



ARTIGO-PARECER: O PAPEL DO PROBLEMA NAS QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E NA DINÂMICA DISCURSIVA DA SALA DE AULA

Ana Carlina Gomes Miranda

<https://orcid.org/0000-0002-6675-6033>

RESUMO:

Apresento a avaliação do artigo “O papel do problema nas questões sociocientíficas e na dinâmica discursiva da sala de aula”, com foco na abordagem das Questões Sociocientíficas (QSC) no ensino de Ciências e seu papel no desenvolvimento do letramento científico crítico. As QSC, por sua natureza controversa, envolvem dimensões sociais, econômicas, éticas, políticas e ambientais, podendo fomentar debates que incentivam o pensamento crítico e ações sociopolíticas. Embora o artigo original contribua de forma relevante para a compreensão dessas questões, especialmente ao relacioná-las com a perspectiva sociocultural de Vygotsky, identificou-se a necessidade de um maior aprofundamento no que tange ao desenvolvimento do letramento científico crítico e à explicitação das controvérsias inerentes às QSC. Com base nisso, amplio a discussão teórico-metodológica sobre esses aspectos e proponho uma reflexão, visando contribuições para uma educação científica mais politizada, contextualizada e transformadora.

Palavras-chave:
QSC; Natureza controversa; Ensino de Ciências.

INFORME DE ARBITRAJE: EL PAPEL DEL PROBLEMA EN LAS CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS Y EN LA DINÁMICA DISCURSIVA DEL AULA

RESUMEN:

Presento la evaluación del artículo "El papel del problema en las cuestiones sociocientíficas y en la dinámica discursiva del aula", con un enfoque en la aproximación de las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) en la enseñanza de Ciencias y su papel en el desarrollo de la alfabetización científica crítica. Las CSC, por su naturaleza controvertida, involucran dimensiones sociales, económicas, éticas, políticas y ambientales, y pueden fomentar debates que incentiven el pensamiento crítico y las acciones sociopolíticas. Aunque el artículo original contribuye de manera relevante a la comprensión de estas cuestiones, especialmente al relacionarlas con la perspectiva sociocultural de Vygotsky, se identificó la necesidad de una mayor profundización en cuanto al desarrollo de la alfabetización científica crítica y a la explicitación de las controversias inherentes a las CSC. Con base en esto, esta evaluación amplía la discusión sobre los aspectos controvertidos de las CSC y profundiza en las bases teórico-metodológicas para fortalecer la alfabetización científica crítica. Así, se propone una reflexión que contribuya a una educación científica más contextualizada y transformadora.

Palabras-clave:
ISC; Naturaleza Controvertida; Enseñanza de las Ciencias.

ARTICLE-OPINION: THE ROLE OF THE PROBLEM IN SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES AND IN THE DISCURSIVE DYNAMICS OF THE CLASSROOM

ABSTRACT:

I present the evaluation of the article "The Role of the Problem in Socioscientific Issues and the Discursive Dynamics of the Classroom," focusing on the approach to Socioscientific Issues (SSI) in science teaching and their role in the development of critical scientific literacy. SSIs, by their controversial nature, involve social, economic, ethical, political, and environmental dimensions, potentially fostering debates that encourage critical thinking and sociopolitical actions. Although the original article makes a relevant contribution to understanding these issues, especially by relating them to Vygotsky's sociocultural perspective, the need for a deeper exploration regarding the development of critical scientific literacy and the explicitness of the inherent controversies in SSI was identified. Based on this, this evaluation expands the discussion on the controversial aspects of SSIs and delves into the theoretical and methodological foundations to strengthen critical scientific literacy. Thus, it proposes a reflection that contributes to a more politicized, critical, contextualized, and transformative scientific education.

Key words: SSI (Socio-Scientific Issues); Controversial nature; Science education.

INTRODUÇÃO

Gostaria de iniciar minhas reflexões exaltando a importância desses espaços epistemológicos, que são fundamentais para a construção do conhecimento, sempre alicerçados, é claro, no respeito mútuo. É nesse contexto que a construção do conhecimento científico se dá, por meio de problematizações, argumentações e questionamentos. Discordâncias, longe de serem meramente desafiadoras, são importantes para esse processo, permitindo um aprofundamento teórico-analítico que não apenas aprimora nossa compreensão, mas também impulsiona o avanço da Ciência, especialmente no campo da Educação em Ciências.

Levando isso em consideração, dediquei-me a analisar este artigo com o máximo de atenção, não porque o considerei de baixa qualidade, mas exatamente pelo oposto. Trabalhos de excelência merecem ainda mais nossa atenção, pois possuem potencial significativo de impacto, profundidade e precisão. Desta forma, com base na literatura consolidada da área, analiso o campo de estudo das QSC e levanto problematizações relativas à investigação dessas questões, destacando sua natureza inerentemente controversa e suas implicações no desenvolvimento do letramento científico crítico.

Tenho que admitir, fiquei bastante entusiasmada com essa avaliação, pois este espaço aberto de debate incitou uma discussão que há algum tempo me incomodava como pesquisadora. Seja em congressos renomados da área ou até mesmo em artigos científicos, frequentemente ainda vemos um reducionismo teórico-metodológico sobre a natureza intrínseca das questões sociocientíficas nos processos de ensino e aprendizagem. No entanto, deixo claro que não foi o caso deste artigo. O que realmente faltou foram alguns elementos iniciais, talvez por falta de espaço ou escolha dos autores, para permitir uma análise mais profunda sobre o tema.

