulação elaborada por pesquisadores da Universidade de Oxford, apoio de uma empresa farmacêutica britânica para possibilitar a produção e distribuição de doses em grande escala, e o suporte da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) para a condução de testes com voluntários brasileiros (FIORAVANTI, 2020). Além disso, a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), outra parceira da AstraZeneca no Brasil, importou as vacinas e depois começou a produzi-las em território nacional ainda em 2021 (JONES, 2021). O desenvolvimento dessa vacina - e de qualquer outra contra o SARS-Cov-2 é mais um exemplo bem-sucedido do trabalho social da ciência. O posterior monitoramento da eficácia e da segurança da(s) vacina(s) aprovada(s), por sua vez, evidencia o caráter social da ciência para além da produção da vacina.

A ciência como uma atividade social também aparece nos processos de criação e teste de medicamentos no combate ou alívio dos sintomas da COVID-19. Há um esforço global pela busca desses medicamentos (ver, por exemplo, ALANAGREH et al., 2020), com destaque a antivirais - e, nesse caso, drogas como a cloroquina, hidroxiclороquina e remdesivir. Entre os antivirais, a cloroquina e a hidroxiclороquina têm sido alvo das maiores controvérsias acerca da sua eficácia no tratamento da COVID-19. Desde março de 2020, alguns relatos favoráveis à sua eficácia apareceram na literatura, a exemplo de Liu et al. (2020), Colson et al. (2020) e Wang et al. (2020), incluindo controversos trabalhos, como o de Gautret et al. (2020) (ver ROSENDAAL, 2020) e Gao et al. (2020) (ver TOURET e LAMBALLERIE, 2020).

Desde então, a cloroquina tem sido proposta como uma alternativa em alguns países, seja como recomendação em casos de emergência, para pacientes internados em unidades de tratamento intensivo (como era nos Estados Unidos,

antes da proibição do seu uso para tratamento da COVID-19) ou incluída nas diretrizes principais de combate às infecções pelo SARS-CoV-2 por órgãos públicos de saúde. Ao mesmo tempo, fortes evidências contrárias à eficácia do medicamento também vêm surgindo (BOULWARE et al., 2020; HOFFMAN et al., 2020; MITJÀ et al., 2020; SKIPPER et al., 2020) e a preponderância das evidências disponíveis até o momento sugere que o tratamento com cloroquina ou hidroxicloroquina para pacientes acometidos pela COVID-19, em qualquer estágio da doença, é ineficaz (MAHASE, 2020; GASMI et al., 2021; SAGHIR et al., 2021).

Da mesma forma que ocorre com as vacinas, se tivermos algum tipo de droga eficaz contra a COVID-19, ela não será o resultado do trabalho de uma única pessoa, ou de uma única equipe de pesquisa. Para que saibamos se um determinado tratamento é ou não adequado para uma doença, precisamos ir além do seu processo de desenvolvimento: é necessário que os testes adequados sejam feitos e os resultados das pesquisas apropriadamente revisados. E, para isso, é essencial o envolvimento da comunidade científica.

A participação de uma comunidade de investigação no desenvolvimento de ideias científicas é um elemento indissociável do progresso da ciência e do refinamento na nossa compreensão do mundo. Há, no entanto, certos casos que explicitam a maneira com que a ação de vários indivíduos contribui para o avanço de nosso conhecimento. Durante a pandemia do novo coronavírus, um desses casos iniciou com um artigo publicado - e posteriormente retratado - na revista *The Lancet*, um dos periódicos de pesquisa médica mais importantes do mundo.

No artigo em questão, Mehra et al. (2020) se propunham a estudar os potenciais benefícios e eventuais riscos do uso de cloroquina ou hidroxicloroquina associadas ou não a antibióticos no tratamento da COVID-19. A base de dados que serviu de suporte à pesquisa impressiona: a partir de 671 hospitais de seis continentes, mais de 96 mil pacientes infectados pelo SARS-CoV-2 tiveram seus registros médicos analisados e, através deles, os pesquisadores investigaram se havia alguma relação entre a administração dos fármacos de interesse do estudo e a mortalidade dos pacientes, bem como a ocorrência de efeitos colaterais, especificamente arritmias cardíacas. Os resultados do trabalho sugerem que não há benefício no uso de cloroquina ou hidroxicloroquina, isoladas ou em associação com antibiótico; ao contrário, essas drogas foram relacionadas à uma diminuição na sobrevivência dos pacientes nos hospitais e a um aumento na frequência de arritmias.

