

# Alfabetização Científica em tempos de desinformação: uma revisão sistemática da literatura

Scientific literacy in times of misinformation: a systematic literature review

Francisco Robson Carvalho de Oliveira <sup>a</sup>, Cidoval Moraes de Sousa <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Brasil; <sup>b</sup> Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Departamento de Comunicação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Brasil.

**Resumo.** A mitigação dos efeitos deletérios provocados pela desinformação na sociedade atual demanda esforços diversos, em diferentes âmbitos e, preferencialmente, de maneira coordenada. Abordar essa problemática no ensino de ciências com enfoque na Alfabetização Científica (AC) dos estudantes é uma possibilidade promissora de enfrentamento. Por isso, objetivamos com esta Revisão Sistemática da Literatura (RSL) identificar manifestações de AC nos campos da educação e da comunicação científica com potencial de mobilização social frente ao contexto de desinformação. Como resultados principais, identificamos a importância de contemplar nas ações educacionais a promoção do entendimento sobre aspectos psicológicos e sociológicos que regulam nossa interação com a informação, como vies de confirmação e raciocínio motivado; discutimos a demanda por uma AC renovada, que interseccione suas dimensões com outras alfabetizações, como midiática e informacional, além de redefinir sua ênfase no estímulo ao pensamento crítico baseado na confiança epistêmica; registramos experiências exitosas no desenvolvimento de criticidade e vigilância epistêmica a partir de estratégias baseadas em leitura, escrita e verificação de informações, com predominância do uso de metodologias ativas pelos educadores. Acreditamos que nossos achados podem contribuir para o enfrentamento à desinformação, fundamentando ações pedagógicas potencialmente capazes de enfraquecer esse fenômeno global.

## Palavras-chave:

Educação científica, Comunicação científica, Pós-verdade, Pensamento crítico, Vigilância epistêmica.

## Submetido em

25/08/2024

## Aceito em

24/04/2025

## Publicado em

31/07/2025

**Abstract.** Mitigating the harmful effects of disinformation in today's society requires diverse efforts, in different areas and a coordinated manner. Addressing this problem in science education by focusing on students' Scientific Literacy (SC) is a promising possibility for tackling it. Therefore, we aimed to identify manifestations of SC in the fields of education and scientific communication with the potential for social mobilization in the face of the context of misinformation with this Systematic Literature Review. We identified the importance of including in educational actions the promotion of understanding of psychological and sociological aspects that regulate our interaction with information, such as views of motivated communication and reasoning; we discussed the demand for a renewed SC, which intersects its dimensions with other literacies, such as media literacy and information literacy, in addition to redefining its emphasis on stimulating critical thinking based on epistemic trust; we have recorded successful experiences in the development of critical thinking and epistemic vigilance based on strategies based on reading, writing, and verification of information, with a predominance of active methodologies used by educators. We believe that our findings contribute to combating misinformation, providing the basis for pedagogical actions potentially capable of weakening this global phenomenon.

## Keywords:

Science education, Scientific communication, Post-truth, Critical thinking, Epistemic vigilance.

## Introdução

Recesso no início do século XXI um coro que proclamava o sucesso representado pela era da informação, com a popularização da web 2.0 e a diversificação tecnológica. Nesse mundo digital moderno, as pessoas agem sobre a informação enquanto a acessam, promovendo

eventos de evolução instantânea do conhecimento (Howell & Brossard, 2021). Graças a essa dinâmica e à queda das barreiras para publicação de informações, vivemos em contato com muito conteúdo, com variável veracidade de fatos e, por isso, é essencial uma compreensão adequada do que se encontra na mídia (Tseng, 2018). As fronteiras entre a verdade, a ficção e a desinformação foram redefinidas com o papel assumido pelas redes sociais para a popularização da ciência (Lombard et al., 2020), assim como para o envolvimento da sociedade com temas diversos. Com o estabelecimento cada vez mais sólido de condições próprias da pós-verdade, notamos um aumento da prevalência e da influência da desinformação, uma crescente rejeição de noções bem estabelecidas e uma tendência à sobreposição de crenças e experiências pessoais em detrimento de fatos e evidências (Barzilai & Chinn, 2020).

Nesse contexto, a geração atual pode aprofundar suas vulnerabilidades a informações enganosas e fraudes digitais se não desenvolverem capacidade de raciocínio alinhado às novas mídias (Tseng et al., 2021). São muitos os estudiosos, inclusive de áreas alheias à educação, que recomendam o desenvolvimento de competências que possam contribuir para estes fins a partir do âmbito educacional (e.g., Allchin, 2020, 2023; Nagumo et al., 2022; Osborne & Pimentel, 2023; Tseng, 2018). Essa diversidade de recomendações, pode, no entanto, gerar confusão aos educadores sobre as estratégias mais adequadas à abordagem da desinformação desde suas respectivas áreas de ensino. Felizmente, alguns consensos parecem se delinear nesse campo, como a possibilidade de atrelar à educação científica alguma força de mobilização contra esses males modernos (Cormick, 2022; Nagumo et al., 2022).

Com base nessa esperança, objetivamos, portanto, identificar manifestações de Alfabetização Científica (AC) nos campos da educação e da comunicação científica com potencial de mobilização social, sintetizando-as em recomendações a um ensino de ciências com potencial de proporcionar a interação saudável do público estudantil com a informação em tempos de pós-verdade. Operacionalizamos esse objetivo no seguinte questionamento: que elementos de enfrentamento à desinformação podem ser incorporados às dimensões da AC escolar a partir de experiências em educação e comunicação, com ênfase ao papel do ensino de ciências para a sociedade?

Adotamos a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a partir da qual desenvolvemos uma discussão sobre os principais achados. Abordamos inicialmente algumas informações gerais sobre os estudos encontrados nas buscas, que ilustram um panorama atual do tema. Na sequência, descrevemos elementos essenciais à compreensão do contexto de pós-verdade no qual nos encontramos, enfatizando aspectos psicológicos e sociológicos próprios da condição humana que influenciam nossa interação com a informação em ambiente virtual. Com base nessas características e no contexto atual, apresentamos demandas da educação científica e os rumos que devem ser trilhados nesse campo em movimento. Posteriormente, expomos experiências exitosas e recomendações promissoras que podem orientar ações de educadores, principalmente. E, finalmente, tecemos algumas considerações baseadas nesse estudo.

## Métodos

Realizamos uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), assumindo a intensão de fidelidade ao caráter sistemático da revisão pela busca por uma contribuição relevante ao objeto da pesquisa, bem como à possibilidade que se abre a eventuais atualizações a esse estudo, dado o rigor do método seguido (Galvão & Ricarte, 2020; Okoli, 2019). Tentamos responder a que elementos de enfrentamento à desinformação podem ser incorporados às dimensões da AC escolar usando como referência algumas experiências nos campos da educação e da comunicação.

Triamos os estudos resgatados nessa pesquisa a partir da leitura de título, resumo e palavras-chave, atendendo a critérios objetivos de inclusão e exclusão pré-estabelecidos. Consideramos a inclusão tanto de estudos primários quanto secundários, ou seja, incluímos trabalhos empíricos, estudos de caso e revisões de literatura, sempre quando contribuem com as discussões acerca da AC como força propulsora de impacto social, considerando o contexto de uma sociedade marcada por desinformação. Assim, analisamos os trabalhos que apresentam experiências educativas ou recomendações para o campo educacional comprometidas com o enfrentamento à desinformação como fenômeno social, além de trabalhos sobre comunicação científica que colaboram direta ou indiretamente para o planejamento de ações de AC escolar. Nesse segundo caso, consideramos a afiliação do estudo às áreas de ciências humanas ou sociais aplicadas, mesmo quando veiculados em periódicos predominantemente vinculados a outros campos de investigação. Considerando, então, esse escopo, selecionamos trabalhos publicados na íntegra, que tenham sido revisados por pares, disponibilizados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* em português, espanhol ou inglês, sempre quando disponíveis a partir do portal de Periódicos da Capes.

Excluímos estudos que trataram superficialmente o tema investigado, que desconsideraram o âmbito social da AC ou que suavizaram os problemas representados pela desinformação. Não incorporamos estudos que não receberam minuciosa revisão, ou que foram baseados mais em opiniões do que em fatos e evidências, além de editoriais, notas, livros ou capítulos de livros, anais de eventos, monografias e entrevistas. Além disso, também não analisamos estudos publicados em idiomas distintos ao inglês, espanhol ou português, aplicando os filtros de idioma e tipo de publicação das próprias bases de dados.

Utilizamos descritores com operadores booleanos e caracteres especiais, da seguinte maneira: ("scientific literacy" OR "science literacy" OR "science education" OR "science teaching" OR "science communication") AND ("misinformation" OR "disinformation"). Usamos diferentes termos historicamente atribuídos ao sentido de AC para resgatar o máximo de contribuições possíveis, embora a unificação conceitual seja importante, motivo pelo qual dedicamos parte do estudo a este fim. As buscas nas bases de dados, assim como a organização dos resultados em planilha eletrônica, ocorrem em outubro de 2023. A leitura de títulos, resumos e palavras-chave foi realizada por um único pesquisador, bem como a leitura completa dos trabalhos incluídos e a extração de dados. Esses procedimentos, no entanto, motivaram constantes discussões e negociações entre nós, os autores, a partir das quais resulta essa redação.

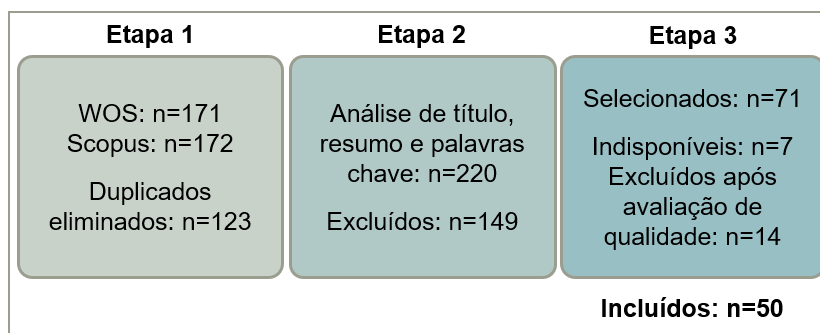
A organização dos dados bibliográficos dos estudos em planilha eletrônica permitiu a visualização do progresso registrado nesse campo de pesquisa ao longo do tempo. Informações como autores, anos de publicações, títulos, resumos, palavras-chave e países onde foram produzidos, numa análise inicial, conferiram um panorama importante sobre o qual o estudo teórico se desenvolveu, precedendo a avaliação da qualidade dos trabalhos selecionados. Por se tratar de uma revisão predominantemente qualitativa, os critérios utilizados nessa etapa para eventual exclusão de artigos com insuficiente contribuição estiveram focados na identificação dos trabalhos mais intimamente relacionados ao foco do estudo, bem como na valorização daqueles com proposições de respostas à pergunta de pesquisa.

