



Experimentação Sociocientífica: elementos teóricos e práticos para o debate

- Socioscientific Experimentation: Theoretical and Practical Elements for the Debate
- Experimentación Sociocientífica: elementos teóricos y práticos para el debate

Forma de citar este artigo


Machado Rodrigues, A., Alves de Lima, S. e Franco dos Santos, P. G. (2026). Experimentação Sociocientífica: elementos teóricos e práticos para o debate, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (59), 67 - 87. <https://doi.org/10.17227/ted.num59-22965>

Resumo


O presente artigo analisa a pertinência, as potencialidades e as exigências da prática experimental no ensino de ciências sob a perspectiva das Questões Sociocientíficas (QSC). A partir de um estudo sobre um processo formativo de licenciandos em Ciências Naturais de uma universidade pública brasileira, a investigação buscou, em domínio teórico, estabelecer parâmetros para a adequação da experimentação no âmbito das QSC, analisando suas funções problematizadora, argumentativa e heurística. A partir destes marcos, a investigação analisou duas práticas experimentais, evidenciando limitações, adequações e possibilidades da atividade experimental inserida em um momento didático-pedagógico baseado nos pressupostos das QSC. O estudo, portanto, busca: a) promover e difundir a produção de conhecimentos no âmbito da formação inicial de professores de ciências, valorizando o elemento da intelectualidade e da criação como pressupostos formativos; b) ampliar as possibilidades de atividades experimentais habitualmente concebidas na educação científica; c) contribuir com o desenvolvimento do ensino de ciências sob a perspectiva das QSC.

Palavras-chave

experimentação; questões sociocientíficas; ensino de ciências

Alexandre Machado Rodrigues* 

Sarah Alves de Lima** 

Paulo Gabriel Franco dos Santos*** 

* Graduando na Licenciatura em Ciências Naturais, Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. ale.machado1410@gmail.com

** Graduanda na Licenciatura em Ciências Naturais, Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. sarahalves778899@gmail.com.br

*** Doutor, professor adjunto da Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. paulosantos@unb.br

Artigo de pesquisa

Data de recebimento: 10/03/2025
Data de aprovação: 11/10/2025
Data de publicação: 01/01/2026



Abstract

This article analyzes the relevance, potentialities and requirements of experimental practice in science teaching from the perspective of Socioscientific Issues (SSI). Based on a study of a formative process for undergraduate students in Natural Sciences at a Brazilian public university, the research sought, in the theoretical domain, to establish parameters for the adequacy of experimentation within the scope of SSI, analyzing its problematizing, argumentative and heuristic functions. Based on these frameworks, the research analyzed two experimental practices, highlighting limitations, adequacies and possibilities of experimental activity inserted in a didactic-pedagogical moment based on the assumptions of SSI. The study, therefore, seeks to: a) promote and disseminate the production of knowledge within the scope of initial formation of science teachers, valuing the element of intellectuality and creation as formative assumptions; b) expand the possibilities of experimental activities usually conceived in science education; c) contribute to the development of science teaching from the perspective of SSI.

Keywords

experimentation; socioscientific issues; science teaching

Resumen

Este artículo analiza la relevancia, potencialidad y requerimientos de la práctica experimental en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de las Cuestiones Sociocientíficas (CSC). A partir de un estudio sobre el proceso de formación de estudiantes de grado en Ciencias Naturales en una universidad pública brasileña, la investigación buscó, en el dominio teórico, establecer parámetros para la adecuación de la experimentación en el ámbito de las CSC, analizando sus funciones problematizadora, argumentativa y heurística. A partir de estos hitos, la investigación analizó dos prácticas experimentales, destacando limitaciones, adecuaciones y posibilidades de la actividad experimental insertada en un momento didáctico-pedagógico basado en los presupuestos de las CSC. El estudio, por tanto, busca: a) promover y difundir la producción de conocimientos en el ámbito de la formación inicial de profesores de ciencias, valorando el elemento de intelectualidad y creación como presupuestos formativos; b) ampliar las posibilidades de actividades experimentales habitualmente concebidas en la educación científica; c) contribuir al desarrollo de la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la CSC.

Palabras clave

experimentación; cuestiones sociocientíficas; enseñanza de ciencias

Introdução

O ensino de ciências historicamente vem assumindo diversas funções e atendendo a distintos modelos de sociedade e interesses. Nesse sentido, Santos e Galletti (2023) evidenciam os diferentes projetos educativos para o ensino de ciências desde a colonização portuguesa no Brasil, destacando primeiro a influência da pedagogia jesuítica, logo a inserção de disciplinas científicas no currículo escolar (1800-1950), incluindo uma renovação do ensino e constituição de instituições de dedicadas à produção de materiais educativos (1950-1970) e, por fim, o período posterior à década de 1970 em que o ensino de ciências se consolida tanto como área de ensino (escolar), quanto área de pesquisa. Segundo Zompero e Laburu (2011), com os agravos causados ao meio ambiente, o ensino de ciências, a partir da década de 1970, passou novamente a ter a preocupação de propor uma educação que levasse em conta os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico. Importa ressaltar que os modelos e as perspectivas de ensino de ciências estiveram sempre em função do momento político-educativo ao longo da história do país, destacando, por exemplo, a importação de projetos americanos no pós-guerra, a formação para a manutenção de uma classe trabalhadora ancorada ao trabalho pelo desenvolvimento industrial e a inclusão de debates ambientais e sociais, tensionando modelos educacionais como os kits experimentais para outras perspectivas como a educação para as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e outras perspectivas com sentido crítico e emancipatório.