Assim, temos aqui uma oportunidade para aprofundar as discussões e entender as complexidades das questões sociocientíficas, explorando todo o seu potencial educativo. Este debate é importante para a nossa área, pois nos convida a refletir criticamente sobre como estamos abordando essas questões no contexto escolar e como podemos estimular discussões que contribuam para a melhoria contínua do processo de ensino e aprendizagem. Minhas expectativas em relação a este processo de avaliação foram amplamente atendidas. Estou confiante de que, ao continuarmos essas discussões, podemos promover uma educação

científica mais crítica e relevante para os desafios que a educação nos impõe como pesquisadores.

Diante disso, ao longo do artigo, exploro inicialmente as *interfaces entre as QSC e o letramento científico crítico*, discutindo as bases teóricas que sustentam essa análise e como as QSC podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico. Essa discussão parte de pressupostos teóricos que, embora mencionados pelos autores, não foram suficientemente aprofundados, o que apresenta uma oportunidade para expandir o debate nesse campo. Em seguida, abordo a natureza controversa das QSC, destacando suas múltiplas dimensões – ambientais, sociais, políticas e éticas – e a importância de tornar explícitas as controvérsias envolvidas. Essa explicitação é importante para uma compreensão mais holística e crítica das questões, pois revela os conflitos de valores, as incertezas científicas e os dilemas éticos que as constituem. Assim, reforço a necessidade de que essas controvérsias sejam tratadas como parte indispensável para abordagem de QSC no contexto educacional.

INTERFACES ENTRE AS QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E O LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO

Para compreender a construção deste artigo-parecer e a análise das Questões Sociocientíficas no campo da educação e suas interfaces, é importante pontuar as bases teóricas que sustentaram a análise apresentada. Esta seção foi elaborada com base no processo de avaliação do artigo, durante o qual os autores apresentaram argumentos que mereceram destaque e foram o ponto de partida para a discussão. Em um dos momentos desse processo, os autores ressaltaram que:

"...à nossa contribuição para o programa de pesquisa QSC é enfatizar a necessidade de articular diferentes perspectivas da práxis humana para engendrar problemas que repercutam em uma dinâmica discursiva, na qual identificamos algumas características que denominamos problematização."

Diante disso, em um primeiro parecer, achei importante destacar as contribuições já consolidadas na área, que estão sempre evoluindo, especialmente no entendimento da natureza das QSC. A relevância dessas questões reside justamente na articulação de diferentes perspectivas para abordar problemas complexos. Ao longo dos anos, pesquisas em várias disciplinas têm mostrado como é importante conectar diferentes visões humanas para entender e resolver essas questões. Hodson (2013), Zeidler (2019), Dionor et al., (2020) destacam que integrar múltiplas perspectivas é fundamental para a compreensão e solução de problemas sociocientíficos. Além disso, a literatura enfatiza que essa abordagem já apresenta uma fusão profunda entre as ciências naturais e sociais. Questões éticas, econômicas, políticas e sociais se intersectam com questões científicas, formando um campo complexo de desafios que afetam a sociedade em vários níveis (Nunes-Neto; Conrado, 2021).

Estudos em QSC têm consistentemente destacado a necessidade de abordar essas questões de maneira que transcenda as perspectivas científicas tradicionais, trazendo uma problematização e reflexão crítica sobre a ciência, especialmente no que se refere aos impactos socioambientais de práticas envolvendo ciência e tecnologia. Esse movimento ganhou força nas décadas de 1960 e 1970, impulsionado pelos efeitos desastrosos da degradação ambiental (Auler & Bazzo, 2001; Santos & Mortimer, 2002). Como resultado, surgiram os estudos do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que mais tarde se expandiram para incluir o Ambiente, formando o movimento CTSA (Aikenhead, 2000; Cavalcanti, Costa, & Chrispino, 2014; Vilches, Gil-Pérez, & Praia, 2011).

Nos últimos anos, com o objetivo de preparar os estudantes para participar ativamente em debates e ações relacionadas às problemáticas sociocientíficas em contextos globais, regionais ou locais, as QSC tornaram-se um tema de destaque na literatura educacional. Elas

são, por definição, questões complexas e controversas, que exigem uma abordagem multidisciplinar, inter-relacionando conhecimentos científicos, filosóficos, históricos e éticos para sua compreensão e resolução (Conrado & Nunes-Neto, 2018). Ao situar a ciência dentro de um contexto mais amplo, que abrange dimensões sociais, culturais, econômicas e políticas, desmistifica-se a ideia de que o conhecimento científico é neutro ou isolado. Pelo contrário, ele está profundamente enraizado nas dinâmicas sociais e culturais que o moldam.

Com base nesse cenário inicial, considere dar uma atenção mais cuidadosa a alguns aspectos teóricos que, embora mencionados pelos autores do artigo original, ainda carecem de maior aprofundamento, especialmente ao considerarmos o papel das QSC no desenvolvimento do letramento científico crítico. Além disso, é igualmente importante problematizar como essas questões podem fomentar o desenvolvimento do pensamento crítico e a mobilização de conhecimentos para ações sociopolíticas, sobretudo em contextos em que ciência, tecnologia e sociedade se entrelaçam com as dimensões que engendram a sociedade.

Para compreender a importância e o papel transformador da abordagem pedagógica fundamentada em QSC, é importante primeiro estabelecer alguns aspectos teóricos referentes ao conceito de letramento científico crítico e sua íntima conexão com essa abordagem. De acordo com Hodson (2018), o uso do termo "crítico" não se refere apenas ao domínio de conceitos científicos, mas envolve uma postura mais reflexiva e politizada, que questiona como o conhecimento científico é produzido, validado e utilizado. Esse processo envolve o reconhecimento de que a ciência é uma construção social, influenciada por sistemas de poder, interesses econômicos e contextos culturais. Sob essa perspectiva, a educação científica deve ir além da simples transmissão de fatos e teorias, buscando capacitar os estudantes a compreenderem as implicações sociais e ambientais da ciência. Além disso, deve desenvolver neles a habilidade de analisar questões complexas, entender sua natureza, formular argumentos e posicionar-se, de modo que possam atuar como agentes de mudança, tanto em nível individual quanto coletivo (Hodson, 2011; Zeidler, 2019; Santos et al., 2021).