Com essa perspectiva, conduzimos a síntese dos dados a partir da organização dos documentos, análise interpretativa dos estudos, comparação entre diferentes abordagens acerca de aspectos comuns, seguindo orientações teórico-metodológicas de Campos et al. (2023), Galvão e Ricarte (2020) e Okoli (2019). A adesão a esse percurso permitiu a produção de uma narrativa ampla, em que se revela um espaço democrático de diálogo entre diferentes autores e autoras que pensaram e discutiram o enfrentamento à desinformação através de frentes distintas e estratégias diversas. A síntese desses achados não pretende esgotar as possibilidades de enfrentamento à desinformação pelas vias da educação, com a ênfase anteriormente proclamada na educação científica. Mas, ao contrário, anseia estimular o pensamento sobre outros tantos prováveis caminhos a serem trilhados em direção a um Ensino de Ciências que considera o cenário em que educandos e educandas se constituem seres sociais, reconhecendo a dualidade física e virtual de suas vivências.

## **Uma aproximação aos resultados**

Os efeitos deletérios da desinformação em diferentes setores da sociedade podem justificar a diversidade de estudos registrados em nossa investigação, que revela uma verdadeira força-tarefa de estudiosos interessados na superação ou, pelo menos, na mitigação do problema. Ilustramos na Figura 1 o processo de filtragem do elevado número de estudos encontrados em nossas buscas, sistematizando a sequência do método apresentado anteriormente.

Do total de trabalhos analisados ( $n=50$ ), 90% ( $n=45$ ) foram publicados a partir de 2020, o que pode representar, por um lado, o agravamento recente dos problemas causados pela desinformação, por outro, a evidência dada ao fenômeno a partir da pandemia, que expôs a uma escala global seu poder nocivo. Com efeito, a pandemia de COVID-19 motivou a realização de alguns dos trabalhos selecionados nesta revisão (e.g., Gu & Feng, 2022; Lup & Mitrea, 2021; Smyth et al., 2023; Stokes-Parish, 2022), sem, no entanto, limitar suas abrangências ao âmbito da saúde, mas a uma diversidade de contextos sociais.



**Figura 1.** Esquema simplificado de busca e análise de artigos durante seleção de trabalhos.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Ainda sobre as publicações, é importante destacar as assimetrias registradas. Os trabalhos são majoritariamente produzidos por pesquisadores situados no norte global. Como consideramos tanto estudos primários quanto secundários, aqui nos baseamos onde os estudos foram desenvolvidos, no caso de trabalhos empíricos, ou à localização das instituições às quais estão vinculados os pesquisadores que os produziram, no caso de estudos teóricos. Nesta classificação, os Estados Unidos lideram com 46% (n=23) do total de trabalhos avaliados. A título de ilustração, dentre os países do sul global, o que mais se destacou quantitativamente foi o Brasil, sendo responsável por 6% (n=3) dos trabalhos incluídos. Esta análise, embora superficial, é relevante por demarcar onde estão sendo discutidas as estratégias de mitigação do problema abordado nesse estudo. Nesse sentido, qualquer tendência metodológica de ação que possa estar se estabelecendo precisa ser contrastada com as condições do sul global para não incorrerem no erro de adoção de estratégias ineficientes ou, o que seria pior, que reforcem o problema.

Em linhas gerais, dentre os trabalhos incluídos, identificamos estudos que exploraram a desinformação no contexto educacional, a partir dos quais é possível vislumbrar diferentes elementos que, quando contrastados, podem indicar possibilidades promissoras na direção da superação do problema. Dentre esses elementos, destacamos iniciativas pontuais que se concentraram em estimular o desenvolvimento de senso crítico e analítico para a interação com informações diversas, além de características comuns ao público estudantil que podem estar associadas a uma maior suscetibilidade a informações falsas. Além dos estudos diretamente vinculados à educação, analisamos também trabalhos do campo da comunicação científica, sempre quando foram identificadas sugestões potencialmente capazes de enfrentar o consumo acrítico de informação pela sociedade, considerando possibilidades de adaptação destas sugestões ao âmbito educacional.

Optamos por apresentar, inicialmente, o aprofundamento teórico e os esclarecimentos conceituais proporcionados pela análise realizada e, na sequência, elencar e discutir sugestões de caráter prático que podem inspirar o trabalho docente. Organizamos a lista de estudos em um quadro, no qual indicamos se o trabalho contribuiu mais fortemente para o aprofundamento teórico ou para a síntese de propostas educacionais, além de destacarmos a principal contribuição de cada um dos artigos (Quadro 1). É importante destacarmos que sinalizamos os trabalhos que compõem o quadro de referência ao âmbito educacional na

coluna intitulada “categoria”, porém alguns desses trabalhos também foram relevantes nas seções anteriores. Esse destaque objetiva tão somente facilitar um eventual aprofundamento desejado pelo leitor a respeito de alguma experiência relatada.

**Quadro 1.** Lista de estudos incluídos com indicativos de contribuições para a revisão.

Cate- goria	Autoria	Ano	Contribuição fundamental	Local de estudo
AT	Allchin	2023	Recomenda o estímulo à autonomia de jovens no consumo de informações científicas	Estados Unidos
AT	Allchin e Zemplén	2020	Argumenta sobre a importância do foco na natureza da ciência para a educação científica	Estados Unidos
AT	Barzilai e Chinn	2020	Apoia a combinação de abordagens sobre pós-verdade no ensino de ciências	Israel
AT	Benjamin e McLean	2022	Defende a preparação de graduandos para a comunicação científica frente à desinformação	Canadá
AT	Billingsley e Heyes	2023	Destaca a relevância de curiosidade, pensamento crítico e humildade epistêmica para a educação	Inglaterra
AT	Brennan	2021	Sugere atualizações na comunicação científica, destacando o papel dos vídeos para popularizar a ciência	Estados Unidos
AT	Butler	2020	Apresenta características infantis que influenciam a vivência de etapas da natureza da ciência	Estados Unidos
AT	Cormick	2022	Defende a comunicação científica frente à desinformação baseada na união de esforços	Austrália
AT	Demircioglu, Karakus e Ucar	2023	Trata sobre o estímulo ao pensamento crítico e a argumentação com estudantes do ensino fundamental com uso de metodologia ativa	Turquia
AT	Diamond et al.	2015	Destaca o impacto das parcerias interdisciplinares na divulgação científica e na apropriação social da ciência	Estados Unidos
AT	Dixon et al.	2015	Demonstra práticas comunicativas que podem reforçar a desinformação e, por isso, devem ser evitadas	Estados Unidos
AT	Gibson et al.	2023	Fomenta habilidades científicas através de uma prática de aproximação entre ciência e conhecimento local	Estados Unidos
AT	Giroto Jr et al.	2022	Defende a necessidade de aprofundar o ensino sobre a natureza da ciência	Brasil
AT	Gramigna e Marling	2018	Propõe cenários educacionais para o desenvolvimento do pensamento crítico	Estônia
AT	Gu e Feng	2022	Associa alfabetização científica e informacional, destacando seu impacto no pensamento crítico	China
AT	Halat et al.	2021	Examina o impacto social uma universidade na disseminação de informações científicas	Líbano
AT	Hornsey e Lewandowsky	2022	Apresenta estratégias de comunicação ética para enfrentar o ceticismo climático, com potencial aplicação no combate à desinformação	Austrália
AT	Höttecke e Allchin	2020	Defende a ampliação do conceito de natureza da ciência diante da influência das redes sociais na vida humana, interseccionando alfabetizações midiática e científica	Alemanha
AT	Howell e Brossard	2021	Atualiza o conceito de AC, abordando seu papel em contextos escolares e estratégias para adultos	Estados Unidos
AT	Jylhä et al.	2023	Recomenda estratégias de enfrentamento ao negacionismo baseadas em comunicação e educação	Suécia
AT	Keselman et al.	2021	Aponta a necessidade de alfabetização informacional para redução do compartilhamento de desinformação em saúde	Estados Unidos
AT	Ledur e Santos	2021	Destaca a importância de competências midiáticas e informacionais, além da investigação científica, na identificação de informações falsas	Brasil
AT	Lup e Mitrea	2021	Discute fatores, principalmente psicossociais e cognitivos, que influenciam a crença em teorias conspiratórias	Romênia
AT	Nagumo et al.	2022	Propõe o enfrentamento educacional à desinformação através do letramento midiático e científico de jovens e o fortalecimento da confiança na ciência	Brasil



Cate- goria	Autoria	Ano	Contribuição fundamental	Local de estudo
AT	Osborne e Pimentel	2023	Sintetiza objetivos e competências essenciais à educação científica em tempos de desinformação, com foco na AC	Estados Unidos
AT	Ratnayake e Ashok	2023	Introduz uma abordagem crítica para a análise de publicações antivacinação na formação de biólogos	Canadá
AT	Rofieq e Fauzi	2022	Explora a relação entre níveis de conhecimento e a capacidade de resistência a formas de desinformação	Indonésia
AT	Rosenthal	2020	Discute o papel do YouTube na comunicação científica e a necessidade de alfabetizações científica e midiática	Cingapura
AT	Sharon e Baram-Tsabari	2020	Explora componentes da AC no combate à desinformação e recomenda a integração de virtudes intelectuais	Israel
AT	Siani e Hipkiss	2022	Defende a importância da educação dos estudantes para a identificação de informações confiáveis, com ênfase na formação de professores e parcerias com universidades	Reino Unido
AT	Stokes-Parish	2022	Apresenta o uso de um mnemônico como ferramenta de avaliação da confiabilidade da informação online	Austrália
AT	Swords et al.	2023	Analisa os impactos de um curso de comunicação para cientistas nas suas capacidades de comunicação com público não especializado	Estados Unidos
AT	Van Der Linden	2022	Elenca aspectos psicológicos que influenciam a suscetibilidade à desinformação, apresentando alternativas de superação do problema	Inglaterra
EP	Allchin	2020	escreve atividades/jogos que promovem habilidades de avaliação crítica e confiança em fontes de informação	Estados Unidos
EP	Brown	2023	Analisa como postagens sobre saúde em redes sociais distorcem ou descontextualizam evidências científicas	Estados Unidos
EP	Ceballos	2021	Analisa a utilização de uma plataforma digital para a comunicação e aprendizado científicos e revisão de fontes	Estados Unidos
EP	Estigarribia et al.	2022	Desenvolve uma sequência didática para fomentar habilidades de avaliação crítica de informações	Argentina
EP	Klitgård	2020	Analisa o estilo de sátira como estratégia comunicacional para combater a desinformação	Dinamarca
EP	Lombard et al.	2020	Considera a influência da emoção sobre o pensamento crítico durante avaliação e incorporação de informações	Suíça
EP	Osterhage e Rogers-Carpenter	2022	Descreve iniciativas de treinamento em comunicação científica para estudantes de Biologia, com potencial de adaptação a outros níveis de ensino	Estados Unidos
EP	Reed et al.	2019	Desenvolve capacitação de estudantes de graduação para avaliar informações e comunicar ciência de forma eficaz	Estados Unidos
EP	Rholl et al.	2023	Utiliza artigos de notícia para treinamento em comunicação científica e engajamento dos estudantes	Estados Unidos
EP	Smyth et al.	2023	Promove compreensão e reflexão crítica com uso de material educativo sobre a ciência das vacinas	Estados Unidos
EP	Tenreiro-Vieira e Vieira	2021	Estimula o pensamento crítico e criativo em crianças de 8 a 12 anos, aprimorando a argumentação oral e escrita	Portugal
EP	Tseng	2018	Mostra que estudantes identificam problemas em informações científicas apenas quando explicitamente solicitados a buscar inconsistências em informações	Estados Unidos
EP	Tseng, Bonilla e MacPherson	2021	Desenvolve um guia de leitura crítica para estimular a análise de artigos midiáticos sobre ciência	Estados Unidos
EP	Woodley et al.	2022	Demonstra a eficácia da arte na comunicação científica sobre o clima a partir de experiências de workshops entre cientistas climáticos e artistas	Inglaterra
EP	Yeo e McKasy	2021	Discute o humor como possível estratégia de correção da desinformação, dadas as emoções por ele mobilizadas	Estados Unidos
EP	Yoon et al.	2023	Redireciona o foco nos conteúdos às práticas científicas durante uma série de atividades baseadas em QSC	Estados Unidos
EP	Zewail-Foote	2020	Explora o uso de perguntas-chave como ferramenta para guiar pesquisas, discussões e apresentações	Estados Unidos

Legenda: AT – Aprofundamento Teórico; EP – Experiências Práticas. Fonte: Autoria própria, 2025.