A atividade experimental dispõe de uma histórica participação e credibilidade, seja no domínio do desenvolvimento das ciências naturais, seja como processo pedagógico. Na escola, seja em espaços organizados para a

prática experimental, como laboratórios e clubes de ciências, seja por meio de aparatos montados em sala de aula, a atividade experimental pode propiciar aprendizagens em nível teórico-conceitual, prático-procedimental e social-valorativo. Contudo, na educação científica, a experimentação encontra diversos desafios como a restrita ideia da prática como comprovação de teorias, a preponderância do sentido verificador/contemplativo e pouco investigativo e exploratório, além dos conhecidos desafios estruturais como a falta de equipamentos e instrumentos adequados, infraestrutura sucateada, limites formativos e de incentivo para tais práticas.

Na Base Nacional Comum Curricular [BNCC], documento orientador da estrutura curricular da educação nacional, são reconhecidas as potencialidades da experimentação e das abordagens de cunho investigativo para o ensino de ciências e matemática. Admitida a importância dos problemas abertos, da contextualização, do diálogo e da qualificação da intervenção no mundo real, a BNCC ressalta a relevância não somente de adquirir informação, mas aprender a obtê-las, produzi-las e analisá-las criticamente (Ministério da Educação, 2018). Nesse sentido, orienta-se a introdução de procedimentos de investigação no Ensino Fundamental e Médio, com foco nas “experimentações e análises qualitativas e quantitativas de situações-problema” (Ministério da Educação, 2018, p. 551).

Na Resolução que atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, entende-se como processos criativos “o uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demandas pela resolução de problemas identificados na sociedade” (Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018, s/n).

As orientações nacionais, nesse sentido, não deixam dúvidas sobre a importância da atividade experimental, bem como o seu empreendimento em situações-problema, em temas da realidade, como forma de empenhar conhecimentos na compreensão, análise e atuação qualificada em problemas reais. De maneira similar, a educação matemática também acolhe a perspectiva da atividade experimental, ampliando suas possibilidades de desenvolvimento e apropriação, quando reconhece que “é de fundamental importância também considerar o papel heurístico das experimentações na aprendizagem da Matemática” (Ministério da Educação, 2018, p. 265).

Dessa forma, reconhecendo o mérito e o valor pedagógico das atividades experimentais para o ensino de ciências e matemática, esta pesquisa desenvolve-se no contexto formativo de uma disciplina de graduação, da Licenciatura em Ciências Naturais, da Universidade de Brasília, denominada “Ensino de Ciências”. Ao observar que o conceito de experimentação problematizadora estudado não ultrapassava a lógica interna do fazer investigativo e não se expandia à apropriação da experimentação para investigar problemas concretos que demandam conhecimentos científicos e de fronteira, houve uma escolha intelectual e pedagógica por estabelecer um diálogo entre referenciais da experimentação para o ensino de ciências e o das Questões Sociocientíficas.

Assim, este estudo tem como questão orientador: Como a prática da experimentação no ensino de ciência pode integrar-se às perspectivas formativas das Questões Sociocientíficas? O objetivo central, assim, é evidenciar as potencialidades, os princípios formativos e os desafios da prática experimental no ensino de ciências no contexto das Questões Sociocientíficas.

Não nos importa aqui inventarmos um novo conceito a dispersar-se na enorme ecologia conceitual que povoa a educação e o ensino, mas inserir o elemento da experimentação no domínio das Questões Sociocientíficas que, ao nosso ver, trata-se de uma articulação ainda pouco explorada. Tendo em vista que as Questões Sociocientíficas buscam se apropriar de problemáticas concretas cujas raízes se encontram na ciência e na tecnologia, assumindo a controvérsia como eixo principal, os estudantes poderão desenvolver conhecimentos críticos e olhares analíticos sobre problemas reais com suporte de conhecimentos e práticas científicas, bem como de outros campos como a ética, a moral, a cultura, o comportamento e a justiça.

Questões Sociocientíficas: pressupostos e orientações para a prática pedagógica

Para entendermos melhor os pressupostos e orientações para a prática pedagógica das Questões Sociocientíficas (QSC) precisamos primeiro entender o conceito e o contexto histórico. Quando falamos de QSC nos referimos a problemáticas de ordem científica e tecnológica, cujas controvérsias requerem conhecimentos

de fronteira, ou seja, além do conhecimento científico isolado (Ratcliffe & Grace, 2003). Nesse sentido, destacamos questões éticas, riscos, relações de custo-benefício, aspectos legais dos usos e produção da ciência, problemáticas vinculadas ao comportamento, à cultura e ao modelo produtivo.