Essa abordagem torna-se ainda mais urgente no atual cenário global, marcado por desafios como o aumento de manifestações públicas de negação científica, tanto por parte de cidadãos quanto de líderes políticos, em temas que afetam diretamente a vida das pessoas, como o desmatamento, a degradação ambiental, pandemias e as mudanças climáticas. Recentemente, eventos climáticos extremos, como incêndios florestais, enchentes e secas, têm se intensificado, escancarando os impactos das mudanças climáticas, que continuam sendo minimizados e tratados com negligência em diversas esferas de poder. Ao mesmo tempo, a disseminação de *fake news* e de fontes de informação não confiáveis reforça a necessidade de um compromisso renovado com o letramento científico crítico (Hodson, 2018; Valladares, 2021).

Isso envolve, segundo Hodson (2011; 2003), desenvolver uma sensibilidade para as interações entre poder, classe, raça, gênero, linguagem e conhecimento, além de incentivar a capacidade de tomar decisões com base em uma escala de valores pessoais. Esse processo também exige um compromisso contínuo com a autocrítica e a revisão de crenças, atitudes e valores. A autonomia intelectual é outro aspecto fundamental, permitindo que os indivíduos formulem suas próprias intenções e ajam de acordo com seus valores, mantendo uma autoavaliação crítica constante. Nesse contexto, os estudantes são incentivados a questionar seus conhecimentos e crenças, promovendo uma postura mais reflexiva e aberta à mudança.

Nesse contexto, Hodson (2003; 2011; 2018) entende o letramento científico crítico como um processo gradual e contínuo, que se desdobra em processos de desenvolvimento cognitivo, ético e moral. O autor propõe um modelo de quatro estágios, referidos como níveis de sofisticação, que visam preparar os estudantes para uma ação sociopolítica em relação às Questões Sociocientíficas. Em cada um desses estágios, o desenvolvimento do letramento científico crítico é basilar, ressaltando sua importância na formação de uma cidadania mais bem informada e capaz de promover mudanças nas estruturas sociais e culturais. Esse processo,

segundo Hodson (2018), implica a habilidade de questionar os pressupostos que sustentam as formações sociais e culturais atuais, promovendo uma reflexão crítica sobre como essas estruturas influenciam a maneira como as pessoas pensam, agem e moldam suas identidades. Assim, essa abordagem também incentiva a reflexão sobre como essas mesmas estruturas limitam ou potencializam a capacidade de ação dos indivíduos dentro da sociedade, direcionando-os para a transformação das realidades sociais. Por isso também, argumenta-se que a abordagem das QSC e o letramento científico crítico estão profundamente interligados, formando um arcabouço teórico que os torna indissociáveis. Segundo Hodson (2003; 2011), esses estágios são:

O primeiro estágio, que envolve identificar os impactos sociais da ciência e da tecnologia e a influência cultural sobre elas, propõe que os estudantes compreendam que os avanços científicos e tecnológicos não ocorrem em um vácuo. Eles são moldados por contextos sociais, culturais e políticos, o que significa que as inovações científicas têm repercussões variadas dependendo do cenário em que estão inseridas (Hodson, 2003; 2018). Esse nível inicial de letramento crítico é fundamental para que os estudantes percebam que a ciência não é neutra, mas está profundamente enraizada nas dinâmicas culturais e sociais.

A partir dessa compreensão, a abordagem de QSC oferece uma oportunidade para aprofundar a compreensão da ciência, desafiando a visão tradicional de um conhecimento estático, como descrito por Kuhn (1989) em sua definição de "ciência normal". Pesquisadores como Allchin (2013), Wong e Hodson (2010), e Irzik e Nola (2014) questionam abordagens prescritivas, que reduzem o ensino a uma visão declarativa da ciência, mostrando que essa mudança de foco pode contribuir a desenvolver habilidades críticas e argumentativas nos estudantes. Ao reconhecer a ciência como um empreendimento humano, sujeito a revisões, questionamentos e transformações históricas, e compreendê-la como uma prática socialmente situada, é possível engajar os estudantes de maneira mais ativa e informada em discussões sociocientíficas. Isso permite atuar de maneira mais consciente em uma sociedade marcada por avanços científicos e dilemas éticos (Ratcliffe & Grace, 2003).

O segundo estágio, que envolve o reconhecimento de que o desenvolvimento científico e tecnológico está diretamente relacionado à distribuição de riqueza e poder, convida os estudantes a refletirem sobre as desigualdades inerentes a esses processos. Hodson (2018) e Conrado (2017) destacam que o letramento científico crítico não pode ser alcançado sem que se compreendam as estruturas de poder que moldam as decisões sobre quais avanços tecnológicos são priorizados e como eles são implementados. Esse reconhecimento vai além da simples análise dos impactos tecnológicos, inserindo a ciência no contexto das relações sociais e econômicas que a determinam.