Lançamos um olhar também sobre os trabalhos que foram excluídos, dentre os quais muitos exploraram os efeitos da desinformação sobre diferentes temas, como crise climática, saúde e nutrição, vacinação e sismologia. No campo da saúde, a interação da sociedade com a informação referente à COVID-19 foi bastante explorada, tanto em trabalhos empíricos quanto teóricos, os quais destacaram os efeitos deletérios da desinformação, as dificuldades de contenção da pandemia e as características que reforçam a vulnerabilidade ao consumo e compartilhamento de notícias falsas referentes ao tema. Apesar de excluídos por não atendimento aos critérios pré-estabelecidos, esses estudos mencionaram, geralmente em suas considerações finais, a importância ou a necessidade não somente do desenvolvimento da comunicação científica por parte de pesquisadores, como também do aprimoramento da AC da sociedade como forma de prevenção coletiva à desinformação. Ademais, um aspecto recorrente nos estudos diz respeito à explanação sobre a influência da desinformação no comportamento social ou à identificação de diferentes grupos na sociedade reunidos por ideologias política, religiosa ou cultural, assim como suas implicações e desafios para a alfabetização e comunicação científicas. Tais aspectos também são explorados em maior ou menor medida nos estudos que foram incluídos e, portanto, esse filtro inicial não comprometeu a composição desta revisão.

### **Cartografia do problema: o território onde prospera a desinformação**

Aspectos psicológicos e sociológicos podem explicar a prosperidade da desinformação nas sociedades humanas ao longo do tempo. Um deles é o viés de confirmação, que se refere ao instinto humano de se filiar a correntes que reforcem suas crenças pré-existentes, mesmo que, para isso, precise rejeitar evidências alternativas (Allchin, 2023; Höttecke & Allchin, 2020). O público interage com a ciência a partir dessa tendência de aceitação a informações coerentes com crenças particulares e rejeição a evidências que ameaçam posicionamentos pré-concebidos (Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Yeo & McKasy, 2021). Acreditar quase que instantaneamente em informação que reforça crenças pessoais ou intergrupais é um atalho mental próprio da nossa espécie que nos torna suscetíveis à desinformação, seja ela de caráter científico, político, social ou outro. Os atalhos mentais, ou heurísticas, são mecanismos cognitivos que reduzem tarefas complexas de julgamento e formação de opinião a operações simples (Yeo & McKasy, 2021) e, portanto, podem levar um indivíduo a acreditar em informação falsa.

Esse efeito é ainda mais potente quando o indivíduo desenvolve seu raciocínio sobre determinado tema com intenções pré-determinadas, o que configura um processo chamado de raciocínio motivado (Van Der Linden, 2022). O raciocínio motivado faz com que a interpretação de evidências por uma pessoa seja influenciada por seus interesses, ideologias e visões de mundo subjacentes (Hornsey & Lewandowsky, 2022). É frequente, portanto, que as conclusões de alguém sobre algo sejam geradas antes de uma análise de dados disponíveis sobre o tema em questão. Na verdade, segundo Hornsey e Lewandowsky (2022), é comum que as pessoas gerem conclusões e só depois selecionem, critiquem e acumulem provas tendenciosas que reforcem tais conclusões. Infelizmente, esse padrão de raciocínio pode aumentar com o nível de escolaridade e de conhecimento científico, sendo recorrente em contextos diversos (Sharon & Baram-Tsabari, 2020).



Um agravante a essa tendência tem sido amplamente acionado pelas redes de desinformação que se estabeleceram mundialmente: o apelo emocional contido na estrutura da informação falsa. Emoções fortes, como a raiva, podem atrapalhar nossa capacidade de processamento cognitivo de uma informação, aumentando a chance de utilizarmos os atalhos mentais em seu processamento (Yeo & McKasy, 2021). Nesse caso, diante de uma falsidade científica que se afilie aos nossos pensamentos prévios e que mobilize emoções contundentes, teremos menos chances de criticar as informações equivocadas e mais disponibilidade à aceitação (Yeo & McKasy, 2021).

Nesse contexto, ambientes cada vez mais confortáveis para a maioria das pessoas interagirem com as informações são os filtros de bolha, criadas por algoritmo que seleciona e apresenta principalmente conteúdos compatíveis com interesses e posicionamentos do usuário, reforçando-os. Desse modo, o ambiente virtual se revela arriscado ao prender pessoas em câmaras de eco, vitimando-as de efeitos de falso consenso (Höttecke & Allchin, 2020). Höttecke e Allchin (2020) se referem a estes elementos como “armadilhas e perigos das redes sociais” e alertam para sua atuação conjunta com a dinâmica psicológica das redes sociais sobre o reforço de crenças e a produção de conhecimentos.

Um outro fato que merece atenção nessa demarcação dos limites espaciais do problema é a atuação dos comunicadores, sobretudo no campo do jornalismo científico. Historicamente, o equilíbrio jornalístico, também evocado como imparcialidade ou neutralidade, vem sendo aplicado por esses profissionais como forma de dar visibilidade, aproximadamente proporcional, às versões sobre um mesmo fato, a fim de não interferir na formação de opinião pública (Dixon et al., 2015). Entretanto, essa prática pode ser desinformativa quando, ao tratar temas controversos, o jornalista apresenta as duas visões conflitantes sem, no entanto, registrar qual delas é apoiada consensualmente pela comunidade científica (Dixon et al., 2015). Aqui nos referimos aos consensos tão amplamente acordados pelos cientistas que já não desencadeiam novas investigações de comprovação ou contestação, como é o caso da relação entre tabagismo e câncer. Reconhecemos que a ciência em formação evolui exatamente pelo contrário do que representa um consenso, pois depende de questionamentos, crítica, discordâncias e revisões até que se estabeleça enquanto saber (Osborne & Pimentel, 2023). A comunidade geral pode não ter domínio sobre essas questões, mas os comunicadores precisam considerá-las no exercício responsável de seus ofícios.

Pensar, então, em estratégias de mitigação dos malefícios decorrentes da desinformação passa por considerar o papel das mídias sociais como ambiente informacional na sociedade (Allchin, 2023; Barzilai & Chinn, 2020; Brown, 2023). Para tanto, é importante que tenhamos atenção não somente às formas como interagimos com a informação, mas também sobre as formas como são produzidas as informações que acessamos. Quando se trata, então, de uma informação de origem científica, há um caminho desde sua produção até sua exposição ao consumidor final, que pode ter sua formação de opinião influenciada pela maneira como os meios de comunicação social reembalaram e compartilharam o conteúdo (Howell & Brossard, 2021).

Um campo propício à contenção da onda de fomento à desinformação decorrente do acesso a informações de procedências variáveis é a educação, na qual o ensino de ciências assume

um papel de destaque (Yoon et al., 2023). Rofieq e Fauzi (2022) associaram positivamente o nível de conhecimento em Biologia, por exemplo, à proteção contra teorias da conspiração não científicas. Por outro lado, Keselman et al. (2021) identificaram, em outro estudo, muitos participantes com níveis elevados de competências científicas que expressaram a intenção de partilhar vídeo com conteúdo desinformativo. Na tentativa de alinhar essa dissonância, precisamos considerar alguns redirecionamentos, inclusive conceituais, até que alguma transformação seja alcançada.

## **Educação Científica em tempos de desinformação**

“Como a educação pode ajudar a preparar a próxima geração para um melhor envolvimento com a ciência num mundo de pós-verdade?” (Barzilai & Chinn, 2020, p. 107, tradução nossa). Adicionamos a esse questionamento a intenção de desvelar trilhas praticáveis a partir da educação conducentes a uma interação sadia com a informação não científica, em contexto mais amplo, por acreditarmos que demanda esforços convergentes. Nessa direção, a educação pode ser uma via de enfraquecimento da desinformação, embora não seja papel exclusivo do âmbito educacional lidar com as multifaces de problemas como esse (Allchin, 2020, 2023; Barzilai & Chinn, 2020). Segundo Stoks-Parish (2022, p. 1, tradução nossa), “aproveitar estratégias educacionais baseadas em evidências pode ser uma abordagem promissora para capacitar o público com a confiança necessária para diferenciar a verdade da ficção numa infodemia”. E dentre as múltiplas áreas educacionais, estudiosos atribuem à educação científica um potencial de enfrentamento aos desafios impostos pelo contexto que debatemos nesse estudo (e.g., Höttecke & Allchin, 2020; Ledur, 2021; Nagumo et al., 2022; Osborne & Pimentel, 2023).

Considerando esse pressuposto, a educação formal assume papel de destaque (Howell & Brossard, 2021), já que é consideravelmente difícil educar um público adulto desinteressado em temas complexos (Cormick, 2022). Além disso, o público jovem apresenta pronunciadas vulnerabilidades no que se refere à avaliação da veracidade de afirmações disponíveis na internet, o que justifica a necessidade de um olhar especial às práticas educativas voltadas a essa parcela da população (Tseng, 2018; Tseng et al., 2021). Em resposta a essa realidade, há uma ampla defesa no meio acadêmico por uma educação científica que, dentre outras atitudes, estimule a consciência crítica (e.g., Girotto Júnior et al., 2022; Demircioglu et al., 2023; Ratnayake & Ashok, 2023) e desenvolva a vigilância epistêmica (e.g., Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Howell & Brossard, 2021; Tseng et al., 2021). Detalharemos essas e outras demandas da educação científica posteriormente, explorando as possibilidades já registradas na literatura. Também podemos nos apoiar na literatura ao projetar abordagens adequadas ao engajamento do público em questão: os jovens. Diamond et al. (2015), por exemplo, relatam a eficácia das histórias em quadrinhos no envolvimento de jovens com temas científicos.