Bencze et al. (2021) compreendem as QSC como prática de ciência em contexto, ao lado das Questões Socialmente Vivas e Educação (CTSA). Apesar de reconhecerem as diferentes apropriações das perspectivas teóricas e seus sentidos educativos e conceituais, compreendem o compartilhamento de perspectivas críticas e associações dos campos da ciência e da tecnologia com aspectos pessoais, sociais e ambientais.

As Questões Sociocientíficas buscam apresentar assuntos controversos e complexos que podem ser abordados no contexto educacional, envolvendo problemáticas de dimensões locais, regionais ou globais, adotando abordagens contextualizadas e multidisciplinares, incluindo análises críticas, problematizações, concepções de ética e modelos de sociedade.

É importante destacar que, apesar da natureza ampla e multidisciplinar das QSC, os conhecimentos científicos são fundamentais para a compreensão e a solução das problemáticas apresentadas. Diante da dúvida ou de um problema é natural que busquemos respostas e, na perspectiva das Questões Sociocientíficas, observamos que podemos ter diversas soluções para um mesmo questionamento e isso ocorre pois, quando a problemática diz respeito a um tema real, concreto e socialmente relevante, deve-se levar em consideração que existem diferentes contextos, classes sociais, culturas, raças e etnias, costumes, gêneros, orientações sexuais.

Compreendemos que diferentes respostas podem ser produzidas e as maneiras de se

observar os problemas reais mudam. Imaginemos o seguinte cenário: uma fábrica se localiza próxima a uma comunidade indígena e, em seu processo produtivo, descarta materiais tóxicos no solo, que, por sua vez, polui os lençóis freáticos que abastecem os rios que garantem a vida dessa comunidade. A partir desse momento, o rio que alimentava a vida deste povoado se torna prejudicial e traz problemas de ordem nutricional, sanitária, econômica e cultural, por exemplo. Agora consideremos que, na visão dos responsáveis pela fábrica e parte da população da região, isso não é um problema, pois gera trabalho, renda e produtos requeridos pela sociedade. Enquanto isso, para os indígenas que ali vivem trata-se de uma questão de sobrevivência e não se limita a apenas dois pontos de vista, pois até mesmo aqueles que não estão explicitamente envolvidos na problemática ainda podem ser afetados de maneira direta ou indireta e isso geraria outras visões para a mesma problemática.

Contextos como o relatado, e demais contradições dessa natureza, evidenciam, além de conflito de interesses, uma série de antivalores como irresponsabilidade, desonestidade, intolerância, intransigência, evidenciando uma racionalidade pautada na lógica exploratória do capitalismo, conforme discutem Salazar Martínez, Pinzón Navarro e Martínez Perez (2014). Nesse sentido, o raciocínio moral e ético, aliado ao conhecimento e aos métodos das ciências, potencializa a capacidade analítica, crítica e propositiva frente a problemas reais.

Experimentação: da razão particular da investigação à razão crítica

A experimentação como perspectiva de ensino tem potencial de estimular e motivar os estudantes ao processo formativo, conduzindo-os a estabelecer relações entre marcos teóricos

e resultados empíricos, estudos de hipóteses, processos investigativos, análises e comparações de dados, além do convívio com opiniões diversas e interpretações distintas. Seja a partir de práticas orientadas pelo docente ou desenvolvidas em grupos ou individualmente em sala de aula, a experimentação é essencialmente uma prática de interação do sujeito com o conhecimento científico mediado pelo aparato experimental e pelas relações entre os envolvidos. Outro aspecto a ser mencionado é a possibilidade de elaboração de ponto de vista, sustentação argumentativa, refutação e sustentação de uma perspectiva. Logo, a interação novamente ganha destaque na prática experimental no âmbito da educação científica.

A experimentação é um recurso pedagógico que favorece a visualização, comparação e contradição de um problema que está sendo estudado. Evidenciar um questionamento na prática nos auxilia na compreensão dos resultados e na captura de dados. Também podemos levar em conta que uma experimentação realizada de maneira controlada nos permite observar fenômenos e acontecimentos que não seria possível sob circunstâncias comuns, por exemplo, o efeito mais agressivo do gás metano na atmosfera ou o próprio efeito estufa analisado em diferentes ambientes. Observar esses fenômenos na natureza seria difícil, levando em consideração dimensões, técnicas e tempo disponível.

A experimentação é uma prática importante nas ciências naturais e no seu ensino, pois, por meio dela, conseguimos estudar modelos teóricos, modelos empíricos, problemas concretos e simulados, bem como empreender processos investigativos diversos. Na sociedade, nos deparamos com os mais diversos problemas e a experimentação colabora para encontrarmos respostas e possíveis soluções, afinal através da prática experimental podemos aprimorar as tecnologias já existentes com a finalidade de resolver questões cada vez mais complexas.

Os tipos de experimentação são muitos e se ramificam de modo a auxiliar a ciência e o ensino, sendo que cada classificação de experimento possui suas singularidades. Taha et al. (2016) apresentam os seguintes tipos de experimentação no ensino de ciências: Experimentação show; experimentação investigativa; experimentação problematizadora. Bassoli (2014), por sua vez, com base em Campos e Nigro (1999), categoriza as atividades práticas em demonstrações práticas, experimentos ilustrativos, experimentos descritivos e experimentos investigativos. Andrade (2010), ao fazer um extenso estudo sobre as racionalidades que embasam as práticas educativas nos laboratórios didáticos, reconhece como diferentes atividades experimentais sob a perspectiva do laboratório investigativo: atividade experimental histórica, atividade experimental de compartilhamento, atividade experimental modelizadora, atividade experimental conflitiva, atividade experimental crítica, atividade experimental de comprovação, atividade experimental de simulação.