O terceiro estágio, proposto por Hodson (2011), busca fomentar nos estudantes a capacidade de abordar controvérsias sociocientíficas de maneira crítica, incentivando a formação de suas próprias opiniões e a justificativa de seus posicionamentos. Esse processo envolve a análise e esclarecimento de valores, a identificação de dilemas éticos e a formulação de respostas fundamentadas, por meio da discussão e do debate. O foco está em preparar os estudantes para lidar com questões éticas e morais, ajudando-os a compreender que não há soluções únicas ou respostas simples para essas problemáticas. Através do diálogo, os alunos são desafiados a considerar diferentes perspectivas e a analisar criticamente os valores subjacentes que influenciam decisões tecnológicas e científicas.

O quarto estágio, tomar decisões, preparar-se e agir sobre problemas socioambientais, é defendido por Hodson (2004; 2011; 2018) como parte importante da compreensão da "ciência como prática social", onde os estudantes são incentivados a ir além da mera reflexão teórica e a se envolverem ativamente e intimamente na resolução de problemas reais relacionados às condições concretas de vida e os desafios enfrentados pela comunidade escolar (Sousa, 2021). Além disso, Bertilsson e Elam (2003) ressaltam a importância de que os estudantes se sintam

pessoalmente empoderados para promover mudanças. A ação sociopolítica torna-se, assim, um ponto nevrálgico do letramento científico crítico, pois não só questiona as estruturas de poder que influenciam as decisões científicas e tecnológicas, mas também estimula a tomada de ações coletivas informadas para enfrentar essas dinâmicas de maneira consciente.

O autor expressa uma forte preocupação em promover uma abordagem das Questões Sociocientíficas que vá além do aprendizado teórico, enfatizando a importância da ação prática. Ele argumenta que não basta os estudantes compreenderem que ciência e tecnologia são moldadas por forças sociais, políticas e econômicas; é fundamental que eles aprendam como participar ativamente desses processos e incentivem a participação de outros membros da comunidade, como familiares, amigos e vizinhos. Hodson (2018) destaca que o objetivo não é formar "críticos de sofá", mas indivíduos engajados que atuam de forma concreta na transformação de sua realidade. Em relação a isso, o autor sugere uma ampla gama de atividades que os estudantes podem realizar. Essas ações incluem desde a realização de declarações públicas, a criação de websites e boletins informativos, até a organização de petições, protestos e reuniões comunitárias.

Segundo Hodson (2018), esses estágios de desenvolvimento não ocorrem de forma linear, isolada e independente, mas sim como parte de um processo dinâmico e interconectado, adaptável às necessidades e ao desenvolvimento intelectual e emocional dos estudantes, bem como à complexidade das questões abordadas. Cada questão sociocientífica oferece diferentes oportunidades de envolvimento, permitindo que os alunos participem de maneira significativa, reflexiva e crítica, ajustando-se ao seu nível de maturidade, sensibilidade e à profundidade do tema. Nesse sentido, diversos estudiosos (Zeidler & Nichols, 2009; Hodson, 2011; Sadler & Zeidler, 2005; Halpern, 2016; Ratcliffe & Grace, 2003; Bencze & Alsop, 2014; Reis & Galvão, 2004; Conrado e Nunes, 2018) destacam a importância da abordagem das QSC no ensino de ciências para a construção de um currículo que fomente o letramento científico crítico, fundamental para o desenvolvimento do pensamento crítico e do engajamento sociopolítico. A abordagem das QSC proporciona a criação de espaços que estimulem essas habilidades, visando à exploração holística das complexidades do mundo natural, social e subjetivo (Halpern, 2016; Sadler & Zeidler, 2005).

Dentro dessa perspectiva, as pesquisas sobre a abordagem das QSC em sala de aula revelam um campo de investigação em contínua expansão, com amplas possibilidades teórico-metodológicas. Um exemplo disso é a proposta desenvolvida por Conrado (2017), que, fundamentado na Educação CTSA e apoiado em autores como Sá e Queiroz (2007), Jiménez-Fernandes e Frederico-Agraso (2006), Hodson (2011), Hunter (1985) e Zabala (2011), estruturou uma abordagem pedagógica centrado em três elementos principais: *casos ou histórias, questões norteadoras e objetivos CPA* (conceituais, procedimentais e atitudinais) de aprendizagem, com o propósito de oferecer uma estrutura teórico-metodológica que viabilize a implementação das QSC de forma crítica e estruturada, além de promover, entre outras habilidades, o letramento científico crítico. *Os casos ou histórias* proporcionam uma contextualização concreta das QSC, incentivando o engajamento com questões complexas e interdisciplinares. As questões norteadoras orientam a análise, permitindo que os estudantes explorem as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, ao mesmo tempo que incentivam reflexões éticas e morais sobre as consequências dessas interações. Os objetivos CPA de aprendizagem são cuidadosamente definidos para fomentar a argumentação científica e a mobilização de conhecimentos, preparando os estudantes para que possam tomar decisões informadas e agir de forma crítica diante das questões sociocientíficas.

Nessa mesma linha de pensamento, Sousa (2021), fundamentada em teóricos como Freire (1970), Dussel (2000), Santos (1996) e Delizoicov, Angotti, & Pernambuco (2011), defende uma perspectiva ético-crítica que destaca a não neutralidade da ciência e da tecnologia e suas implicações no campo educacional. A autora argumenta que a complementaridade entre as ideias desses pensadores permite uma abordagem crítica QSC, levando em consideração tanto

as dimensões espaciais e temporais quanto as questões éticas e sociais envolvidas. A articulação dessas teorias favorece uma visão sistêmica e libertadora da educação científica, conectando a ciência às realidades vivenciadas pelas comunidades escolares, bem como proporcionando diretrizes para o desenvolvimento de práticas didático-pedagógicas que possibilitem a problematização de realidades locais e globais.