O fato é que a maioria dos autores que abordam a educação científica contemporânea, considera indispensável o tratamento de aspectos relativos à educação midiática e informacional, com sugestões, inclusive, de redefinição de conceitos bem estabelecidos no ensino de ciências. As atualizações conceituais, que deverão posteriormente ser traduzidas

em atitudes pelos educadores, objetivam abranger a complexidade da condição de pós-verdade, que demanda uma análise através de múltiplas lentes para que seja compreendida e combatida (Barzilai & Chinn, 2020). Convergindo com esse esforço, são registradas também iniciativas de ampliação ou reafirmação dos objetivos da AC (Howell & Brossard, 2021), bem como tentativas de sistematização de suas dimensões e competências (Allchin, 2023). Experimentamos, nesse instante, uma oportunidade de renovar a AC, aprimorando o seu alcance e o impacto que pode provocar na sociedade.

Essa renovação da AC passa por atualizar seu conceito, a fim de que acompanhe demandas emergentes e compreensões atuais sobre este campo. O esforço de cientistas e educadores em atualizar o conceito de AC deve ser orientado pelo reconhecimento de que tal processo ocorre durante a vida toda e implica diretamente sobre a dinâmica da comunicação científica (Barzilai & Chinn, 2020; Benjamin & McLean, 2022). Baseado na interação da população com o que era comunicado durante a recente pandemia, Gu e Feng (2022) destacam três aspectos fundamentais a serem desenvolvidos, ou fortalecidos, junto à população em geral: a confiança na ciência, a compreensão sobre a incerteza da ciência e a capacidade de avaliação de informações. Tais elementos se encontram, pois, em processo de esclarecimento ou incorporação ao conceito, aos objetivos ou às dimensões da AC.

Convencionalmente, a AC é sintetizada a partir da sua intenção de promover o conhecimento dos fatos científicos, o processo de descoberta desses fatos e como as pessoas utilizam coletivamente esse conhecimento (Rosenthal, 2020). Desse modo, para pensar e atuar cientificamente, os estudantes precisam compreender, para além dos fatos, os elementos-chave do método científico e do contexto em que a ciência opera, inclusive suas implicações e influências sociais e éticas (Siani & Hipkiss, 2022). Entendemos a complexidade das demandas apontadas por Siani e Hipkiss (2022), mas precisamos reconhecer sua legitimidade. Com efeito, uma compreensão global sobre as práticas científicas em detrimento da redução do método a suas partes mais básicas pode proporcionar ao indivíduo a capacidade de avaliar uma dada informação com base na qualidade das evidências que a sustentam (Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Além disso, pode habilitá-lo a compreender como o conhecimento é validado e a enxergar o que está além do exagero ou da distorção (Lombard et al., 2020), artifícios frequentemente utilizados em favor da desinformação científica.

Nessa esteira, é imprescindível que a AC desenvolva alguma compreensão de elementos que moldam a ciência, tais como pessoas e instituições envolvidas, recursos e métodos utilizados, além das normas que regem a produção do conhecimento científico (Howell & Brossard, 2021). Benjamin e McLean (2022) fazem um apelo para a ênfase ao caráter iterativo, dinâmico e colaborativo da ciência, na esperança de melhorar a relação dos estudantes com o empreendimento científico. Considerando essa multidimensionalidade da AC poderemos, então, nos aproximar ao que ela tem representado mais recentemente: “a capacidade de avaliar criticamente a validade científica da informação proveniente de diversas fontes e de aplicar tais análises à vida cotidiana” (Ratnayake & Ashok, 2023, p. 1, tradução nossa). Nesse processo é importante reconhecer o progresso científico como uma possibilidade e resguardar um cuidado especial com o cientificismo (Benjamin & McLean, 2022). Ou seja, é

necessário não perder de vista a natureza dinâmica do conhecimento científico e considerar diferentes estratégias de compreensão da realidade, uma vez que a ciência não é suprema e soberana sobre outras formas de conhecer.

Assim, enquanto a AC comprometida com o uso social do conhecimento capacita e encoraja os cidadãos para uma maior interação com a ciência, ela submete cientistas a mais críticas sobre aspectos como a produção e o próprio uso do conhecimento (Howell & Brossard, 2021). Howell e Brossard (2021) acreditam que a discordância e a crítica, até certo ponto, são democráticas e necessárias, e fazem parte do percurso que conduz ao atingimento de uma compreensão mais sofisticada sobre a natureza do conhecimento científico. Esse percurso, no entanto, pode contar com a presença marcante do ceticismo e do relativismo, mas seus efeitos devem desaparecer na medida em que a população fortaleça sua alfabetização, ainda segundo os autores. Discutiremos um pouco mais a importância de popularizar a compreensão sobre o empreendimento científico na seção posterior, onde propomos um redirecionamento do foco da educação científica.

Enquanto há quem defenda a incorporação de elementos ao conceito ou a reorientação dos objetivos da AC, outros autores vislumbram a combinação de diferentes alfabetizações como alternativa mais adequada ao atendimento às demandas atuais e futuras. Gu e Feng (2022), por exemplo, propõem uma sobreposição dos conceitos de AC e alfabetização informacional que resultariam no que é denominado pelos autores como alfabetização informacional científica. Tal sobreposição deveria, então, promover “a capacidade de praticar o pensamento crítico com base em evidências científicas, análises razoáveis, bem como no consenso da comunidade científica, o que leva ao reconhecimento da desinformação relacionada à ciência” (Gu & Feng, 2022, tradução nossa). Segundo Keselman et al. (2021), a combinação entre alfabetizações informacional e científica pode reduzir a vulnerabilidade à desinformação e, sobretudo, a propensão ao compartilhamento de informações falsas.

Essa proposta coincide com um objetivo premente da AC: o de habilitar o cidadão para a distinção entre informações corretas e enganosas (Howell & Brossard, 2021). Esses autores declaram que tal competência deve ser um objetivo primordial de qualquer educação científica, sendo necessário que seja claramente operacionalizável pelos professores de ciências (Howell & Brossard, 2021). Por outro lado, apesar de reconhecerem a importância de programas, atividades e materiais que estimulem o desenvolvimento de competências informacionais aliadas à AC, Keselman et al. (2021) chamam atenção para o fato de tais competências não garantirem, por si só, um comportamento informacional seguro e, portanto, não representarem uma solução fácil e inequívoca ao problema em questão.

Mais comum que a sobreposição conceitual com a alfabetização informacional, tem sido a integração entre AC e alfabetização midiática (AM), considerando a prevalência dos meios digitais no que concerne ao acesso a informações nos tempos atuais (Höttecke & Allchin, 2020; Howell & Brossard, 2021; Nagumo et al., 2022; Rosenthal, 2020). Siani e Hipkiss (2022, p. 7) sugerem que a AC e a alfabetização digital são “tão essenciais para as gerações atuais e futuras como contar, ler ou escrever o foram para os cidadãos dos séculos passados” (tradução nossa). Desse modo, é requerida a capacidade de avaliar informações científicas disponíveis na internet, considerando, para isso, os elementos que moldam o conteúdo

online, como as normas e os objetivos de produção das informações e a mediação realizada pelas tecnologias digitais (Howell & Brossard, 2021).

Höttecke e Allchin (2020) sistematizam essa ideia através de um quadro conceitual amplo que visa à unificação entre AC e AM a partir de uma releitura do que é a própria Natureza da Ciência nos tempos atuais. Para os autores, compreender “como a ciência funciona” passa necessariamente pela compreensão mais aprofundada sobre “como o conhecimento científico é criado e comunicado”. Para tanto, a AC em mídias digitais deverá envolver competências como: a) capacidade de acessar informação científica, especialmente em ambiente digital; b) compreensão de como a informação científica circula através da mídia, particularmente online; e c) aptidão para avaliar informações científicas em mensagens midiáticas (Howell & Brossard, 2021). Esta ênfase deve contribuir, principalmente, para o desenvolvimento de uma compreensão que possibilite a análise e a avaliação de afirmações feitas por cientistas e não cientistas (Höttecke & Allchin, 2020).

### **Calibrando o foco da educação científica**

Atualmente, algumas práticas de educação científica, como as que enfocam demasiadamente na argumentação, podem promover uma excessiva independência intelectual, que predispõe o estudante a acreditar fortemente no seu senso de julgamento a respeito da validade de uma informação (Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Nesse contexto, estimular a dependência epistêmica, promovendo condições para o indivíduo considerar, por exemplo, o autor, a fonte, a produção e a veiculação de um determinado conteúdo, podem atenuar a falsa ilusão de autonomia intelectual (Allchin, 2023). Baseado nisso, Allchin e Zemplén (2020) propõem redirecionar o foco na argumentação para uma experiência que valorize mais os aspectos da Natureza da Ciência, que, por sua vez, aproximam o indivíduo de uma possível avaliação fiável de informação.

Um aprofundamento da compreensão de como a ciência funciona pode ajudar na interpretação da fiabilidade de afirmações científicas para a tomada de decisões pessoais e públicas (Allchin & Zemplén, 2020), como já mencionamos anteriormente. Portanto, há uma demanda por ações que objetivem a compreensão do processo de produção do conhecimento científico, bem como dos diversos fatores envolvidos na sua produção e comunicação de forma contrastante ao que ocorre na produção e disseminação da desinformação (Ledur & Santos, 2021). A educação sobre processos e práticas científicos pode aguçar a habilidade de reconhecimento de marcas do pseudocientífico, ou mesmo do negacionismo, em informações a que se tem acesso, além de desenvolver competências de raciocínio e argumentação (Jylhä et al., 2023). Desse modo, estudantes familiarizados com esse componente da AC, poderão desenvolver hábitos de avaliação de informações baseada na análise dos padrões de qualidade das evidências que compõem os argumentos ou a partir da comunicação com especialistas sobre essa qualidade de evidências (Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Assim, entender os bastidores do conhecimento pode desencorajar o senso de autonomia intelectual e naturalizar a dependência epistêmica, ou seja, a existência de limitações no poder de julgamento de uma informação e a importância da consulta ao que dizem os especialistas nos temas sobre os quais nos informamos.



Nesse caminho que se vislumbra, já notamos algumas pegadas deixadas por quem está se adiantando nesta transformação da educação científica. Gibson et al. (2023), por exemplo, defendem a pesquisa-ação participante pelos jovens estudantes como estratégica possível de fazê-los experimentar a prática de um cientista social, que se envolve com determinado tema que afeta uma comunidade específica e o ajuda a se posicionar a partir da coleta e interpretação de dados reais. Essa prática gera oportunidades para que os estudantes se posicionem em um determinado discurso a partir da experiência de cientistas sociais, vivida por eles mesmos, e da análise dos discursos que ocorrem em dada comunidade afetada pelo tema da investigação (Gibson et al., 2023). Já Butler (2020), operacionaliza uma simplificação do processo científico em três etapas a fim de possibilitar sua vivência desde a educação infantil. A partir do direcionamento de um adulto, aspectos como fazer perguntas e formular hipóteses, coletar e analisar dados, além de comunicar evidências, podem ser válidos para o desenvolvimento de hábitos mentais que orientarão positivamente o envolvimento das crianças com o mundo (Butler, 2020).