A experimentação demonstrativa tem como objetivo realizar para os alunos uma apresentação de maneira controlada em que somente o professor realiza o passo a passo da prática. Os alunos realizam observações e anotações acerca

da demonstração, podendo se juntar para discutir os resultados em grupo em busca de entenderem melhor o evento que visualizaram. A justificativa para a aplicação dessa experimentação pode se dar pelo fato dos processos oferecerem riscos para aqueles que observam ou até mesmo a escassez de materiais disponíveis. O apresentador do trabalho explica todos os procedimentos, faz uma contextualização e explora teorias e princípios envolvidos no fenômeno. Mesmo que os observadores não possam participar diretamente na experimentação, ainda é possível que os mesmos deem palpites e façam observações.

Dentre os principais pontos positivos dessa classificação, podemos destacar a possibilidade de realização de experimentações mais complexas, já que temos uma pessoa com maior domínio sobre o procedimento. Importante ressaltar, ainda, que a economia é um ponto forte dessa experimentação e pode ser uma excelente escolha quando o docente se encontra em uma instituição com poucos recursos financeiros. Destaca-se também a otimização de tempo e a segurança, levando em consideração que o responsável é o único a manusear os materiais e procedimentos envolvidos.

Como uma particularidade da experimentação demonstrativa, o experimento show é uma ferramenta interessante, pois pode despertar curiosidade e cativar os alunos, porém a prática precisa ser executada com excelência por se tratar de uma experiência somente visual enquanto chama a atenção dos participantes para interagirem durante o processo.

Outra classificação de experimentação é a ilustrativa ou comprobatória que, como seu próprio nome revela, se trata de um processo de comprovação ou ilustração de uma teoria previamente explicada. Essa modalidade busca apresentar procedimentos, reforçando teorias, leis e hipóteses científicas existentes.

Essa modalidade é rica quando o assunto é registrar e analisar dados, pois existe um objetivo a ser alcançado e os alunos são guiados pelo professor, com base em dados teóricos analisados e registrados. Dentre os pontos positivos, destaca-se a facilidade de realizar o experimento proposto, considerando que se trata de um experimento com o roteiro e resultado previamente apresentado aos alunos, além disso temos também uma menor margem de erro, levando em consideração que se trata de uma reprodução. De maneira geral, essa modalidade é uma ferramenta pedagógica útil para qualificar a compreensão de conceitos científicos de maneira visual e prática, mas não necessariamente trata-se de uma experimentação que instiga a descoberta de novos conceitos.

A modalidade investigativa é utilizada principalmente no meio científico com a finalidade de explorar fenômenos, testar hipóteses, visando adquirir novos conhecimentos através de uma visão mais sistemática. Essa experimentação busca os caminhos exploratórios com roteiros menos rígidos e mais criativos, formando novos questionamentos durante a trajetória, no entanto, no caso educativo, os alunos necessitam estar minimamente inteirados com o conteúdo em questão. De acordo com Taha et al. (2016, p. 142), “Os alunos devem ter conhecimento prévio sobre a atividade, sem, no entanto, dar-lhes o conteúdo conceitual, esses devem ser construídos nas discussões dos resultados”. Os discentes são o destaque nessa classificação de experimentação, sendo significativa e não reduzida à prática pela prática, cabendo aos docentes a função de orientar e conduzir nessa trajetória de investigação.

Na experimentação problematizadora, por sua vez, o docente tem como objetivo apurar o senso crítico de sua turma de modo que o conhecimento adquirido não seja uma

mera reprodução e sim um levantamento de questionamentos embasados na problemática em questão. Segundo Taha et al. (2016, p. 143), “a experimentação problematizadora tem o objetivo de ir além da investigação e deve ser capaz de instigar uma curiosidade mais ampla nos alunos, despertando uma criticidade em relação à transferência do conhecimento”. Neste caso, o docente não cede respostas aos alunos, na verdade o professor cria um contexto problematizador e os discentes, ao envolverem-se, sentirão a necessidade de adquirir novos conhecimentos para responder o problema e desenvolver o quadro explicativo.

Para o primeiro momento o professor deve apresentar as situações com admissão a um conhecimento teórico que permite fazer problematizações através de questionamentos. No segundo momento o aluno precisa organizar o conhecimento através de registros, para utilizar o último momento analisando e interpretando o conhecimento. Nesse momento é necessário fazer o uso da reflexão e criticidade aos resultados da experimentação para que possa ser discutida e avaliada no grupo, possibilitando uma leitura do fenômeno estudado. (Taha et al., 2016, p. 143).