Logo após a sua publicação, a pesquisa de Mehra et al. (2020) foi considerada como a peça que faltava para que a história da cloroquina/hidroxicloroquina contra a COVID-19 fosse encerrada. No entanto, poucos dias depois do artigo sair na *The Lancet*, um grupo de cientistas de diversas universidades do mundo escreveu uma carta aberta a Mehra et al. e à revista, tornando públicas suas preocupações com a qualidade dos resultados apresentados (WATSON, 2020). A carta destaca, especialmente, problemas com a análise estatística e a integridade dos dados utilizados por Mehra et al (2020). Os cientistas finalizam o documento afirmando, entre outros, que é imperativo que os dados da pesquisa, fornecidos por uma empresa americana, sejam apresentados em detalhe e que análises independentes dos dados do artigo possam ser feitas.

Poucos dias após a divulgação da carta, a The Lancet publicou uma "expressão de preocupação" com o artigo de Mehra et al. (2020), na qual afirma que existem dúvidas legítimas com a qualidade do trabalho e que auditorias foram encaminhadas para verificar a integridade dos dados e da análise deles (THE LANCET EDITORS, 2020).

A Surgisphere, empresa que forneceu os dados para o estudo (e para um anterior, publicado no The New England Journal of Medicine, e também retratado), pertence a um dos coautores do artigo, que se recusou a fornecer os dados brutos que sustentavam as conclusões de Mehra et al. (2020) (MARQUES, 2020). Mehra, o primeiro autor, afirmou que o fato de os dados não serem apresentados publicamente minava a confiança na pesquisa (MARQUES, 2020), e a Lancet fez a retratação do artigo no início de junho, duas semanas após a publicação original.

A retratação do artigo de Mehra et al. (2020) mostra como o trabalho social na ciência também funciona de acordo com o princípio do ceticismo organizado apresentado por Merton (2013), como um filtro corretor de problemas, más interpretações e até fraudes em investigações científicas. Como afirmamos anteriormente, essa não é a única forma de a comunidade de cientistas participar do avanço de nosso conhecimento sobre o mundo, mas ela é fundamental para que possamos rejeitar proposições falsas ou mal sustentadas derivadas de pesquisas frágeis (ou mesmo fraudulentas).

A retratação do artigo de Mehra et al. (2020) não se constitui em evidência de que a cloroquina ou a hidroxicloroquina são eficazes. Mesmo que se tratasse de um artigo confiável, ele também não seria a derradeira "prova" de que essas substâncias são ineficazes contra a COVID-19. Como Oreskes (2019) nos lembra, a ciência é uma atividade social. Um estudo não é suficiente para "comprovar" – ou refutar – uma conclusão, apesar de poder nos fornecer indicativos importantes sobre ela. Precisamos ir além e verificar o que outros cientistas que trabalham com o mesmo tema têm descoberto. No caso em questão, como comentamos anteriormente, a convergência de estudos que temos até o momento sugere que tanto a cloroquina quanto a hidroxicloroquina não são eficazes em qualquer estágio da COVID-19.

A correção de pesquisas científicas feita pela comunidade de investigadores funciona hoje, durante a pandemia do novo coronavírus, assim como em inúmeras outras ocasiões na história da ciência. A maior diferença, provavelmente, é que estamos acompanhando os processos de correção e refinamento das pesquisas em um ritmo muito mais rápido do que vimos em outras circunstâncias.

A CIÊNCIA NÃO RECEBE ACRITICAMENTE A PALAVRA DE AUTORIDADES

É comum em nossa vida cotidiana nos ampararmos nas palavras de autoridades quando pensamos ou tomamos posição sobre algum assunto. A maioria de nós não tem, por exemplo, condições de verificar diretamente, e em detalhes, as evidências relacionadas à proposição "o aquecimento global é, em grande medida, provocado pela atividade humana", pois ela envolve um conjunto de conhecimentos específicos que normalmente está restrito a cientistas climáticos ou a outras pessoas que se dispõem a investir muito tempo na leitura e pesquisa de materiais acadêmicos relacionados ao assunto. O que fazemos,

geralmente, é procurar por autoridades epistêmicas, isto é, especialistas, e verificamos o que eles nos indicam. E, se houver um forte consenso entre os especialistas, estaremos em melhores condições de aceitar, pelo menos provisoriamente, as respostas deles como mais prováveis do que as alternativas (PIGLIUCCI, 2010; COADY, 2012).

Os cientistas, de certa forma, também baseiam algumas de suas conclusões de acordo com a posição de outros especialistas. Pigliucci (2010), um biólogo evolutivo e filósofo da ciência, por exemplo, argumenta que aceita a ideia de que as atividades humanas têm influenciado o clima do planeta mesmo sem ser um especialista em climatologia. Ele o faz, essencialmente, por ser capaz de identificar os especialistas na área e por conhecer o consenso científico corrente sobre o tópico.