É importante mencionarmos que as adaptações das abordagens sobre o método não somente representam adequações às etapas de ensino em que se propõem ou aos objetivos dos docentes, mas sim retratam o que verdadeiramente ocorre na prática científica. É imperativo que os estudantes entendam que o rigor científico não está diretamente relacionado ao engessamento ou padronização de metodologias, uma vez que a ciência é diversa. Desse modo, a confiabilidade do saber científico não reside na obediência canônica de um cientista a uma sequência de etapas pré-determinadas. Elementos como o uso da crítica social centrada em evidências, as tentativas de melhoramento constante de métodos empíricos e o desenvolvimento de estratégias para resolução de divergências pelos cientistas, são marcas que verdadeiramente contribuem para a valorização do conhecimento científico (Yoon et al., 2023).

Na prática escolar, o educador pode partir do que e como o estudante entende ser a ciência, aspectos fundamentais para a criação de oportunidades de aprendizagem sobre os elementos que constituem a natureza da ciência (Ledur & Santos, 2021). Se essas oportunidades forem práticas nas quais os estudantes experimentem a natureza da ciência, é necessário que os protagonistas desse processo se sintam convidados a aprofundar a natureza da prova, explorar os próprios conceitos de evidência, negociar discordâncias e proporem resoluções (Allchin & Zemplén, 2020). “Ao mesmo tempo, parece igualmente apropriado abordar a aprendizagem epistêmica a partir de perspectivas pedagógicas construtivistas familiares, além de encorajar a reflexão explícita, semeada apenas com as questões temáticas centrais, ‘como sabemos?’ e ‘como podemos ter certeza?’” (Allchin & Zemplén, 2020, p. 926, tradução nossa).

Para o avanço da caminhada nessa direção, fazem falta instrumentos legais e recomendações operacionalizáveis que apoiem os educadores. O currículo britânico para o ensino de ciências nas etapas obrigatórias já apresenta alguns enfoques no “trabalhar cientificamente”, em alusão ao aprofundamento que se projeta acerca dos processos de produção de conhecimento científico (Siani & Hipkiss, 2022). Em outras palavras, existe aí uma valorização de aspectos relativos à natureza da ciência em sala de aula. No entanto, Siani e Hipkiss (2022) defendem



que esse destaque deixe de ser apenas no âmbito da recomendação, ainda que estatutária, e passe a compor plenamente os esquemas de trabalho escolares, bem como as avaliações somativas de todos os níveis de ensino.

### Qual a medida certa de pensamento crítico para a AC?

Allchin e Zemplén (2020) demarcam duramente as limitações de estratégias enfocadas isoladamente em pensamento crítico, argumentação ou verificação de fatos. Mas, como mencionamos anteriormente, existe uma ampla defesa na literatura pelo desenvolvimento combinado de aspectos como pensamento crítico e vigilância epistêmica (e.g., Demircioglu et al., 2023; Ratnayake & Ashok, 2023; Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Howell & Brossard, 2021). O pensamento crítico pode complementar a curiosidade epistêmica em atos de verificação de fatos e avaliação da fiabilidade da fonte de uma informação, sendo importante ainda algum entendimento sobre o funcionamento do algoritmo que opera a plataforma onde circula dada informação (Billingsley & Heyes, 2023).

Gramigna e Marling (2018) defendem a importância do pensamento crítico para o exercício de uma cidadania global, dada sua reconhecida importância para uma tomada de decisões informada, assim como para a resolução de problemas complexos, habilidades estas que são tratadas historicamente como prioridades da educação científica. Desse modo, não devemos deixar de lado o pensamento crítico em abordagens que preconizam o envolvimento dos estudantes com a natureza da ciência, mas sim estimular a crítica a partir da compreensão dos processos científicos.

Lombard et al. (2020) defendem que a educação científica deve posicionar o indivíduo em algum lugar no gradiente que se constitui entre acreditar em tudo e em nada. Para isso, é importante fomentar competências que permitam aos estudantes avaliar razoavelmente o conhecimento com base em evidências, sendo importante compreender suficientemente bem os métodos científicos para que possam ponderar o potencial e os limites da informação em cheque (Lombard *et al.*, 2020). O indivíduo deve, então, operar o pensamento crítico sobre a natureza, aplicação e comunicação do conhecimento (Billingsley & Heyes, 2023), com o cuidado de não incorrer em busca obsessiva por falhas nos resultados científicos ou crítica sistemática da ciência (Lombard et al., 2020).

### É preciso reestabelecer a confiança epistêmica

Algumas tendências sociais fomentadas pela condição de pós-verdade são a “diminuição da confiança nos fornecedores institucionais de informação, como o jornalismo e a ciência” e o “aumento da fragmentação e polarização do consumo de informação” (Barzilai & Chinn, 2020, p. 108). Com efeito, um dos desafios compartilhados entre a educação científica e a comunicação científica consiste em aumentar, ou restabelecer, a confiança na ciência (Nagumo et al., 2022; Swords et al., 2023). Para tanto, é importante considerar a influência da interação desta com a adesão sociocultural e os preconceitos pessoais sobre a tomada de decisões sociocientíficas (Halat et al., 2021).

Paralelamente à erosão da confiança na ciência, vivemos também efeitos das premissas assumidas historicamente pela educação científica. Tais premissas defendem, primeiro, que

durante a educação básica é possível que os estudantes adquiram conhecimento científico suficiente para que sejam capazes de avaliar evidências e argumentos autonomamente, tornando-se intelectualmente independentes e, segundo, que esses indivíduos se depararão com informações científicas confiáveis (Osborne & Pimentel, 2023). O amplo acesso que temos à informação contribui para o fortalecimento dessa ilusão de autonomia informacional e compromete a validade do modelo de independência intelectual promovido pelos sistemas educativos (Allchin, 2023).

Analisando a natureza da ciência, percebemos que até mesmo especialistas possuem dependência epistêmica dos conhecimentos de outros especialistas, de modo que é natural que a ciência esteja estruturada com base na confiança epistêmica que os cientistas conservam entre si (Höttecke & Allchin, 2020). “Assim, a comunicação e a confiança são elementos essenciais, tanto na ciência como no consumo da ciência” (Höttecke & Allchin, 2020, p. 646, tradução nossa).

Alguns pesquisadores apostam no treinamento em comunicação científica como estratégia de melhoria da compreensão pública da ciência e, provavelmente, da confiança nela (e.g., Osterhage & Rogers-Carpenter, 2022; Swords et al., 2023). Essa aposta, entretanto, normalmente é dirigida aos estudantes das áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, as carreiras STEM, como evidenciado por Reed et al. (2019). Não registramos nenhuma experiência que explorasse o valor do desenvolvimento de traços da comunicação científica por professores de ciências em formação.

A esse respeito, Benjamin e McLean (2022) defendem a necessidade de modificação do ensino de ciências na graduação de maneira geral, buscando capacitar os estudantes dessa área a lidar com a pseudociência e a comunicar a ciência de forma eficaz. Isso pode se efetivar a partir de uma ênfase na dinâmica iterativa e na natureza colaborativa da ciência, da exploração de aspectos de sua história com o compartilhamento de exemplos de progressos em pensamento científico e de maus usos da ciência, esse último com foco no combate ao cientificismo (Benjamin & McLean, 2022). Para Cormick (2022), a comunicação científica precisa melhorar seus esforços não apenas para desafiar a deturpação da verdade e a desinformação, mas também para proporcionar acesso ao conhecimento de maneira prática e útil.

Desde o âmbito da educação básica, o que tem sido defendido é que será cada vez mais importante trabalhar de maneira prática os conceitos de confiança epistêmica e dependência epistêmica junto aos estudantes (Allchin, 2020). Para proporcionar a interação com esses conceitos, existem possibilidades educacionais diversas, como incentivar, durante a análise da fiabilidade de determinada informação, a realização de perguntas a amigos ou a outros especialistas, a análise de credenciais, experiência, histórico ou participação em organizações profissionais do autor, dentre outras (Allchin, 2020). Portanto, três das “dez competências para a crise da desinformação científica”, título do trabalho de Allchin (2023) no qual caracteriza aptidões essenciais ao que propõe como Alfabetização Científica Midiática (ACM), se relacionam diretamente com estes conceitos. Para Allchin (2023), é necessário: i) esclarecer a importância dos especialistas científicos para os não especialistas (*dependência epistêmica*); ii) descrever critérios que ajudem a identificar em quem confiar a partir do

consenso existente entre especialistas científicos (*gatekeepers*); iii) assim como critérios para identificação desses especialistas científicos (*experiência*).

Seguindo tais recomendações, a educação poderá proporcionar o desenvolvimento de humildade epistêmica ao determinar que “nenhuma perspectiva disciplinar única pode completar o nosso conhecimento sobre um determinado tópico” (Billingsley & Heyes, 2023, p. 335, tradução nossa). Desse modo, “nenhuma educação científica de ensino fundamental e médio poderá fornecer conhecimento suficiente para qualquer aluno avaliar a ciência complexa de hoje, muito menos o que está por vir” (Osborne & Pimentel, 2023, p. 557, tradução nossa).

A AC deve, então, se concentrar na formação de *outsiders* competentes, objetivo citado por Osborne e Pimentel (2023) e Sharon e Baram-Tsabari (2020). Indivíduos alfabetizados cientificamente como *outsiders* competentes seriam capazes, primeiramente, de reconhecer situações em que a ciência pode ser relevante para suas necessidades e interesses e, em segundo lugar, de acessar o conhecimento científico de maneira adaptativa à diversidade de fontes existentes, mobilizando tais conhecimentos para o atingimento de seus objetivos (Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Talvez isso signifique reduzir o foco excessivo nos detalhes do conhecimento científico, gerando espaços para o aprofundamento nos saberes que provavelmente serão exigidos pela sociedade, como as causas, estratégias de mitigação e prevenção de doenças, por exemplo (Osborne & Pimentel, 2023).

Essas e outras questões devem ser levadas em consideração pelos educadores que pretenderem colaborar para uma AC com potencial de geração de efeitos concretos na sociedade contemporânea e futura. A educação científica pode ser valiosa para os futuros cidadãos, desde que enfatize o desenvolvimento de competências necessárias para enfrentar a desinformação, salvando o conceito de AC (Osborne & Pimentel, 2023). Discutimos a seguir algumas experiências promissoras que apontam para esse sentido.

## **Quadro de referência para o enfrentamento à desinformação**

Como propomos em nossos objetivos, mapeamos nesta seção algumas iniciativas experimentadas em diferentes campos, tanto educacionais quanto comunicacionais, que fortaleceram a marcha da sociedade rumo a uma interação consciente com a diversidade de desinformação na qual estamos imersos. Alguns consensos são delineados e tomam força à medida que se estabelecem. Convidamos profissionais da educação a considerarem tais experiências como fontes de inspiração para o planejamento das suas próprias iniciativas, avaliando sempre as suas condições e o seu público, a fim de selecionarem os percursos mais adequados e promissores ao atingimento dos objetivos que partilhamos.

### **Ler, escrever e verificar: formando um ser crítico e vigilante**

O pensamento crítico e a vigilância epistêmica são competências potentes no que concerne à interação com a informação, com ênfase ao ambiente virtual e os mecanismos pelos quais podemos promover tais competências em sala de aula são variados. Alguns trabalhos coincidiram no uso da escrita como exercício de apoio ao desenvolvimento da criticidade

dirigida à análise de informação (Ceballos et al., 2021; Lombard et al., 2020; Tenreiro-Vieira & Vieira, 2021). Já a leitura, apoiada por um guia de estímulo à criticidade, foi explorada como mecanismo de fortalecimento da vigilância epistêmica (Tseng et al., 2021). Desse modo, as tradicionais práticas de leitura e escrita se revelam como possibilidades de formação de estudantes críticos e vigilantes no contexto atual.