Nessa modalidade, os professores usam do experimento como auxílio para gerar discussões e evidenciar contradições, mas sem causar confusões nas ideias dos alunos. Na verdade, essa maneira de trabalhar o conteúdo visa instigar o senso dos alunos de modo que busquem compreender as contradições do problema e do próprio modelo teórico. Contudo, criticidade, modalidade, diz respeito à postura questionadora e analítica do estudante frente ao experimento e ao conhecimento científico, não informando nada sobre a capacidade de relacionar o estudo experimental com problemáticas concretas ou utilizar de modelos empíricos para entendê-las.

Experimentação Sociocientífica: características e particularidades

A experimentação, como vimos, pode ser promotora de discussões e problematizações, viabilizando que os estudantes se envolvam na arte da controvérsia. Contudo, para que haja melhor interatividade entre aluno e experimento, o professor, sendo o mediador da problematização ou investigação, orientará e produzirá um contexto favorável à contradição, ao confronto, ao problema e à dúvida, de forma a estimular os estudantes a um nível engajado de vínculo. De acordo com Volante-Zanon e Freitas (2007, p. 94), “a atividade experimental deve ser desenvolvida, a partir de questões investigativas que tenham consonância com aspectos da vida dos alunos e que se constituem em problemas reais e desafiadores”.

O supervisor da atividade sugerida pode orientar a prática experimental individualmente ou em grupo, promovendo a interação com diversos instrumentos e procedimentos, estimulando a exploração do aparato e a sua adequação aos interesses de investigação. Após identificar as possíveis problematizações pro-

postas pelo experimento, estabelece-se uma lógica de registro de dados, manipulação de variáveis e elaboração de e sínteses. Assim, os alunos poderão desenvolver uma análise crítica dos resultados, apropriando-se dos dados da atividade para as interações entre as ideias e as contradições sobre o tema abordado.

No âmbito das Questões Sociocientíficas, diante de um questionamento ou uma problematização, é importante reconhecer e acolher as diferentes opiniões formadas. A experimentação, neste contexto, pode cumprir a função de visualização, compreensão, exploração e questionamentos sobre a problemática. Assim, uma experimentação sociocientífica colabora com a familiaridade de problemas sociais que às vezes estão distantes da percepção dos alunos, por exemplo: assoreamento de rios, questões climáticas, questões ambientais, fenômenos da natureza, poluição gerada por grandes indústrias, uso de agrotóxicos e o impacto socioambiental da Inteligência Artificial.

Tendo em vista o desenvolvimento do pensamento crítico, as práticas educacionais com base nas QSC contribuem para o envolvimento em dilemas éticos e sociais e, neste caso, a experimentação favorece os alunos a analisarem dados, refletir sobre diferentes pontos de vista e passam a tomar decisões baseadas em evidências. Assim, a atividade experimental auxilia na aproximação da ciência com o cotidiano, quando, por meio da simulação e/ou problematização de uma situação real, facilitamos uma relação do conteúdo em sala de aula com problemas do bairro, por exemplo.

A experimentação permite discutir não só as questões técnicas, mas também os impactos éticos e morais dos problemas estudados e das inovações científicas. Afinal, “instrumentalizando o sujeito com conhecimento científico, alcança-se uma concreticidade do pensamento” (Gallet, Megid & Camargo, 2016).

A experimentação sociocientífica é de cunho essencialmente investigativo, por inserir no âmbito de um processo de investigação a possibilidade de comprovação e estudo de hipótese, bem como incorpora aspectos da prática experimental problematizadora quando busca superar a ideia da reprodução de um fenômeno ou de prática científica, além de envolver os estudantes em contextos de questionamentos e desenvolvimento de senso crítico com relação aos dados e resultados alcançados. Contudo, a perspectiva crítica prevista na experimentação problematizadora não necessariamente incorpora aspectos sociais, análise da realidade ou uso da prática experimental e seus resultados em favor da compreensão de problemáticas concretas que, por sua natureza sincrética, requerem conhecimentos e estruturas analítico-explicativas além do conhecimento científico específico.

Dessa forma, a proposição da perspectiva experimental no âmbito das Questões Sociocientíficas busca incluir no tratamento de controvérsias complexas e temáticas reais contraditórias (Santos, Mallmann & Souza, 2024) a prática experimental como recurso pedagógico que pode desempenhar diferentes funções:

- **Função problematizadora:** diz respeito à função de evidenciar a controvérsia em um contexto baseado na perspectiva das QSC. Tal como expressado por Delizoicov (2001), ao discorrer sobre os três momentos pedagógicos, a problematização inicial busca alcançar os limites explicativos dos estudantes acerca de fenômenos e explicações científicas por meio de questionamentos. Tendo como ponto de partida a realidade vivida, a problematização busca desvelar níveis de conhecimento e evidenciar o limiar das condições explicativas ou

do repertório teórico-conceitual. Nesse sentido, as perguntas têm papel crucial, pois, por meio delas, é possível definir um sentido de exploração da questão, bem como provocar os estudantes ao engajamento no processo pedagógico. No âmbito das QSC, a controvérsia não é evidente em uma apreensão imediata, especialmente sobre problemáticas e temáticas cotidianamente naturalizadas, pouco exploradas ou conhecidas, requerendo um exercício intencional de evidenciar os aspectos problemáticos, contraditórios e controversos. Assim, a experimentação sociocientífica, a partir da sua função problematizadora, cumpre aquilo que Freire (2018) denominou como codificação, ou seja, a representação de uma situação existencial, evidenciando os seus elementos constitutivos e suas interações. Seja por meio de fotografias, vídeos, peças artísticas ou experimentação, é possível dar a conhecer uma questão a partir de sua natureza problemática, conflitiva, merecedora da atenção e da análise da turma. Nesta configuração, a experimentação sociocientífica estará sobretudo sob responsabilidade do docente que tem clareza sobre o tom da problemática, a natureza da controvérsia e os objetivos centrais do processo educativo baseado nas QSC.