Para materializar sua proposta, ela sugere a utilização dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) na construção de currículos, estabelecendo uma base para uma educação que dialogue simultaneamente com as realidades locais e globais. Fundamentada na ética da libertação de Enrique Dussel e na pedagogia libertadora de Paulo Freire, essa abordagem crítico-educacional visa criar uma educação que leve em consideração as contradições ético-sociais e o impacto da ciência e da tecnologia no contexto educacional. Ao articular os TMP, a autora busca criar conexões entre questões locais e problemas globais, permitindo que educadores, mesmo em contextos de recursos limitados, utilizem essa estratégia para desenvolver currículos alinhados aos princípios de justiça social e transformação crítica.

Além disso, a autora defende que Investigação Temática (Freire, 2014, Delizoicov, 1991), quando inserida na educação científica e tecnológica, orienta os educadores a identificarem os problemas controversos vivenciados pelas comunidades, o que pode contribuir para práticas pedagógicas que não apenas favoreçam a compreensão crítica dessas realidades, mas também estimulem ações sociopolíticas direcionadas à sua superação. Segundo a autora, esse enfoque ético-crítico estabelece direcionamentos teórico-metodológicos bem delineados para a emergência de questões sociocientíficas subjacentes no contexto escolar, incentivando uma perspectiva integradora que conecta as realidades locais e globais. Dessa forma, reforça-se o compromisso com uma educação transformadora, emancipadora e socialmente engajada.

Ao mesmo tempo, e em sintonia com as ideias de Bloome et al. (2008), essa abordagem não se limita ao contexto imediato das discussões em sala de aula, mas amplia a compreensão de como questões históricas e sociais maiores impactam, e são impactadas, pelas interações locais. Valorizando as experiências e perspectivas dos estudantes, essa visão reconhece que o aprendizado é um processo dinâmico e situado, no qual os alunos constroem suas compreensões culturais e científicas a partir de suas realidades. Ao focar nas interações locais e no contexto específico de cada comunidade, evidencia-se que o processo de aprendizagem é profundamente moldado pelo ambiente em que ocorre, reforçando o papel ativo de educadores e alunos na construção conjunta do conhecimento.

Diante disso, é perceptível que a abordagem das QSC viabiliza inúmeras possibilidades de interpretações, implementações e investigações, que variam de acordo com os alicerces teóricos e metodológicos adotados por professores e pesquisadores. Embora existam diversas outras vertentes que poderiam ser exploradas com maior profundidade, as limitações de espaço impedem um aprofundamento neste momento. Assim, esse contexto destaca a relevância de futuras pesquisas que aprofundem essas nuances e ampliem o debate teórico, visando ao desenvolvimento crítico e transformador das QSC no ambiente escolar.

No entanto, considero importante refletir sobre um aspecto importante ao desenvolver pesquisas ou propostas pedagógicas voltadas para QSC. Além das potencialidades amplamente discutidas, como o desenvolvimento do letramento científico crítico e suas interfaces teóricas, é vital que essa abordagem seja conduzida de forma crítica, sem simplificações que minimizem sua complexidade. Isso demanda uma reflexão mais aprofundada sobre a natureza intrinsecamente controversa das QSC.

Nesse sentido, avançamos para a próxima seção, que explora a *Natureza Controversa das Questões Sociocientíficas e suas Múltiplas Dimensões*, discutindo de que forma as controvérsias relacionadas à ciência e tecnologia refletem as complexas interações entre diferentes esferas da sociedade. Ao reconhecer essa complexidade, é possível oportunizar um ensino fundamentado em QSC que continue a estimular uma educação crítica, com potencial

para preparar estudantes a enfrentar os desafios do mundo contemporâneo de maneira mais reflexiva, ativa e responsável.

NATUREZA CONTROVERSA DAS QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E SUAS MULTÍPLAS DIMENSÕES

Durante o processo de revisão, percebi que os autores conseguiram articular e fundamentar muito bem a teoria sócio-histórico-cultural, discutindo o papel do problema como elemento de continuidade e articulação em atividades de uma sequência didática. No entanto, ao longo do processo, surgiram algumas dúvidas, especialmente sobre a compreensão conceitual da abordagem de questões sociocientíficas, o que nos levou a diálogos que, entre acordos e desacordos, acabaram por enriquecer ainda mais a análise.

Em relação a isso, na seção metodologia, os autores explicaram e descreveram o processo de desenvolvimento uma sequência didática (SD) intitulada "Você sabe o que tem na água do córrego Pirajussara?", planejada por uma professora de Química em colaboração com pesquisadores. A SD foi aplicada a 35 estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública em Embu das Artes, próxima à nascente do córrego. O tema sociocientífico aparentemente abordado na SD relacionava-se ao acesso à água e às políticas de saneamento básico, com foco na potabilidade da água do córrego Pirajussara. Segundo os autores, a problematização da SD foi construída para estudar as razões e explicações relacionadas à qualidade da água do córrego. Para isso, envolveu a coleta de amostras de água, a análise de seus parâmetros de qualidade e a discussão sobre os aspectos ambientais, econômicos, urbanos e políticos que influenciam esses parâmetros.

De fato, essa problemática poderia se configurar como uma questão sociocientífica, pois envolve múltiplas dimensões - ambientais, sociais e políticas - que exigem uma abordagem interdisciplinar e crítica. Entretanto, minha análise foi limitada pela falta de acesso direto à SD apresentada. A partir do relato fornecido, não parecia haver uma controvérsia clara, mas sim um problema consensual em relação à poluição do córrego. A ausência de uma controvérsia explícita limitou minha análise referentes as implicações teórico-metodológicas que seriam esperadas em um estudo sobre questões sociocientíficas.