Mas a palavra de autoridades epistêmicas não é aceita incondicional e cegamente na ciência. Os cientistas também mantêm um grau de ceticismo moderado com relação às alegações de especialistas, notadamente se as ideias apresentadas por eles destoam daquilo que se assume como razoavelmente bem estabelecido em uma determinada área do conhecimento, ou se as conclusões parecem ser desproporcionais à qualidade das evidências existentes para elas. E, durante a pandemia do novo coronavírus, dois casos envolvendo autoridades científicas - dois cientistas galardoados com o Prêmio Nobel - nos fornecem exemplos de como as palavras de indivíduos renomados são submetidas ao escrutínio de outros pesquisadores antes de serem aceitas (ou rejeitadas), da mesma forma que ocorre com tantos outros cientistas.

O primeiro deles envolveu uma declaração pública do virologista francês Luc Montagnier, um dos vencedores do Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia em 2008 pela identificação do vírus da imunodeficiência humana (HIV). Em uma entrevista para uma emissora de TV francesa, Montagnier declarou acreditar que a COVID-19 não era uma doença "natural", e que o SARS-CoV-2 foi um vírus artificialmente criado em laboratório como parte de uma pesquisa que trabalhava na criação de uma vacina contra a AIDS a partir da manipulação viral (LACOUDE, 2020).

A conclusão de Montagnier a respeito da origem do novo coronavírus teve um impacto maior na imprensa do que na comunidade científica. Apesar de Montagnier ser um cientista renomado, uma autoridade epistêmica na área de virologia, a sua proposição de que o SARS-CoV-2 derivara de uma manipulação laboratorial não encontra, até o momento, ressonância entre a maioria dos especialistas na área. Considerando o que conhecemos sobre as origens evolutivas do vírus (BONI et al., 2020), e sobre a história da transmissão de doenças zoonóticas para seres humanos (QUAMMEN, 2012), temos boas razões para pressupor que o novo coronavírus chegou até os humanos a partir da contaminação por um animal não-humano.

A questão da origem do vírus segue em aberto no momento que escrevemos este artigo (MAXMEN; MALLAPATY, 2021). De qualquer forma, ela não será resolvida com a palavra de uma única autoridade científica, como Montagnier, mas com a análise cuidadosa de evidências por diferentes cientistas e equipes de pesquisa.

O segundo caso está relacionado a um artigo que tem o químico mexicano Mario Molina como um de seus coautores (ZHANG et al., 2020). Molina está entre os cientistas que receberam o Prêmio Nobel de Química em 1995 devido aos seus trabalhos que relacionaram os gases CFC a danos à camada de ozônio. Na pandemia, um artigo coautorado por Molina, publicado no dia 11 de julho de 2020, argumenta que a principal forma de transmissão do novo coronavírus entre humanos é a aérea, através de pequenas partículas de aerossol contaminadas, e que a medida protetiva mais eficaz é o uso de máscaras quando as pessoas se encontram em locais públicos. O artigo ainda conclui que "outras medidas mitigadoras, como o distanciamento social implementado nos Estados Unidos, são, por si sós, insuficientes para proteger o público" (ZHANG et al., 2020, p. 14857).

Uma semana após a publicação da pesquisa de Zhang et al. (2020), um grupo de mais de 40 cientistas encaminhou uma carta à revista, solicitando que o artigo fosse retratado (HABER et al, 2020). Entre os elementos que embasam o pedido de retratação estão problemas metodológicos e alegações que poderiam ser facilmente falseáveis, de acordo com os signatários da carta. Em outro documento (NON-PHARMACEUTICAL INTERVENTIONS, 2020), os críticos apontam que o estudo de Zhang et al. (2020) tinha duas conclusões principais - (1) o uso mandatório de máscaras é o único fator que fez com que o aumento linear de casos em Nova York e na Itália fosse interrompido, e (2) a transmissão aérea é a principal via de dispersão do novo coronavírus -, e que ambas não eram justificadas adequadamente pelas evidências apresentadas na pesquisa.

O artigo de Zhang et al. (2020), do qual Molina foi coautor, não foi retratado pela PNAS, mas recebeu adendos e clarificações em outubro de 2020 em decorrência das críticas que recebeu. Na verdade, a alegação de que a transmissão do SARS-CoV-2 por aerossóis se constitui em um mecanismo relevante de dispersão do vírus ganhou força no mês seguinte à publicação da pesquisa de Zhang et al. (2020), considerando que novos trabalhos adicionaram boas evidências em suporte a essa conclusão (LEWIS, 2020).