- **Função argumentativa:** iniciados os processos educativos no âmbito das QSC e evidenciada a controvérsia eleita como central, corresponde o estabelecimento de estratégias educativas para fomentar e organizar os confrontos de ideias. Neste momento, diversos conhecimentos, valores e sistemas explicativos são mobilizados como forma de sustentação de um argumento ou de um ponto de vista. A experimentação sociocientífica, assim, pode desempenhar o papel elucidativo de um ponto de vista, introduzindo ao coletivo dúvidas, afirmações e novidades sobre a questão estudada, baseadas em dados empíricos. A partir do fundamento teórico de Toulmin, os autores Erduran, Simon e Osborne (2004) elaboram um esquema para avaliação de níveis argumentativos no ensino de ciências. Ao analisarem as estruturas de argumentação na mediação professor-aluno em um caso de ensino baseado nas QSC, identificam as potencialidades das atividades em grupo ou individuais em cujos contextos argumentos foram identificados momentos de “reivindicações opostas por outros, elaboração de uma ideia anterior, reforço de uma reivindicação com dados adicionais, garantias, avanço de reivindicações ou adição de qualificações” (p. 927). Dessa forma, a experimentação sociocientífica pode cumprir a função de incluir dados adicionais, oferecer garantias desses dados, reforçar ou adicionar uma reivindicação e agregar qualificação ao pleito argumentativo. No âmbito da função argumentativa, a experimentação sociocientífica poderá ser desempenhada pelo docente ou por estudantes, seja em grupos ou individualmente, a depender da conformação da situação educativa em questão.

- **Função heurística:** a partir da filosofia da ciência, entendemos heurística como uma estrutura lógica de instrução para a tomada de decisão no âmbito da ciência. Lakatos (1979), ao conceber o processo do fazer científico como um programa de pesquisa, evidencia que consiste em regras metodológicas que “nos dizem quais são os caminhos de pesquisa que devem ser evitados (heurística negativa), outras nos dizem quais são os caminhos que devem ser palmilhados (heurística positiva)” (p. 162). Neste âmbito, a experimentação sociocientífica desempenha a função de verificar a qualidade ou a debilidade de determinado argumento, refutar ou corroborar com determinadas afirmações, expor a fragilidade ou as potencialidades de determinada estrutura explicativa, seja a própria ou dos interlocutores. Assim, abre-se a possibilidade de utilizar o experimento não somente como reforço de um argumento, mas como qualificador ou refutador de outros experimentos ou de um ponto de vista, enriquecendo o processo educativo centrado em controvérsias. Para Erduran, Simon e Osborne (2004), interações com refutação “são um elemento essencial de argumentos de melhor qualidade e demonstram um nível mais alto de capacidade de argumentação” (p. 927). Somando a isso, os autores evidenciam a potencialidade de situações de refutação e sustentação argumentativa como promotoras de envolvimento e engajamento dos estudantes ao processo formativo. Para o cumprimento da função heurística, a experimentação sociocientífica poderá ser desempenhada pelo docente

ou por estudantes, seja em grupos ou individualmente.

Estudo das funções formativas da Experimentação Sociocientífica

Fundamentos e contexto da investigação

A pesquisa foi realizada em uma disciplina de “Ensino de Ciências”, do curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Universidade de Brasília, turno noturno. A turma, por sinal, bastante esvaziada, contava com dois estudantes participantes em bases regulares. Ao tratar do tópico de “Experimentação”, algumas semanas depois de ter se dedicado aos estudos da educação para as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Educação CTS) e Questões Sociocientíficas, foi decidido pelo empreendimento de uma pesquisa em sala de aula durante a elaboração de sequências didáticas de cunho sociocientífico. Diante do reconhecimento das possibilidades de ampliação da concepção da experimentação problematizadora, foi iniciado um processo de investigação sobre as possibilidades, potencialidades e condições de desenvolvimento de uma experimentação balizada nos princípios das QSC.

A investigação sobre a própria prática, conforme Ponte (2008), desempenha um papel crucial da formação docente, pois busca responder a dilemas do cotidiano laboral, organizar sistemas analíticos sobre a realidade e produzir comunidades qualificadas de conhecimentos. Nesse sentido, o autor aponta que esta modalidade investigativa se legitima como tal na medida em que se dedica à produção de novos conhecimentos, possui rigorosidade metodológica e lança-se ao debate e ao crivo público. Por tratar-se de um tipo de pesquisa cujo objeto possui relativa

proximidade com o investigador, o autor recomenda a apropriação da teoria, dispor das potencialidade das práticas em grupo e das possibilidades exteriores a ele. Além disso, destaca-se a valorização do elemento da colaboração, o que viabiliza o estabelecimento de relações afetivas permeadas pelo diálogo, pela negociação e pelo cuidado.