O termo "sociocientífico" por si só já indica uma natureza controversa, pois está diretamente conectado a dilemas sociais que emergem das práticas científicas e tecnológicas (Sadler, 2004; Kahn e Zeidler, 2016; Conrado, 2017 e Santos et al.2021). Essas controvérsias não se limitam à comunidade científica; elas se expandem para diversas dimensões da sociedade, abrangendo aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais, morais e éticos. Essas discordâncias tornam o debate mais profundo e significativo, revelando a complexidade e a importância de entender e abordar essas questões. É essa riqueza de perspectivas que torna o estudo das questões sociocientíficas tão desafiador e ao mesmo tempo tão importante para uma educação científica politizada e emancipadora (Freire, 2014; Hodson, 2018).

Conrado (2017) e Hodson (2013) destacam que a importância das QSC reside no fato de serem inerentemente controversas. Ao discutir temas controversos, que muitas vezes dividem a sociedade e apresentam explicações e soluções não consensuais, os estudantes são expostos a diferentes crenças, compreensões e valores. Esse processo enriquece os debates e fortalece a capacidade dos alunos de argumentar de forma fundamentada. (Hodson, 2018; Hughes, 2000).

Diante dos argumentos apresentados aos autores na primeira rodada de avaliação, tivemos a oportunidade de aprofundar o debate, especialmente com as reflexões trazidas pela réplica dos autores:

Consideramos limitada a perspectiva baseada na primazia do empreendimento científico para a sociedade, seja em seus conhecimentos ou produtos, ou em aspectos controversos da história e da filosofia da ciência

como determinantes da seleção e didatização de temas, pois esta perspectiva privilegia o empreendimento científico em detrimento de outras práticas humanas que caracterizam as complexas relações entre ciência e sociedade. Estas relações devem ganhar um caráter problematizador na direção de promover o letramento científico que tome as relações e contradições entre ciência e sociedade em suas múltiplas dimensões (Autores, réplica).

Entendi perfeitamente que a problemática da potabilidade da água do córrego Pirajussara se apresentou como uma situação significativa para a comunidade investigada. No entanto, a descrição apresentada na seção “metodologia”, conforme já mencionado, não deixou claro que a abordagem engloba dimensões que ajudam a compreender a totalidade do problema. Isso me levou a levantar uma série de questionamentos aos autores: além da questão da poluição e do saneamento básico, como estão as políticas públicas atuais que regem essas práticas? Existem conflitos de interesse ou questões econômicas que impedem a resolução efetiva da poluição do córrego? Como a comunidade local percebe e é afetada por essas questões? Existe tensão entre a preservação ambiental e as necessidades de expansão urbana? Como o desenvolvimento urbano pode contribuir para a poluição de córregos e quais medidas podem ser tomadas para mitigar esses impactos? Quais são os conflitos entre os interesses corporativos e a saúde ambiental e comunitária? Existem desigualdades no acesso à água potável e como isso reflete disparidades socioeconômicas mais amplas? A falta de conscientização contribui para a degradação ambiental e quais estratégias podem ser empregadas para melhorar essa situação?

Esses questionamentos emergem diretamente da necessidade de problematizar as interações entre ciência e sociedade, conforme apontado na réplica dos autores. A exploração explícita dessas dimensões é fundamental para garantir que a abordagem metodológica realmente retrate a complexidade do problema, não se limitando a uma análise puramente científica, mas também considerando as inter-relações sociais, políticas e econômicas que moldam e influenciam o contexto em estudo.

Diante disso, destaquei que o argumento levantado pelos autores, de que "esta abordagem privilegia o empreendimento científico em detrimento de outras práticas humanas que caracterizam as complexas relações entre ciência e sociedade", não era consistente. A literatura consolidada sobre a abordagem de QSC mostra justamente o contrário: essa abordagem procura integrar a ciência às múltiplas dimensões da experiência humana e social (Martínez Pérez; Lozano, 2013), destacando a interdependência entre o desenvolvimento científico e suas complexas inter-relações com as dimensões já mencionadas.

Essa perspectiva reconhece que a ciência não pode ser vista isoladamente, mas sim como parte de um conjunto social mais amplo que inclui diversas práticas e conhecimentos. Ao integrar essas dimensões em pesquisas e práticas educacionais, a abordagem das QSC incita o diálogo entre ciência e sociedade, estimulando uma compreensão mais holística e contextual do conhecimento científico (Pedretti, 2003; Conrado, 2021). Portanto, longe de marginalizar outras práticas, a abordagem das QSC aprofunda a compreensão do conhecimento científico ao conectá-lo às diversas e urgentes dimensões que estão presentes na sociedade contemporânea.

Nessa mesma linha de raciocínio os autores ainda destacaram:

Consideramos haver controvérsia e contradição na poluição do córrego na medida em que se trata da origem e das repercussões que o problema (e não apenas questões) sociocientífico para a sociedade, e em particular para a comunidade escolar e seu entorno. Tanta as causas como as consequências do problema apresentam controvérsias e contradições na medida em que o problema não seja visto apenas pela perspectiva da ciência, da política, da economia, do urbanismo, da saúde etc., mas sim pelas complexas relações que se estabelecem entre essas perspectivas (Autores, réplica).