Os episódios envolvendo a opinião de Montagnier e a pesquisa de Molina durante a pandemia reforçam a ideia de que, em ciência, o conteúdo e as razões que sustentam uma alegação são mais importantes do que a pessoa que a propõe. Isso não quer dizer que certos pesquisadores não tenham uma maior visibilidade, ou que não sejam mais ouvidos do que outros dentro da comunidade científica: ao que parece, o artigo coautorado por Molina passou mais rapidamente pela revisão por pares da revista na qual foi publicado (GÓMEZ, 2020), o que pode representar evidência da força que um indivíduo vencedor do Prêmio Nobel pode dar a seu grupo de pesquisa, e/ou da urgência em publicar dados que possam ser relevantes para o controle da transmissão do SARS-CoV-2 entre seres humanos. Mas, fundamentalmente, é a qualidade e confiabilidade das alegações que fará as palavras de autoridades se sustentarem e serem disseminadas, pelo menos a médio e longo prazo. E a avaliação da confiabilidade de uma asserção científica, como argumentamos na seção anterior, é uma tarefa que está além da atividade individual: é um exercício coletivo, que demonstra o caráter social da ciência.

A CIÊNCIA INCORPORA O FALIBILISMO

Se trabalhos científicos são submetidos à revisão por pares antes de serem publicados (ou rejeitados) e continuam a ser escrutinados depois de virem à público, essa é uma evidência de que atividade científica incorpora o princípio do falibilismo epistêmico.

Em termos gerais, o falibilismo se caracteriza como uma “postura ou atitude intelectual: uma abertura para a possibilidade de que alguém cometeu um erro, que acompanha um desejo de ouvir argumentos que indiquem que a sua crença é incorreta” (LEITE, 2010, p. 370). Na ciência, reconhecer o falibilismo significa estar aberto à possibilidade de revisão e aprimoramento das coisas que conhecemos - ou que pensamos conhecer - a respeito de qualquer assunto.

Apesar de o falibilismo ser um elemento intrínseco à atividade científica, ele nem sempre é bem compreendido, pelo menos no que diz respeito a como algumas pessoas - entre elas, cientistas - se referem a resultados de pesquisas ou de artigos acadêmicos. É comum, por exemplo, ouvirmos expressões como "isso já foi comprovado/provado", ou "o artigo comprova/prova que...", usadas de forma descuidada e sem a devida qualificação.

Consideremos a seguinte postagem publicada em uma rede social, escrita em uma página de divulgação científica comandada por acadêmicos e professores universitários brasileiros, transcrita tal qual aparece no início de junho de 2020 (Figura 1):

"The American Journal of Medicine, veja bem! Não é questão de opinião. São fatos científicos comprovados e publicados em revista de ponta, com sistema rigoroso de avaliação pelos pares. Então, não venha colocar no post contraditório de jornalzinho fake news pago com verba pública como todos jornais mostraram ontem. Aqui é lugar de fato científico: esse remédio não tem comprovação de eficácia alguma no tratamento da covid. Discorda? Faça uma pesquisa e publique no The American Journal of Medicine."

A postagem foi feita em conjunto com um link para uma notícia que trata de um artigo da *The American Journal of Medicine* sobre a ineficácia do uso da hidroxicloroquina para combater infecções pelo novo coronavírus. O artigo, na verdade, é um comentário de duas páginas no qual os autores defendem uma moratória urgente nas prescrições da droga contra a COVID-19 (SHIH et al., 2020).

Mesmo que a conclusão do artigo/comentário ("hidroxicloroquina não funciona no tratamento de casos de COVID-19") esteja alinhada com os resultados da maior parte das pesquisas publicadas sobre o assunto até o momento, não é razoável afirmar que os dados desse artigo (ou de basicamente qualquer outro artigo específico) consistam em "fatos científicos comprovados" sem oferecer aos leitores uma discussão nuançada na qual o falibilismo seja considerado e os argumentos ajustados de acordo.

A ideia de que algo está "provado" ou "comprovado" pode assumir pelo menos dois significados distintos. O primeiro é que podemos pensar em "provado" ou "comprovado", inspirados em Vaughn e MacDonald (2010, p. 50), como algo que está "além de qualquer dúvida possível", isto é, absolutamente certo. Nesse caso, estamos tratando de um grau de conhecimento - a certeza - que a ciência não consegue nos fornecer.

Figura 1 – Captura de tela contendo a afirmação sobre o artigo do *The American Journal of Medicine*, publicado em uma página de divulgação científica na rede social Facebook.



Fonte: Reprodução própria (2021).

O segundo significado é algo que está "além da dúvida razoável" (VAUGHN; MACDONALD, 2010, p. 50), ou seja, uma proposição sobre a qual conhecemos o bastante para entendermos que ela é verdadeira (ou o mais próximo que podemos chegar disso) sem que tenhamos, no momento, dúvidas razoáveis a respeito. Um exemplo de algo estabelecido ("provado") "além da dúvida razoável" é a teoria da evolução por seleção natural, uma ideia que tem sido desenvolvida, refinada, testada e amplamente aceita na comunidade de especialistas há décadas. Mas, mesmo considerando o status epistêmico da biologia evolutiva atualmente, não podemos descartar que surja, no futuro, algum tipo de evidência que possa contrapor um pilar sólido da teoria: assim, é prudente considerarmos a evolução uma ideia que está além da dúvida razoável, mas nunca além da dúvida possível.