Lombard et al. (2020) propuseram uma sequência de duas a três atividades de análises de artigos recentes sobre Questões Sociocientíficas (QSCs) no campo da neurociência, envolvendo, além da leitura, a produção escrita pelos estudantes. Outros autores também se ampararam nos resultados emergentes do trabalho com QSCs (Estigarribia et al., 2022; Gibson et al., 2023), com ênfase ao seu papel no ensino de biologia (Yoon et al., 2023). Yoon et al. (2023) reconhecem desafios no trabalho com QSCs, mas acreditam que quando bem gerenciadas em sala de aula, podem ajudar jovens a distinguirem informação precisa de desinformação. Um desses desafios se refere ao fato da discussão de QSCs mobilizar a formação de opiniões e, nesse caso, a condução do processo educativo precisa prever o equilíbrio entre razão e reação emocional desencadeada pelo tema abordado a fim de que a opinião pessoal do professor não seja determinante para a formação do estudante (Lombard et al., 2020). Uma opinião original sobre determinada QSC exige a consciência de que a percepção e emoção de alguém em relação a algo não são únicos, além da capacidade de compreender e considerar reações emocionais diversas sem que haja uma adesão imediata a essas reações (Lombard et al., 2020).

Na experiência de leitura analítica e produção escrita relatada por Lombard et al., (2020), a principal recomendação aos estudantes se concentrava no exercício de empatia como estratégia de descentralização das próprias emoções para aguçar o pensamento crítico, o que foi denominado de “empatia cognitiva”. A partir da atividade, os estudantes colocaram em perspectiva suas primeiras reações emocionais e consideraram reações emocionais distintas e contraditórias que outras pessoas podem ter a partir de seus contextos e crenças a respeito de determinada informação. Os autores estabeleceram uma escala de três níveis aplicáveis a cinco critérios que registrariam o progresso do pensamento crítico dos estudantes e usaram questionários para coletar as percepções deles sobre os efeitos da proposta. Os resultados demonstraram que a empatia cognitiva pode ser ensinada e deveria ser difundida, pois colabora para a formação de opinião informada e para o debate racional, além de contribuir para o desenvolvimento de pensamento crítico.

Também lidando com temas sociocientíficos, Ceballos et al. (2021) sistematizaram atividades de revisão de páginas na Wikipédia, a fim de contribuir com a difusão de conhecimento verificável sobre saúde ocupacional, eliminar desinformações na plataforma de buscas mundialmente utilizada e registrar o alcance dos esforços de disseminação de informações através das métricas disponibilizadas pela própria Wikipédia. Para esta tarefa, os estudantes examinaram criticamente as fontes de informação e desenvolveram uma escrita destinada a público leigo. Com isso, melhoraram sua escrita científica, se familiarizaram com o processo de revisão por pares e experimentaram a Wikipédia como ferramenta de ensino e “tradução científica”.

Outra experiência baseada na escrita foi relatada por Osterhage e Rogers-Carpenter (2022), que combinaram ensaios formais e exercícios informais através dos quais estudantes escreveram desde uma proposta de pesquisa até um artigo de opinião e um miniartigo científico. Os estudantes que participaram dessa experiência destacaram a importância da autonomia na escolha de temas durante a execução das atividades propostas. Segundo Osterhage e Rogers-Carpenter (2022), essa experiência pode ser adaptada a uma variedade de contextos, incluindo aulas de biologia no ensino médio, oportunidade na qual seria viabilizada, inclusive, uma colaboração com o componente de língua materna dos estudantes.

A formação de opinião fundamentada em evidências (e.g., Lombard et al., 2020), a redação de textos de caráter comunicativo (e.g., Osterhage & Rogers-Carpenter, 2022) e a revisão de artigos produzidos por terceiros (Ceballos et al., 2021) são exemplos de práticas que fazem da ciência um esforço coletivo de produção e popularização de conhecimento confiável. Desse modo, as atividades de leitura e escrita que relatamos proporcionaram aos envolvidos uma vivência prática do empreendimento científico, exemplificando a possibilidade de um ensino baseado na natureza da ciência. Com isso, uma educação científica que prioriza práticas científicas em detrimento de conceitos científicos, como defende Yoon et al. (2023), reforça o compromisso com a preparação dos estudantes para a lida com a desinformação.

Ainda tratando de propor a leitura como estratégia de estímulo à criticidade e vigilância, destacamos o trabalho de Tseng et al. (2021). As pesquisadoras propuseram a um grupo de estudantes a leitura de textos midiáticos persuasivos sobre temas científicos com informações deturpadas. As leituras dos diferentes textos foram realizadas, respectivamente, sem e com o apoio de um guia que estimulava os leitores a avaliarem e criticarem os argumentos científicos presentes no texto. O estudo registrou um aumento da vigilância epistêmica pelos estudantes que se envolveram na intervenção. Portanto, as autoras recomendam o fornecimento de uma estrutura de questionamento sobre a validade de afirmações científicas mal fundamentadas para melhorar a vigilância do estudante, em nível não especializado.

Adicionalmente, destacamos aqui uma abordagem pontual, mas esperançosa, que enfatiza o uso de sátira para correção de informação falsa. Nesse caso, a proposta emerge de um trabalho teórico, com análise da literatura relativa, diferente dos demais que compõem esta seção, baseados em experiências empíricas. Entretanto, converge com o potencial da leitura destacado anteriormente e, portanto, pode guiar intervenções futuras. Trata-se do estudo de Klitgård (2020), que explorou o poder que a sátira possui em envolver as pessoas e influenciá-las em relação a temas sobre os quais já tenham sido previamente desinformadas. A autora fundamenta sua análise na teoria do humor, da sátira noticiosa, do discurso satírico e propõe o uso desse gênero como estratégia potencial de “tradução” do conhecimento a ser explorada pelos comunicadores. Nessa esteira, Yeo e McKasy (2021) também apontam o humor como uma estratégia possível de apresentar informações corretivas às desinformações em distintas áreas, mas acreditam que mais estudos devem ser feitos para elucidar como isso pode acontecer e que emoções são mobilizadas.

Apesar de tratarmos de práticas tradicionais na educação – leitura e escrita –, registramos possibilidades de uso diversas para um ensino de ciências comprometido com a consolidação do pensamento crítico e da vigilância epistêmica. É importante destacarmos que, nas



experiências analisadas, leitura e escrita são propostas como artifícios conducentes ao atingimento de um objetivo cada vez mais necessário à interação saudável com a informação, o que pode favorecer o envolvimento e participação dos estudantes. Além disso, se por um lado é urgente proporcionar condições para o desenvolvimento de criticidade e vigilância, por outro é ainda mais importante que os professores busquem criatividade ao planejar *designs* de aprendizagem que equilibrem engajamento e impacto. Reiteramos que as abordagens educacionais que fundamentaram esta seção não lançaram mão de recursos inovadores em si, mas na maneira como utilizaram esses suportes pedagógicos. A observância desses achados pode contribuir para a qualificação de jovens no que se refere à análise de informações diversas às quais têm acesso cotidianamente.

A propósito, uma das práticas que se popularizaram nesse ecossistema informacional foi a de contrastar informações, fomentando o trabalho de agências especializadas, normalmente vinculadas a empresas do ramo de comunicação, denominadas agências de *fact-checking*. Se não resolvermos a desinformação com a verificação de fatos, sem ela, tampouco, podemos conceber a falência das informações falsas. Por isso, Brown (2023) trabalhou com seus estudantes a comparação entre um texto de divulgação com afirmações e dados científicos encontrado em redes sociais com o estudo primário que o fundamentou. Com efeito, apoiar os estudantes para que sejam capazes de avaliar uma informação a partir de sua fonte, buscando compreensões alternativas em documentos de origem, é uma tarefa importante, embora não signifique uma solução completa na busca por vigilância (Tseng et al., 2021). A atividade desenvolvida por Brown (2023) ajudou os estudantes a julgarem se as afirmações veiculadas nas mídias sociais são verdadeiramente fundamentadas por evidências. Além disso, fez com que os estudantes questionassem afirmações científicas declaradas em redes sociais, ao passo que os habilitou para a elucidação de eventuais incongruências a partir de recursos confiáveis.

No estudo de Estigarribia et al. (2022), são estabelecidos sete critérios que podem ser considerados indicadores de confiabilidade durante a análise de uma informação veiculada na forma de notícia e seis estratégias operacionais de análise da informação baseada em ações de rastreio, comparação e/ou verificação. Segundo os autores, é importante considerar a mídia social de circulação, a natureza do conhecimento, a fonte e a autoria da informação, a estrutura e o formato da notícia, além de fatores socioculturais, enquanto as estratégias envolvem comparação de mídia, verificação das informações nas fontes citadas, contraste com a realidade, revisão do contexto da notícia, questionamento a pessoas adequadas e contraste dos argumentos com o conhecimento formal (Estigarribia et al., 2022). Alguns estudos apontam para a importância da combinação de diferentes estratégias de verificação para a análise do conteúdo de notícias, como a consideração da experiência do autor, a relação da informação com uma fonte primária e a precisão de dados e imagens (Reed et al., 2019). Nesta direção, Rholl et al. (2023) propuseram como uma das atividades de um curso de extensão a análise de notícias sobre os temas tratados semanalmente durante um semestre. Os próprios estudantes selecionaram as notícias e contrastaram-nas com as informações contidas no artigo científico ou relatório técnico que as originaram, enfocando atenção em eventuais equívocos ou omissões.



Esse hábito, no entanto, de contrastar afirmações científicas disponíveis nas mídias sociais a partir do que é definido como “leitura lateral”, quando o leitor busca dados em outras fontes que possam confirmar ou refutar tais afirmações (Osborne & Pimentel, 2023), é pouco acionado quando não é explicitamente requerido. Tseng (2018), por exemplo, ao realizar rodas de conversa com estudantes que analisaram afirmações de um blogueiro sobre efeitos colaterais e baixa eficiência da vacina contra sarampo, percebeu que os jovens basearam erroneamente seus julgamentos em aspectos como autoridade do autor, domínio do site e estrutura da matéria. O público investigado só encontrou problemas nos argumentos quando foi orientado à identificação de equívocos, momento a partir do qual praticaram uma leitura vigilante. No entanto, a educação tem dado pouca atenção à identificação de falhas no raciocínio científico, embora a avaliação de fatos seja uma prática científica crucial (Tseng, 2018).