Demo (2002) define qualidade metodológica assentada no “cuidado investido na reflexão e na prática do conhecimento, tanto no sentido pessoal (como cada qual se ajusta frente ao desafio epistemológico), quanto no sentido intersubjetivo (como a “comunidade científica” discute e questiona o conhecimento científico)” (p. 359). Ao reivindicar um cuidado metodológico como resistência ao reducionismo do conhecimento, o autor advoga em favor da função essencial da pesquisa em formar para “fabricar conhecimento com mão própria” (p. 359), sendo uma estratégia imprescindível para a formação na graduação, de modo que os estudantes saibam construir conhecimento como qualidade formal e política. Assim, a experiência intelectual em sala de aula extrapola o importante acúmulo de teorias e conceitos fundamentais para a compreensão do objeto de formação, mas conduz os estudantes ao momento de produção de conhecimento, de uma cultura de formação pela pesquisa, encorajando-os à autonomia e liberdade de empreenderem suas dúvidas e potencialidades criativas em processos metodologicamente organizados.

O estudo, portanto, é produzido em estreita relação com o objeto, produzindo sínteses relevantes para área de Ensino de Ciências, seja pela indicação da sala de aula de um curso superior como espaço de pesquisa, seja propondo o desenvolvimento do campo das Questões Sociocientíficas a partir da experiência prática articulada com a experimentação.

Aquecimento global como Questão Sociocientífica

O aquecimento global, definido pelo registro histórico do aumento da temperatura média da atmosfera terrestre e dos oceanos (Cala Cristancho, 2009), suscita a mobilização de diversos pontos de vista e controvérsias, não só no âmbito da própria ciência, em relação a aspectos geomorfológicos, meteorológicos e climáticos distintos, mas também nas esferas política, econômica e valorativa. No âmbito produtivo, por exemplo, o excesso na produção de gás metano (CH₄) no manejo de gado, juntamente com o gás carbônico (CO₂) proveniente de fábricas e outros materiais, tem se mostrado uma parte crucial para o aumento esporádico do efeito estufa (Molion; 2021).

A problemática abrange complexas dimensões científicas, morais e éticas. Do ponto de vista científico, requer a mobilização de dados e modelos explicativos, preditivos e qualificadores da crise, possibilitando a elaboração de orientações, posicionamentos e decisões bem fundamentadas. Junto a isto, as dimensões morais e éticas dizem respeito às articulações políticas e ideológicas expressas em discursos salvacionistas, alarmistas, supostamente neutros ou negacionistas.

Como plano de fundo, encontra-se a disputa por modelos produtivos e seus diferentes impactos econômicos, mundo do trabalho e no meio ambiente.

Nesta investigação, foi escolhido o tema comum de aquecimento global e gases do efeito estufa como foco para elaborar dois experimentos, simulando cenários e composições atmosféricas distintas: uma área geologicamente deteriorada, sem cobertura vegetal; outra com uma presença atípica de gás metano, tal como o produzido em regiões de grande produção agrícola.

As atividades foram realizadas por dois estudantes e o docente responsável. A proposta era fazer rodadas de apresentações de Sequências Didáticas de aspecto sociocientífico, buscando alocar atividades experimentais conforme estudos teóricos sobre ambos os temas durante a disciplina, estudando as implicações das configurações didático-pedagógicas. Foram realizadas três rodadas de diálogos e ajustes experimentais de modo a, finalmente, decidir por uma configuração didático-pedagógica mais coesa sobre o papel da experimentação no trabalho com Questões Sociocientíficas, considerando sua função problematizadora, argumentativa e heurística.

Descrição das abordagens sociocientíficas com incremento experimental

Abordagem 1

Abordagem sociocientífica: impacto do dióxido de carbono no aquecimento global

Momentos didático-pedagógicos:

- Experimentação: duas redomas plásticas contendo um microsistema em cada uma; o primeiro com solo e plantas; o segundo somente o solo.

No segundo, insere-se um recipiente com vinagre e, ao adicionar bicarbonato, fecha a redoma para formar um sistema fechado (CH_3COOH (ácido acético) + $NaHCO_3$ (bicarbonato de sódio) $\rightarrow CO_2$ (dióxido de carbono) + H_2O (água) + CH_3COONa (acetato de sódio)). Em ambos são inseridos pedras de gelo com tamanhos uniformes em um suporte metálico. Fechados os sistemas, projeta-se uma fonte de calor por meio de lâmpadas. Observa-se as alterações qualitativas do gelo.

- Questionamentos e sistematização das respostas: Qual o resultado que se espera neste caso? Qual gelo derreterá primeiro? Como o fenômeno observado pode ser comparado a algum fenômeno real?
- Inclusão de cenário hipotético para elaboração de explicações: o que ocorreria caso houvesse uma redução drástica na emissão de gases poluentes por parte das indústrias desde quando os primeiros alertas aparecem na história?
- Vídeos sobre efeito estufa explicando sobre a importância e os impactos do acúmulo de gases de efeito estufa
- Aprofundamento: Selecionar e organizar os argumentos científicos de ambos os vídeos; investigar os sujeitos envolvidos, os discursos e a validade (ou contradição) científica dos argumentos.
- Observação e avaliação: Retornar ao experimento e observar os efeitos qualitativos de transformação do gelo; elaborar um modelo explicativo e utilizá-lo para a construção dos posicionamentos sobre a problemática.