Com o artigo mencionado no post da rede social, a situação é mais delicada. Dificilmente consideramos uma conclusão como "além da dúvida razoável" a partir de um número pequeno de pesquisas ou de artigos científicos. É necessário que um consenso de especialistas se estabeleça em torno do tópico, e isso normalmente demanda tempo e o trabalho de diversos pesquisadores para desenvolver, revisar, refinar e testar ideias. Se podemos estar próximos do consenso quanto à ineficácia da hidroxiclороquina, isso não se deve a uma pesquisa ou artigo específicos (por melhores que sejam, ou por melhor que seja a revista na qual foram publicados), ou às investigações de um autor e seu grupo de pesquisa.

E, como aconteceu com o trabalho retratado de Mehra et al. (2020), artigos publicados em revistas destacadas e com sistemas rigorosos de avaliação podem ser ruins, terem dados inconsistentes com suas conclusões, ou mesmo serem resultado de fraude. Por isso, é necessária a aceitação de que podemos estar errados sobre algo que pensamos ser verdadeiro ou "comprovado" além da dúvida razoável: a atividade científica é falível, mas possui mecanismos de revisão e correção justamente porque compreende que os enganos (sejam eles involuntários ou deliberados) podem ocorrer.

CONCLUSÃO

A pandemia causada pelo novo coronavírus nos trouxe uma oportunidade incomum de acompanhar o desenvolvimento de investigações científicas em tempo real. Aos educadores, em especial, a ação da comunidade científica em busca de conhecimento mais confiável sobre o SARS-CoV-2 e a COVID-19 pode fornecer um importante material na discussão de questões relacionadas à ciência como um processo, ou à natureza da ciência de modo geral.

Neste artigo, destacamos três elementos que têm sido apresentados por filósofos e historiadores da ciência contemporâneos, como McIntyre (2019), Oreskes (2019) e Pennock (2019) como fundamentais à atividade científica. Esses autores, de formas diferentes, ressaltam a relevância do caráter social da ciência, do cuidado com palavras de autoridade e do falibilismo epistêmico como aspectos importantes do empreendimento científico e, por extensão, do seu ensino e aprendizagem.

Assumimos que uma compreensão adequada da natureza da ciência, em escolas e universidades, passa necessariamente (mas não de modo suficiente) pelo entendimento dos três elementos que discutimos neste artigo. Em conjunto, eles nos apresentam uma ciência que é feita por seres humanos e, portanto, falível; que compreende a sua falibilidade e, por isso, se ampara no trabalho coletivo para desenvolver, refinar, testar e eventualmente aceitar ou rejeitar ideias; e que, mesmo que conte com pessoas destacadas por pesquisas que realizaram em seus campos de estudo, não adota as palavras desses indivíduos acriticamente, sem o devido exame.

A compreensão dos elementos que desenvolvemos aqui também ajuda estudantes a evitar interpretações equivocadas da atividade científica que, às vezes, aparecem em veículos de mídia (inclusive de divulgação científica) ou mesmo em livros didáticos, como a do "gênio solitário" que desvenda os mistérios à sua volta. O primeiro tópico deste artigo, o caráter social da ciência, nos faz reconhecer que, embora existam indivíduos responsáveis por grandes avanços no conhecimento que temos do mundo, como Charles Darwin com sua teoria evolutiva, e Joseph Priestley com seus trabalhos sobre a fotossíntese (MATTHEWS, 2014), a ação dessas pessoas representa um marco fundamental no desenvolvimento de uma certa ideia, mas não nos conta toda a história. Qualquer ideia proposta por um cientista - seja ele Darwin, Priestley ou uma pesquisadora do SARS-CoV-2 - está amparada em insights anteriores e depende da ação de outros pesquisadores para ser devidamente analisada e revisada.

Assim, quando falamos em uma ideia científica, precisamos reconhecer que existiram múltiplas mentes que possibilitaram a sua existência, mentes essas que não agiram necessariamente no mesmo espaço e tempo, mas, ainda assim, são responsáveis, em conjunto, pelo avanço de nosso entendimento do mundo e de nós próprios. Com o SARS-CoV-2 e a COVID-19 está acontecendo o mesmo: nosso conhecimento do vírus e da doença, e das formas de preveni-la ou tratá-la, se desenrola a partir do trabalho de inúmeros pesquisadores em diferentes partes do mundo, que se amparam em conhecimentos disponíveis em áreas como a virologia e a epidemiologia, e cujas conclusões estarão acessíveis para que gerações futuras possam revisá-las e pensar a partir delas.