### Como propor o enfrentamento à desinformação

As vias de ação a partir da educação são diversas e fecundas, mas é importante que as atividades sejam centradas no estudante, fundamentalmente ativas e autênticas, podendo ser baseadas em investigação (Allchin, 2020). A educação científica pode se beneficiar desse tipo de abordagem em diferentes níveis de ensino. Como exemplo, destacamos a realização de atividades centradas nos estudantes em turmas de 1º e 2º ciclos da etapa obrigatória de educação em Portugal, que contribuiu substancialmente para o desenvolvimento de competências de pensamento crítico e criativo (PCC), evidenciadas na evolução do poder de argumentação dos estudantes (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2021). As interações grupais promovidas pelos pesquisadores possibilitaram o desenvolvimento da capacidade argumentativa, tanto na forma oral quanto na forma escrita, e as discussões avançaram de maneira que os estudantes deixaram uma tendência ao reforço de suas posições, opiniões e decisões pessoais baseadas na imposição de suas perspectivas para assumirem a estratégia de considerar, comparar e ponderar razões a favor e contra suas decisões e posicionamentos (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2021).

Já em nível de graduação, a exploração de tarefas centradas nos estudantes em curso de bioquímica contribuiu para o desenvolvimento de AC sobre tema relevante e inovador, para a adequada avaliação de informações a partir de conhecimentos sobre processos científicos e para a tomada de decisões informada pelos estudantes (Zewail-Foote, 2020). Nesse caso, os graduandos produziram relatos de conceitos fundamentais à disciplina a partir dos quais responderam a questionamentos relativos aos respectivos conceitos. Posteriormente, pesquisaram e apresentaram artigos científicos que fundamentaram as respostas dadas às perguntas trabalhadas na etapa anterior da atividade. A metodologia foi pensada para que os estudantes assumissem o controle do aprendizado enquanto o professor mediasse discussões, orientasse o estudo e disponibilizasse recursos (Zewail-Foote, 2020).

No estudo de temas relativos à microbiologia, estudantes que participaram de uma intervenção também baseada em metodologias ativas atribuíram maior valor aos conteúdos estudados, passaram mais tempo pensando ativamente sobre os assuntos e indicaram uma maior probabilidade de fazer cursos adicionais na área de estudo, em comparação a

estudantes de um grupo controle (Rholl et al., 2023). Rholl et al. (2023) instruíram uma turma sobre como selecionar notícias confiáveis e relativas aos temas previstos para o curso e, além disso, os estudantes foram incitados a produzirem artigos de comunicação científica sobre os mesmos temas, apresentá-los a amigos ou familiares e, em seguida, corrigir eventuais omissões ou imprecisões em seus textos.

Em outra ocasião, uma sequência de ações educativas que mesclou instrução, reflexão e realização de atividades práticas, contribuiu para a compreensão sobre a segurança das vacinas no combate a doenças, aumento da confiança nos processos científicos utilizados no desenvolvimento de vacinas e para a disponibilidade dos participantes à vacinação (Smyth et al., 2023). Os pesquisadores implementaram sequência didática composta por módulos durante os quais os estudantes receberam instruções sobre subtemas complementares e foram instigados à realização de tarefas diversas, como a produção de pôsteres de divulgação a diferentes públicos, a realização de atividades laboratoriais e a participação em fóruns de discussão (Smyth et al., 2023).

Com base nesses exemplos, dentre alguns outros analisados por nós, evidenciamos o valor das metodologias ativas, ou seja, da importância de proporcionar trilhas de aprendizagem que sejam tateadas de maneira mais ou menos autônoma pelos próprios estudantes, especialmente quando esses personagens colaboram entre si. Esperamos que esta descrição não esconda, ou amenize, a relevância do educador para que esse processo se efetive, pois, para a centralidade do ensino recair sobre o estudante é necessário o protagonismo do professor que, antes de entrar em sala de aula, estudou, refletiu, criticou e criou possibilidades. Reconhecemos estar fomentando uma abordagem fundamentalmente difícil, mas necessária. Para que se efetive, é urgente uma experiência de transformação do Ensino de Ciências em nível de graduação, que passe a enfatizar abordagens ativas e dinâmicas, além de valorizar a natureza colaborativa da ciência (Benjamin & McLean, 2022). Segundo Benjamin e McLean (2022), reduzir o método científico a suas partes mais básicas, deixando de lado os aspectos fortuitos, colaborativos e criativos do pensamento científico, pode diminuir o apelo da ciência junto aos estudantes.

Com efeito, a colaboração, suficientemente profunda e diversa, representa uma força capaz de desmobilizar a desinformação. Para Barzilai e Chinn (2020, p. 117) é preciso “desenvolver formas produtivas para envolver professores, formadores de professores e decisores políticos em esforços interdisciplinares e disciplinares para promover uma melhor reflexão sobre questões científicas e sociocientíficas num mundo de pós-verdade” (tradução nossa). A cooperação também é citada por Woodley et al. (2022), num esforço de restabelecimento da confiança no empreendimento científico a partir de uma comunicação do conhecimento que supere o modelo de déficit científico/cognitivo, também criticado por outros autores (Brennan, 2021; Gu & Feng, 2022).

Portanto, precisamos de inovação e criatividade à hora de se comunicar com o público (e não comunicar para o público), o que pode ser vislumbrado, por exemplo, através de manifestações artísticas que envolvam temas científicos (Woodley et al., 2022). Segundo nossa avaliação, tais considerações, que partem do âmbito da comunicação científica, podem e devem ser transpostas para o âmbito educacional, inclusive em nível básico, já que o ensino

não representa um processo unilateral no sentido educador-educando. Ao contrário, deve ser marcado pela contínua negociação dialógica de saberes entre os diferentes atores implicados pelos processos educativos, assim como demanda, cada vez mais fortemente, o estímulo ao engajamento dos estudantes pelos seus professores.

## **Considerações finais**

Alternamos nossa atenção aos trabalhos analisados entre a identificação de direcionamentos convergentes e a reflexão sobre discordâncias acerca das proposições de experiências de enfrentamento à desinformação. Um dos esclarecimentos proporcionados pelos textos analisados se refere à relevância de considerarmos os aspectos sociológicos e psicológicos que incidem sobre nossa interação com a informação em ambiente virtual. A tomada de consciência sobre a existência e o funcionamento de processos como viés de confirmação, raciocínio motivado, filtros de bolha e câmaras de eco devem fazer parte de qualquer iniciativa que tenha como alvo a regulação da interação humana com a informação, principalmente em ambiente virtual.

A consciência sobre esses processos é essencial aos educadores que pretendam abordar essa problemática, mas também é muito necessária à população geral e, por conseguinte, ao público estudantil atendido por esses professores, pois esse conhecimento pode colaborar para a superação da ingenuidade com a qual costumamos assimilar as informações que acessamos. Desse modo, eles devem ser incorporados implicitamente às ações educacionais, mas também podem ser abordados explicitamente, com a intenção de que a tomada de consciência sobre tais mecanismos ocorra de forma objetiva.

Para que aspectos sociológicos e psicológicos sejam contemplados por uma educação científica que contribua para o envolvimento sadio da população com a diversidade de informações, com variáveis níveis de veracidade e com a pronunciada importância assumida pelo ambiente virtual, experimentamos atualmente um processo de renovação da AC. Carecemos, mais do que nunca, ponderar a predominância do eixo conceitual da AC sobre o eixo epistêmico, ou seja, sobre as oportunidades que têm sido criadas para que os estudantes compreendam a natureza das ciências, bem como os fatores éticos e políticos que implicam sobre sua prática. Tratando, então, da natureza da ciência, consideraremos as características do ecossistema atual onde essa ciência se desenvolve, apontando uma lupa para a zona de contato entre cientistas e comunidade geral, que, afinal, não estão separadas geograficamente, mas compõem um gradiente.

Já que essa comunicação científica é cada vez mais virtual e bidirecional, elementos das alfabetizações informacional e midiática se interseccionam com a própria AC. Essas sobreposições podem enriquecer a educação científica e proporcionar aos estudantes condições de identificação e aversão às informações falsas que têm alto poder de camuflagem. As estratégias conducentes a essa capacidade não devem, no entanto, incentivar a independência intelectual, mas, ao contrário, se apoiar no pressuposto de dependência epistêmica e, portanto, promover o hábito de análise não só de informações isoladas, mas dos seus autores e dos contextos de suas produções e divulgações.

Para tanto, identificamos e elencamos experiências que buscaram operacionalizar estas recomendações e apoiar o trabalho de professores e professoras. Notamos que, apesar de tratarmos sobre a evolução informacional experimentada pela sociedade com as mutações que ocorreram, sobretudo, na maneira como nos informamos sobre temas diversos e nos envolvemos com eles, as tradicionais práticas de leitura e escrita conservam seus potenciais de desenvolvimento de competências pelos estudantes. Neste caso, as principais competências mobilizadas foram senso crítico e vigilância epistêmica, identificadas como as mais potentes neste campo. Ainda que possuam limitações quando operadas isoladamente, tanto criticidade quanto vigilância epistêmica ainda são nossas maiores fortalezas quando bem calibradas e combinadas.

Além do estímulo à leitura vigilante e à escrita analítica para fins de desenvolvimento da criticidade, mas que também podem colaborar para o empoderamento argumentativo que beneficia os diálogos estabelecidos em processos de tomada de decisão, registramos experiências educativas que enfocaram a verificação de fatos. Os métodos consistem, basicamente, na análise de textos midiáticos que divulgam conhecimento científico ou técnico em contraste ao que propõem suas fontes primárias, como artigos científicos ou relatórios. A partir dessa atividade de leitura e verificação de fatos, os estudantes são, então, estimulados à escrita para diferentes públicos e compartilhamento de seus achados. Desse modo, desenvolvem mais do que a capacidade de reconhecimento de informações verdadeiras, mas também a habilidade de comunicação científica.

É verdade que a maioria das recomendações que apresentamos estão baseadas em experiências desenvolvidas em nível superior, mas confiamos que tais direcionamentos podem ser aplicáveis à educação básica. Reconhecemos, nesse caso, uma limitação do nosso estudo, que pode ser contornada por uma transposição dos nossos achados a outros níveis de ensino dada a praticidade e dinamicidade das ações sugeridas. Como um esforço de corrigir esse déficit de relatos de experiências na educação obrigatória, encorajamos os professores que fundamentarem alguma experiência a partir dos nossos resultados a também divulgarem suas considerações. Assim, poderemos enfraquecer colaborativamente os efeitos da desinformação na sociedade contemporânea e futura.

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa para participação no Programa Institucional de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) através do Edital N° 44/2022. Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela seleção interna regida através do Edital N° 01/2023. À Universidad de Mondragón pela formação a respeito de Revisão Sistemática de Literatura proporcionada pela Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.