Concordei com os autores que tanto as causas quanto as consequências do problema são complexas, envolvendo controvérsias e contradições. O problema não deve ser analisado apenas pelas lentes da ciência, política, economia, urbanismo ou saúde, mas sim pelas inter-relações entre essas dimensões. No entanto, discordo que a problematização apresentada na SD seja suficiente. Embora a SD aborde aspectos importantes, como a qualidade da água e discussões sobre contextos ambientais e políticos, falta uma explicitação clara das controvérsias envolvidas. Para que o problema seja conceituado como uma questão sociocientífica, é fundamental explicitar as controvérsias que o definem, como os conflitos de valores, incertezas científicas e dilemas éticos (Zeidler, 2006; Sadler, 2009; Zeidler, 2019). A principal crítica que faço é a falta de clareza e detalhamento dessas controvérsias nas descrições metodológicas e nos argumentos apresentados pelos autores, o que dificulta a avaliação da real profundidade e impacto da questão sociocientífica proposta. Diante disso, é importante que as controvérsias sejam não apenas mencionadas, mas claramente delineadas e interconectada ao contexto de aprendizado. Isso significa mostrar como diferentes perspectivas—ambientais, econômicas, políticas e sociais—interagem e entram em conflito (Conrado, 2017).

Por fim, ao longo deste processo de avaliação, entre acordos, desacordos e a construção de novos entendimentos, tivemos a oportunidade de aprofundar e enriquecer a discussão. Os autores responderam à crítica sobre a falta de clareza nas controvérsias revisitando a análise do episódio e ampliando a discussão, o que foi muito frutífero. Eles ofereceram uma explicação mais detalhada sobre a natureza das controvérsias abordadas e inseriram o problema discutido na SD na seção de Metodologia, o que permitiu uma abordagem mais completa e fundamentada. Além disso, ampliaram a análise ao final dessa seção para esclarecer o sentido da controvérsia e incluíram uma descrição concisa de resultados publicados anteriormente, fortalecendo seus argumentos. Este processo contemplou muito bem todos os aspectos envolvidos na avaliação e gerou debates ricos, que certamente não se encerram aqui. Pelo contrário, levantam questões e discussões que continuarão a merecer a atenção e o olhar cuidadoso dos pesquisadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões apresentadas ao longo deste artigo-parecer destacam a importância das Questões Sociocientíficas no contexto escolar, pontuando seu papel na promoção de uma educação crítica e transformadora. No entanto, para que essa abordagem cumpra sua função, é necessário tratá-la com mais cuidado, compromisso e rigor, bem como evitar simplificações que possam minimizar sua complexidade e natureza controversa. Assim, é necessário um esforço mais incisivo para que essas controvérsias sejam tratadas não como obstáculos, mas como oportunidades pedagógicas capazes de fomentar debates e discussões que promovam o desenvolvimento do letramento científico crítico e o engajamento social, direcionados para ações sociopolíticas.

Além disso, como já discutido, é amplamente reconhecido que as QSC precisam estar profundamente inter-relacionadas com as realidades concretas dos estudantes, conforme apontam Hodson (2014), Zeidler (2019) e Conrado (2017). Ao conectar as experiências locais com problemáticas globais, essa abordagem possibilita uma perspectiva ético-crítica, como sugerido por Sousa (2021), apoiado em Freire (2014) e Santos (1996). Essa interconexão não só contribui para que os estudantes compreendam as relações entre os desafios globais e suas vivências, mas também para que identifiquem as causas subjacentes às injustiças e dificuldades enfrentadas em suas comunidades. Isso amplia sua capacidade de análise crítica, ao mesmo tempo em que direciona o aprendizado para a transformação social, podendo promover uma educação mais justa, inclusiva e comprometida com a mudança das realidades sociais.

Por fim, o percurso reflexivo construído ao longo deste trabalho não se encerra, mas abre caminho para novas pesquisas que aprofundem o impacto das QSC na educação, especialmente ao reconhecer que a aprendizagem é um processo enraizado nas interações sociais. Nessa perspectiva, o aprendizado emerge das transformações que ocorrem nas relações sociais, onde

o conhecimento é continuamente compartilhado, mobilizado e enriquecido por meio de diálogos e interações. No que se refere à operacionalização prática dessas abordagens nas escolas, há um vasto campo ainda a ser explorado, com ênfase, por exemplo, no fortalecimento do letramento científico crítico e no engajamento sociopolítico dos estudantes. Isso requer o desenvolvimento de pesquisas que avancem tanto no campo teórico-metodológico quanto na consolidação da compreensão da natureza inerentemente controversa das QSC. Nesse sentido, este trabalho convida educadores e pesquisadores a continuar investigando e trazendo novas contribuições que promovam uma educação cada vez mais crítica, socialmente engajada e alinhada com as demandas contemporâneas do ensino de ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aikenhead, G. S. (2000). Renegotiating the culture of school science. *International Journal of Science Education*, 22(3), 229-244. <https://doi.org/10.1080/095006900289104>

Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science: Perspectives & resources*. Itasca.

Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). *Ciência, Tecnologia e Sociedade: Ensino de Ciências por Temas Controversos*. São Paulo: Cortez.

Bacci, P., Pataca, E. M., Jacobi, P. R., Silva, L. R., & Filho, W. L. (2009). Análise da qualidade da água do córrego Pirajussara em São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 14(1), 5-16.

Bencze, J. L., Alsop, S., & Bowen, G. M. (2009). Student- teacher inquiry – based actions to address socio-scientific issues. *Journal of Activist science & technology Education*. 1(2) 78-112.

Bertilsson, M., & Elam, M. (2003). Consuming, engaging and confronting science: The emerging dimensions of scientific citizenship. *European Journal of Social Theory*, 6(2), 233-251. <https://doi.org/10.1177/1368431003006002005>

Bloome, D., Carter, S. P., Christian, B. M., Otto, S., & Shuart-Faris, N. (2008). *Discourse Analysis and the Study of Classroom Language and Literacy Events: A Microethnographic Perspective*. New York: Routledge.