Professores podem destacar o caráter social da ciência sem cair em narrativas relativistas radicais que sustentam que "não há um mundo real lá fora, que a ciência é somente uma maneira não particularmente especial de conhecê-lo, ou mesmo que a ciência é apenas um 'mito' entre muitos que nós poderíamos escolher acreditar" (RITCHIE, 2020, p. 13). O caráter social da ciência está em sua dependência do trabalho de vários indivíduos que geram *insights*, que se dispõem a testá-los e a avaliar os *insights* propostos por outras pessoas, que cooperam, competem e trabalham, mesmo distantes espaço-temporalmente, para que as ideias propostas por colegas sejam aprimoradas e apropriadamente escrutinadas.

Entender a importância do ceticismo apropriado com relação às palavras de autoridades epistêmicas, o segundo elemento que discutimos aqui, também auxilia os estudantes a navegar por ideias e discussões científicas de modo mais seguro e razoável. Montagnier e Molina não são os primeiros Prêmios Nobel a terem suas ideias publicamente contestadas. De fato, muitos cientistas renomados já abraçaram alegações pouco sensatas dentro ou fora de sua área do conhecimento, e Basterfield et al. (2020) chamam a atenção para a "doença do Nobel" (Nobel Disease), que acomete laureados do Nobel e os faz aceitar ideias cientificamente questionáveis. O próprio Montagnier é citado como um exemplo da "doença do Nobel" por defender, entre outras coisas, que há ligação entre vacinas e autismo, bem como por assumir que o autismo pode ser tratado com o uso de antibióticos (BASTERFIELD et al., 2020).

Em aulas de ciências, com base em casos como o de Montagnier e Molina, professores podem destacar que a aplicação de um certo grau de ceticismo é fundamental para as atividades científicas e mesmo pessoas premiadas com o Nobel devem ter suas alegações devidamente examinadas. E, também, é possível estender a ideia da necessidade de um grau adequado de ceticismo para outras áreas fora da ciência, como problemas cotidianos, nos quais é importante ter o hábito de procurar por boas evidências e ponderar sobre elas.

A inclusão de discussões sobre o falibilismo epistêmico - o terceiro elemento do processo científico sobre o qual refletimos neste artigo - em aulas de ciências pode contribuir não somente para que os estudantes desenvolvam noções das limitações que temos em conhecer o mundo, como também da necessidade de a ciência ser uma atividade na qual as razões são abertas e podem ser examinadas por comunidades de especialistas. Se um pesquisador se engana ou comete fraude em seus estudos, o erro pode ser identificado e corrigido posteriormente, por outras pessoas. Há exemplos abundantes disso na pandemia provocada pelo novo coronavírus: estudos retratados ou criticados por outros pesquisadores, orientações para o uso de máscaras que são alteradas à medida que novas

informações são conhecidas sobre a efetividade delas em conter a transmissão do SARS-CoV-2, entre outros.

Ao tratar do papel do falibilismo no processo científico, estudantes e professores podem ponderar a respeito da apreciação adequada de razões e evidências na ciência, e de formas apropriadas de fazer referência a resultados de estudos científicos. Aqui, destacamos a possibilidade de inclusão do que Sinnott-Armstrong (2018) chama de "termos guarda" (*guarding terms*): palavras como "indica", "sugere", "aponta", "provavelmente", "possivelmente", etc., que podem ajudar na qualificação do nosso discurso, tornando a maneira com que nos referimos a pesquisas ou ideias científicas proporcional à qualidade das evidências existentes para elas. Desse modo, ao invés de afirmarmos que um determinado estudo "comprovou" que a hidroxicloroquina é ineficaz contra a COVID-19, podemos dizer que "existem fortes evidências que indicam que a hidroxicloroquina é ineficaz nas circunstâncias investigadas na pesquisa".

Pennock (2019, p. 274) escreve que "a melhor educação em ciências revela não somente a ciência da natureza, mas também a natureza da ciência." Com isso, podemos entender o quão vital é incluir nas aulas, em qualquer nível de ensino, não apenas os produtos científicos, mas seus processos e pressupostos epistêmicos. Delineamos três deles ao longo deste artigo e, considerando que casos históricos podem auxiliar os professores a discutir com os estudantes sobre o caráter social da ciência, o ceticismo apropriado com autoridades e o falibilismo epistêmico, assumimos que a pandemia provocada pelo novo coronavírus oferece uma chance rara de incluir nas aulas uma história científica que está se desenvolvendo aos olhos dos estudantes, dos professores, e de todas as sociedades humanas.