## **Referências**

Allchin, D. (2020). The Credibility Game. *The American Biology Teacher*, 82(8), 535–541.  
<https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.8.535>

- Allchin, D. (2023). Ten competencies for the science misinformation crisis. *Science Education*, 107(2), 261–274. <https://doi.org/10.1002/sce.21746>
- Allchin, D., & Zemplén, G. Á. (2020). Finding the place of argumentation in science education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104(5), 907–933. <https://doi.org/10.1002/sce.21589>
- Barzilai, S., & Chinn, C. A. (2020). A review of educational responses to the “post-truth” condition: Four lenses on “post-truth” problems. *Educational Psychologist*, 55(3), 107–119. <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1786388>
- Benjamin, K. A., & McLean, S. (2022). Change the medium, change the message: Creativity is key to battle misinformation. *Advances in Physiology Education*, 46(2), 259–267. <https://doi.org/10.1152/advan.00021.2021>
- Billingsley, B., & Heyes, J. M. (2023). Preparing students to engage with science-and technology-related misinformation: The role of epistemic insight. *The Curriculum Journal*, 34(2), 335–351. <https://doi.org/10.1002/curj.190>
- Brennan, E. B. (2021). Why Should Scientists be on YouTube? It’s all About Bamboo, Oil and Ice Cream. *Frontiers in Communication*, 6(5), 86–97. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.586297>
- Brown, J. J. (2023). Social Media Reflection Assignment: A Simple Classroom Intervention To Help Students Examine Scientific Claims in Social Media. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1), 15–22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00155-22>
- Butler, L. P. (2020). The Empirical Child? A Framework for Investigating the Development of Scientific Habits of Mind. *Child Development Perspectives*, 14(1), 34–40. <https://doi.org/10.26694/rles.v27i54.2702>
- Campos, A. F. M. de, Caetano, L. M. D., & Laus-Gomes, V. (2023). Revisão sistemática de literatura em educação: características, estrutura e possibilidades às pesquisas qualitativas. *Linguagens, Educação e Sociedade*, 27(54), 139–169. <https://doi.org/10.26694/rles.v27i54.2702>
- Ceballos, D. M., Herrick, R. F., Carreón, T., Nguyen, V. T., Chu, M. T., Sadowski, J. P., Blumenthal, H., & Morata, T. C. (2021). Expanding Reach of Occupational Health Knowledge: Contributing Subject-Matter Expertise to Wikipedia as a Class Assignment. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 58, 69–87. <https://doi.org/10.1177/00469580211035735>
- Cormick, C. (2022). We Need to Do Better: Five Notable Failings in Science Communication. *Sustainability*, 14(14), 83–93. <https://doi.org/10.3390/su14148393>
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing Students’ Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality–Based Argumentation Activities in Science Classes. *Science & Education*, 32(4), 1165–1195. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Diamond, J., Jee, B., Matuk, C., McQuillan, J., Spiegel, A. N., & Uttal, D. (2015). Museum monsters and victorious viruses: improving public understanding of emerging biomedical research. *Curator: The museum journal*, 58(3), 299–311. <https://doi.org/10.1111/cura.12115>
- Dixon, G. N., McKeever, B. W., Holton, A. E., Clarke, C., & Eosco, G. (2015). The power of a picture: Overcoming scientific misinformation by communicating weight-of-evidence information with visual exemplars. *Journal of Communication*, 65(4), 639–659. <https://doi.org/10.1111/jcom.12159>
- Estigarribia, L., Torrico Chalabe, J. K., Cisnero, K., Wajner, M., & García-Romano, L. (2022). Co-design of a Teaching–Learning Sequence to Address COVID-19 as a Socio-scientific Issue in an Infodemic Context. *Science & Education*, 31(6), 1585–1627. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00362-y>
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da informação*, 6(1), 57–73. <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>
- Gibson, H., Short, M. E., & O’Donnell, C. (2023). Data, discourse, and development: Building a sustainable world through education and science communication. *Frontiers in Communication*, 8(1), 981–988. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2023.981988>



- Giroto Junior, G., Almeida Vasconcelos, C., & Fasolo Pivaro, G. (2022). Hiperparticularização de conceitos, negativismo científico e a natureza da ciência: Uma análise das respostas aos textos de disseminação científica. *Prometeica - Revista de Filosofia y Ciencias*, 24(1) 113–130. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2022.24.13355>
- Gramigna, D. R., & Marling, R. (2018). Scenario as a tool for critical thinking: Climate change awareness and denial as a case study. *ESSACHESS. Journal for Communication Studies*, 11(2), 1-22. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=740441>
- Gu, C., & Feng, Y. (2022). Influence of Public Engagement with Science on Scientific Information Literacy During the COVID-19 Pandemic: Empirical Evidence from College Students in China. *Science & Education*, 31(3), 619–633. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00261-8>
- Halat, D. H., Akel, M., Hajj, F., HajjHussein, H., Kansoun, R., Sharif-Askari, E., Siblan, L. & Faraj, A. (2021). Insights into the positive role of a Higher Education Institution in the Prevention of Misinformation during Pandemics: the Health Committee Model during Covid-19. *Coronaviruses*, 2(1), 11-17. [10.2174/2666796701999200915145332](https://doi.org/10.2174/2666796701999200915145332)
- Hornsey, M. J., & Lewandowsky, S. (2022). A toolkit for understanding and addressing climate scepticism. *Nature Human Behaviour*, 6(11), 1454–1464. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01463-y>
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Howell, E. L., & Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), 1-20. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912436117>
- Jylhä, K. M., Stanley, S. K., Ojala, M., & Clarke, E. J. R. (2023). Science Denial: A Narrative Review and Recommendations for Future Research and Practice. *European Psychologist*, 28(3), 151–161. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000487>
- Keselman, A., Arnott Smith, C., Leroy, G., & Kaufman, D. R. (2021). Factors Influencing Willingness to Share Health Misinformation Videos on the Internet: Web-Based Survey. *Journal of Medical Internet Research*, 23(12), 10-32. <https://doi.org/10.2196/30323>
- Klitgård, I. (2020). "Critical Parents Against Plaster": The MMR vaccination drama as satirical parody. *MedieKultur: Journal of Media and Communication Research*, 36(68), 004–024. <https://doi.org/10.7146/mediekultur.v36i68.118571>
- Ledur, J. R., & Santos, R. P. dos. (2021). Nova evidência do efeito das literacias na redução da desinformação e das fake news. *Acta Scientiae*, 23(6), 300-333. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.xxxx>
- Lombard, F., Schneider, D. K., Merminod, M., & Weiss, L. (2020). Balancing Emotion and Reason to Develop Critical Thinking About Popularized Neurosciences. *Science & Education*, 29(5), 1139–1176. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00154-2>
- Lup, O., & Mitrea, E. C. (2021). Covid-19 conspiracy beliefs among romanian university students. *Annals of the University of Bucharest: Political Science Series*, 23(1), 10-30. <https://doi.org/10.54885/NWGI2184>
- Nagumo, E., Teles, L. F., & Silva, L. D. A. (2022). Educação e desinformação: Letramento midiático, ciência e diálogo. *ETD - Educação Temática Digital*, 24(1), 220–237. [10.20396/etd.v24i1.8665292](https://doi.org/10.20396/etd.v24i1.8665292)
- Okoli, C. (2019). Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. *EAD em Foco*, 9(1), 25-55. <https://doi.org/10.18264/eadf.v9i1.748>
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, 107(3), 553–571. <https://doi.org/10.1002/sce.21790>
- Osterhage, J. L., & Rogers-Carpenter, K. (2022). Combatting Misinformation through Science Communication Training. *The American Biology Teacher*, 84(7), 390–395. <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.7.390>



- Ratnayake, A. W., & Ashok, A. (2023). Investigating Anti-Vaccination Stances on Social Media: An Assignment To Promote Science Literacy. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(2), 17-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00171-22>
- Reed, K., Hiles, S. S., & Tipton, P. (2019). Sense and nonsense: Teaching journalism and science students to be advocates for science and information literacy. *Journalism & Mass Communication Educator*, 74(2), 212-226. <https://doi.org/10.1177/1077695819834>
- Rholl, D. A., Cheeptham, N., Lal, A., Kleinschmit, A. J., Parks, S. T., & Mestrovic, T. (2023). Making It Matter: Increasing Student-Perceived Value of Microbiology through Reflective and Critical News Story Analysis. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1), 16-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00163-22>
- Rofieq, A., & Fauzi, A. (2022). Students' Knowledge and Attitudes toward Science: Its Correlation on Students' Disbelief in Non-Scientific Misinformation. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 195-207. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.35768>
- Rosenthal, S. (2020). Media Literacy, Scientific Literacy, and Science Videos on the Internet. *Frontiers in Communication*, 5(1), 581-585. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.581585>
- Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science Education*, 104(5), 873-894. <https://doi.org/10.1002/sce.21581>
- Siani, A., & Hipkiss, C. V. (2022). Our students learn science in school, but are we teaching them how to identify scientific misinformation? *The Biochemist*, 44(6), 6-11. [https://doi.org/10.1042/bio\\_2022\\_135](https://doi.org/10.1042/bio_2022_135)
- Smyth, D. S., Jordan, T., Seiser, R., Moran, M., Hasager, U., Sorby, S., Kahl, N., Shachter, A., & Oates, K. (2023). Promoting RAPID Vaccine Science Education at the Onset of the COVID-19 Pandemic. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(2), 11-23. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00051-23>
- Stokes-Parish, J. (2022). Navigating the Credibility of Web-Based Information During the COVID-19 Pandemic: Using Mnemonics to Empower the Public to Spot Red Flags in Health Information on the Internet. *Journal of Medical Internet Research*, 24(6), 38-69. [doi:10.2196/38269](https://doi.org/10.2196/38269)
- Swords, C. M., Porter, J. S., Hawkins, A. J., Li, E., Rowland-Goldsmith, M., Koci, M. D., Tansey, J. T., & Woitowich, N. C. (2023). Science Communication Training Imparts Confidence and Influences Public Engagement Activity. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(2), 37-53. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00037-23>
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2021). Promover o pensamento crítico e criativo no ensino das ciências: propostas didáticas e seus contributos em alunos portugueses. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 70-82. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p70>
- Tseng, A. S. (2018). Students and evaluation of web-based misinformation about vaccination: Critical reading or passive acceptance of claims? *International Journal of Science Education, Part B*, 8(3), 250-265. <https://doi.org/10.1080/21548455.2018.1479800>
- Tseng, A. S., Bonilla, S., & MacPherson, A. (2021). Fighting “bad science” in the information age: The effects of an intervention to stimulate evaluation and critique of false scientific claims. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(8), 1152-1178. <https://doi.org/10.1002/tea.21696>
- Van Der Linden, S. (2022). Misinformation: Susceptibility, spread, and interventions to immunize the public. *Nature Medicine*, 28(3), 460-467. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01713-6>
- Woodley, E., Barr, S., Stott, P., Thomet, P., Flint, S., Lovell, F., O'Malley, E., Plews, D., Rapley, C., Robbins, C., Pearce, R., & Sandover, R. (2022). Climate Stories: enabling and sustaining arts interventions in climate science communication. *Geoscience Communication*, 5(4), 339-354. <https://doi.org/10.5194/gc-5-339-2022>
- Yeo, S. K., & McKasy, M. (2021). Emotion and humor as misinformation antidotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), 24-41. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002484118>
- Yoon, S. A., Chinn, C., Noushad, N., Richman, T., Hussain-Abidi, H., Hunkar, K., Cottone, A., Katz, J., Mitkus, E., & Wendel, D. (2023). Seven design principles for teaching complex socioscientific issues: The design of a complex systems agent-based disease epidemic model and the application of epistemic

practices in high school biology. *Frontiers in Education*, 8(1), 121-153.  
<https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1210153>

Zewail-Foote, M. (2020). Using student-centered approaches to teach the biochemistry of SARS-CoV-2. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(6), 655-656. <https://doi.org/10.1002/bmb.21462>