Cavalcanti, C. J. H., Costa, M. A. F., & Chrispino, A. (2014). *Questões Socioambientais no Ensino de Ciências: Reflexões e Propostas*. Rio de Janeiro: Editora Universitária.

Conrado, D. C. (2017). *Questões sociocientíficas no ensino de ciências: Um estudo sobre a construção de uma abordagem didática interdisciplinar*. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Conrado, D. C., & Nunes-Neto, N. B. (2018). Questões sociocientíficas: Contextualizando o ensino de ciências e promovendo a alfabetização científica. *Revista Brasileira de Educação*, 23(4), 86-107. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782018230018>

Delizoicov, D., Angotti, J. A. P., & Pernambuco, M. M. (2011). *Ensino de ciências: Fundamentos e métodos* (4th ed.). São Paulo: Cortez.

Dussel, E. (2000). *Ética da libertação: Na idade da globalização e da exclusão*. Petrópolis: Editora Vozes.

Endicott, L., Bock, T., & Narvaez, D. (2002). Cultural Issues in Moral Development and Moral Education. *International Journal of Educational Research*, 37(5), 367-380.

Erickson, F. (2008). Talk and social theory: Ecologies of speaking and listening in everyday life. *Discourse & Society*, 19(6), 785-788. <https://doi.org/10.1177/0957926508095891>

Freire, P. (1970). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.

Halpern, D. F. (2016). *Critical Thinking across the Curriculum: Uma Breve Edição de Thought and Knowledge*. Routledge.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.

Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism*. Rotterdam: Sense Publishers.

Hodson, D. (2013). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079-2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.760893>

Hodson, D. (2018). Realizando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In DM Conrado & N. Nunes-Neto (Orgs.), *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas* (pp. 27–58). EDUFBA

Hughes, G. (2000). Marginalization of socioscientific material in science-technology-society science curricula: Some implications for gender inclusivity and curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 426-440.

Hunter, M. (1985). *Mastery teaching*. El Segundo, CA: TIP Publications.

Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Frederico-Agraso, M. A. (2006). Argumentation and the learning of science. In S. Alsop & L. Bencze (Eds.), *Analysing exemplary science teaching* (pp. 121-134). Maidenhead: Open University Press.

Kahn, S., & Zeidler, D. L. (2016). The Role of Perspective Taking in Reasoning about Socioscientific Issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 391-418.

Knight-Bardsley, A., & McNeill, K. L. (2016). Elementary Teachers' Use of Toulmin's Argumentation Model for Teaching Science through Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1288-1316.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

Martínez Pérez, C., & Lozano, M. A. (2013). El Diálogo en la Enseñanza de las Ciencias: Una Herramienta para la Educación Científica Crítica y reflexiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 257-274.

Nunes-Neto, N., & Conrado, D. M. (2018). *Educação para a Sustentabilidade: Perspectivas e Desafios*. Salvador: EDUFBA.

Pedretti, E. (2003). Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education. In D. Zeidler (Ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 219-239). Dordrecht: Springer.

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socioscientific issues*. McGraw-Hill Education.

Reis, P., & Galvão, C. (2004). Educação CTS: Implicações para a formação de professores. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(1), 81-96.

Roth, W. M., & Désautels, J. (2002). *Science education as/for sociopolitical action*. Peter Lang.

Sá, C. F. de, & Queiroz, S. L. (2007). Ensino por investigação: uma proposta para o ensino de ciências. *Ciência e Educação*, 13(1), 23-35.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>

Sadler, T. D. (2009). Situating Socioscientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. In S. L. Zeidler (Ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 187-205). Springer.

Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The Effects of Content Knowledge and Morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488.

Sadler, TD, & Zeidler, DL (2005). A significância do conhecimento de conteúdo para o raciocínio informal sobre questões sociocientíficas: aplicando o conhecimento genético a questões de engenharia genética. *Science Education*, 89(1), 71-93.

Santos, P. G. F. dos, Costa, N. C. C., & Brito, A. L. (2021). COVID-19 no âmbito das questões sociocientíficas: Modelando a problemática e traçando possibilidades educacionais. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 26(1), 127-144. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p127>

Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2002). *Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências*. Ijuí: Editora Unijuí.

Sousa, P. S. (2021). *Questões sociocientíficas: Sua inserção ético-crítica na educação* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina.

Shamos, M. H. (1995). The myth of scientific literacy. *American Journal of Physics*, 63(8), 787-788. <https://doi.org/10.1119/1.17965>

Wong, S. L., & Hodson, D. (2010). More from the horse's mouth: What scientists say about science as a social practice. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1431-1463. <https://doi.org/10.1080/09500690903104465>

Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30(3), 557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

Vilches, A., Gil-Pérez, D., & Praia, J. (2011). *Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Zabala, A. (2011). *A prática educativa: Como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.

Zeidler, D. L., & Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning in argumentation: Conscience, character, and care. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 7-38). Kluwer Academic Press.

Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research, and Practice. *Science Education*, 103(6), 1176-1200.

Zeidler, D. L., Herman, B. C., Clough, M. P., & Kahn, S. (2016). The role of moral reasoning and the nature of science in socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 388-421. <https://doi.org/10.1002/tea.21302>

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S., & Callahan, B. E. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 74-101. <https://doi.org/10.1002/tea.20281>

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367. <https://doi.org/10.1002/sce.10025>

Ana Carolina Gomes Miranda

Doutora em Educação em Ciências. Professora do Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto.

Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto-MG, Brasil

E-mail: ana.miranda@ufop.edu.br

Editor Responsável

Paulo Gabriel Franco dos Santos

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistaepec@gmail.com