Science as a process: epistemic lessons from the pandemic

ABSTRACT

Studying science demands more than having contact with its products, such as ideas, hypotheses, theories, and scientific conclusions. It also involves understanding the processes by which scientific products are proposed, justified, evaluated, revised, established, or rejected. One of the most important ways to deal with science as a process is through historical case studies. In the present paper we argue that the coronavirus pandemic may be regarded as one of these cases, as it offers us a look at (at least) three elements that are fundamental to scientific processes and, more generally, to the nature of science: the social character of the scientific enterprise, the appropriate skepticism with claims that are made by authorities, and epistemic fallibilism. We have identified and reflected upon these three elements through the work of scientists during the pandemic of the new coronavirus and, lastly, we offer suggestions of how they can be inserted into science classes, in schools and universities.

KEYWORDS: Nature of science. Products and processes of science. Organized skepticism. Fallibilism.

REFERÊNCIAS

ALANAGREH, L., ALZOUGHLOOL, F., ATOUMN, M. The Human Coronavirus Disease COVID-19: Its Origin, Characteristics, and Insights into Potential Drugs and its Mechanisms. **Pathogens**, v. 9, n. 5, p. 331, 2020.

BASTERFIELD, C. et al. The Nobel Disease: when intelligence fails to protect against irrationality. **Skeptical Inquirer**, v. 44, n. 3, p. 32-37, 2020.

BONI M. F. et al. Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic. **Nature Microbiology**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41564-020-0771-4>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

BOULWARE, D. et al. A Randomized Trial of Hydroxychloroquine as Postexposure Prophylaxis for Covid-19. **The New England Journal of Medicine**, p. 1-9, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2016638>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

BRAINARD, J. Scientists are drowning in COVID-19 papers. Can new tools keep them afloat? **Science Magazine**, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencemag.org/news/2020/05/scientists-are-drowning-covid-19-papers-can-new-tools-keep-them-afloat>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

COADY, D. **What to believe now**: applying epistemology to contemporary issues. Chichester: Willey-Blackwell, 2012.

COLSON, P. et al. Chloroquine and hydroxychloroquine as available weapons to fight COVID-19. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 55, n. 4, p. 105932, 2020.

FIOVARANTI, C. **Para ganhar tempo**. Pesquisa FAPESP, n. 293, p. 24-27, 2020.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FRIEDMAN, M.; G. W. FRIEDLAND. **As dez maiores descobertas da medicina**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GASMI, A, et al. Chloroquine and hydroxychloroquine in the treatment of COVID-19: the never-ending story. **Applied Microbiology and Biotechnology**, n. 105, p. 1333-1343, 2021.

GAO, J., TIAN, Z., YANG, X. Breakthrough: Chloroquine phosphate has shown apparent efficacy in treatment of COVID-19 associated pneumonia in clinical studies. **BioScience Trends**, v. 14, n. 1, p. 72-73, 2020.

GAUTRET, P. et al. Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: results of an open-label non-randomized clinical trial. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 56, n. 1, p. 105949, 2020.

GÓMEZ, F. J. B. **Con admiración y respeto por el Dr. Mario Molina**. Disponível em: <<https://contexto.udlap.mx/wp-content/uploads/2020/07/Con-admiraci%C3%B3n-y-respeto-por-el-Dr.-Mario-Molina-1.pdf>>. Acesso em: 31, jul. 2020.

HABER, N. et al. **Formal request for the retraction of Zhang et al., 2020**. Disponível em: <<https://metrics.stanford.edu/PNAS%20retraction%20request%20LoE%20061820>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

HOFFMANN, M. et al. Chloroquine does not inhibit infection of human lung cells with SARS-CoV-2. **Nature**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2575-3>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

JONES, F. **As vacinas no mundo real**. Pesquisa FAPESP, n. 305, p. 18-21, 2021.

LACOUDE, P. No, SARS-CoV-2 does not contain HIV genetic code! **European Scientist**. Disponível em: <<https://www.europeanscientist.com/en/big-data/no-sars-cov-2-does-not-contain-hiv-genetic-code/>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

LEITE, A. **Fallibilism**. In: SOSA, Ernest, STEUP, Matthias (Ed.). *The Blackwell's Companion to Epistemology*. Oxford: Blackwell, 2010, p. 370-375.

LEWIS, D. Coronavirus in the air. **Nature**, v. 583, p. 510-513, 2020.

LIU, J. et al. Hydroxychloroquine, a less toxic derivative of chloroquine, is effective in inhibiting SARS-CoV-2 infection in vitro. **Cell Discovery**, v. 6, n. 16, p. 1-4, 2020.

MAHASE, E. Hydroxychloroquine for covid-19: the end of the line? **BMJ**, v. 369, p. m2378, 2020.

MARQUES, F. **Baseado em informações não confiáveis**. Pesquisa FAPESP, n. 293, p. 8-9, 2020.

MARTINS, L. A. P; BRITO, A. P. O. P. M. **A história da ciência e o ensino da genética e evolução no nível médio: um estudo de caso**. In: SILVA, C. C. (Ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 245-264.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the contribution of history and philosophy of science - 20th anniversary revised and expanded edition**. Nova York: Routledge, 2014.

MAXMEN, A.; MALLAPATY, S. The covid lab-leak hypothesis: what scientists do and don't know. **Nature**, v. 594, p. 313-315, 2021.

McCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

McINTYRE, L. **The scientific attitude: defending science from denial, fraud, and pseudoscience**. Cambridge: The MIT Press, 2019.

MEHRA, M. R. et al. Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis. **Lancet**, 2020.

MERTON, R. K. **Ensaio de sociologia da ciência**. São Paulo: Editora 34, 2013.

MITJÀ, O. et al. Hydroxychloroquine for Early Treatment of Adults with Mild Covid-19: A Randomized-Controlled Trial. **Clinical Infectious Diseases**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1009>>.. Acesso em: 31, jul., 2020.

NON-PHARMACEUTICAL INTERVENTIONS. **Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19**. Non-pharmaceutical interventions. Disponível em: <<https://ncrc.jhsph.edu/research/identifying-airborne-transmission-as-the-dominant-route-for-the-spread-of-covid-19/>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

OFFIT, P. A. **Vacinado: a luta de um homem para vencer as doenças mais mortais do mundo**. São Paulo: Ideia & Ação, 2008.

ORESKE, N. **Why trust science?** Princeton: Princeton University Press, 2019.

PENNOCK, R. T. **An instinct for truth: curiosity and the moral character of science**. Cambridge: The MIT Press, 2019.

PIGLIUCCI, M. **Nonsense on stilts: how to tell science from bunk**. Chicago: University of Chicago Press, 2010.

PIVETTA, M. **À procura de atalhos**. Pesquisa FAPESP, n. 293, p. 18-23, 2020.

QUAMMEN, D. **Spillover: animal infections and the next human pandemic**. Nova York: W. W. Norton & Company, 2012.

RITCHIE, S. **Science fictions: how fraud, bias, negligence, and hype undermine the search for truth**. Nova York: Metropolitan Books, 2020.

ROSENDAAL, F. Review of: "Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: results of an open-label non-randomized clinical trial Gautret et al 2020, . **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 56, n. 1, p. 106063, 2020. DOI:10.1016/j.ijantimicag.2020.105949

SAGHIR, S. A. M. et al. Chloroquine and Hydroxychloroquine for the Prevention and Treatment of COVID-19: A Fiction, Hope or Hype? An Updated Review. **Therapeutics and Clinical Risk Management**, n. 17, p. 371-387, 2021.

SAMARANAYAKE, L.; SENEVIRATNE, C. J.; FAKHRUDDIN, K. S. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) vaccines: A concise review. **Oral Diseases**, v. 0, n. 0, p. 1-11,

2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/odi.13916>>. Acesso em 16, jul., 2021.

SHIH, R. D. et al. Hydroxychloroquine for Coronavirus: The Urgent Need for a Moratorium on Prescriptions. **The American Journal of Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1-2, 2020.

SINNOTT-ARMSTRONG, W. **Think again: how to reason and argue**. Nova York: Oxford University Press, 2018.

SKIPPER, C. et al. Hydroxychloroquine in Nonhospitalized Adults with Early COVID-19. **Annals of Internal Medicine**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.7326/M20-4207>>. Acesso em: 31, jul., 2020.

THE LANCET EDITORS, Expression of concern: Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis. **Lancet**, 2020. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31290-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31290-3)>. Acesso em: 31, jul., 2020.

TOURET, F., LAMBALLERIE, X. Of chloroquine and COVID-19. **Antiviral Research**, v. 177, p. 104762, 2020.

VAUGHN, L.; MACDONALD, C. **The power of critical thinking**. Don Mills: Oxford University Press, 2010.

WANG, M. et al. Remdesivir and chloroquine effectively inhibit the recently emerged coronavirus (2019-nCoV) in vitro. **Cell Research**, v. 30, n. 3, p. 269-271, 2020.

WATSON, J. **An open letter to Mehra et al and The Lancet**. Disponível em: <<https://zenodo.org/record/3862789#.Xylway3OqfU>>. Acesso em: 31, jul. 2020.

ZASTROW, M. Open science takes on COVID-19. **Nature**, v. 581, p. 109-110, 2020.

ZHANG, R. et al. Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. **PNAS**, v. 117, n. 26, p. 14857-14863, 2020.

Recebido: 08 set. 2020

Aprovado: 04 out. 2021

DOI: 10.3895/actio.v6n3.13133

Como citar:

GUZZO, G. B.; DALL'ALBA, G. A ciência como um processo: lições epistemológicas da pandemia. **ACTIO**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 1-19, set./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Guilherme Brambatti Guzzo

R. Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis, Caxias do Sul - RS, 95070-560, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