- Produção final: Produção de um relatório, explicando como acontece as reações do efeito estufa, em uma área com muita vegetação e outra afeta mais que uma área desmatada.

Configuração do aparato experimental



Figura 1

Disposição dos elementos que conformam o aparato experimental do Experimento 1



Figura 2

Distribuição dos elementos nas suas respectivas redomas

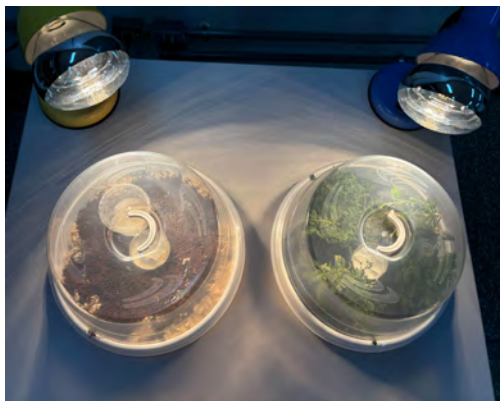


Figura 3

Aparato experimental (Experimento 1) completo e em processo de aquecimento (desenvolvimento)



Figura 4

Resultado experimental observacional: diferenças qualitativas dos tamanhos dos cubos de gelo

Abordagem 2

Abordagem sociocientífica: papel do gás metano produzido na cadeia produtiva no aquecimento global

Momentos didático-pedagógicos:

- Problematização inicial: diálogos sobre sensações cotidianas a respeito do clima, as épocas e intensidades do calor e do frio, as explicações sobre as causas das mudanças nas temperaturas e no clima, bem como as fontes de calor.
- Introdução conceitual: importância do efeito estufa para a vida na terra e os riscos possíveis.
- Vídeos sobre o papel do gás metano no agravamento do efeito estufa e outro questionando o papel deste gás e do próprio efeito estufa.
- Experimentação: duas redomas de vidro com possibilidade de fechamento; na primeira redoma, inserir um pequeno recipiente com restos de alimento em processo de decomposição (fonte de metano (CH_4)) e outro recipiente com vinagre e bicarbonato em efervescência (obtenção de gás carbônico (CO_2)). Na segunda

redoma, será inserido somente um recipiente com vinagre e bicarbonato em efervescência (obtenção de gás carbônico (CO_2)). Em ambas será inserido um termômetro digital e sobre elas, uma fonte de calor (lâmpada). Os estudantes deverão observar e registrar os fenômenos, as alterações na temperatura ao longo do tempo de cada redoma, produzir um gráfico t (s) x T ($^{\circ}\text{C}$) e, com os resultados, discutirem o comportamento de cada situação.

- Relatório: elaboração de um relatório com os dados do experimento, as hipóteses explicativas e a relação dos fenômenos observados com os argumentos sobre aquecimento global. Anotar, ainda, as limitações do esquema experimental.
- Produção final: Relação dos resultados experimentais com os argumentos contidos nos vídeos e os produzidos em sala de aula sobre o aquecimento global, evidenciando o papel da experimentação no reforço ou superação do posicionamento.

Configuração do aparato experimental

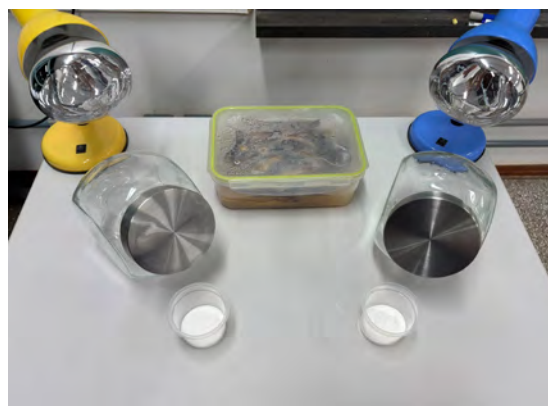


Figura 5

Disposição dos elementos que conformam o aparato experimental do Experimento 2



Figura 6

Aparato experimental (Experimento 1) completo e em processo de aquecimento (desenvolvimento)

Tabela 1

Resultados experimentais do Experimento 2: relação entre tempo t (s) e temperatura T (°C) dos recipientes

t (s)	CO ₂ T (°C)	CO ₂ +CH ₄ T (°C)
0	24,5	24,5
10	26,5	28
20	27,7	31,8
30	29,1	33,9
40	30	35,5
50	31,3	36,6
60	32,3	37,3
70	33,1	38,1
80	34	38,4
90	34,7	38,6
100	35,4	39
110	36,1	39,5
120	36,7	40
130	37,3	40,7
140	37,7	41,4
150	38,3	41,9
160	38,7	42,2
170	39	42,6
180	39,4	43,2

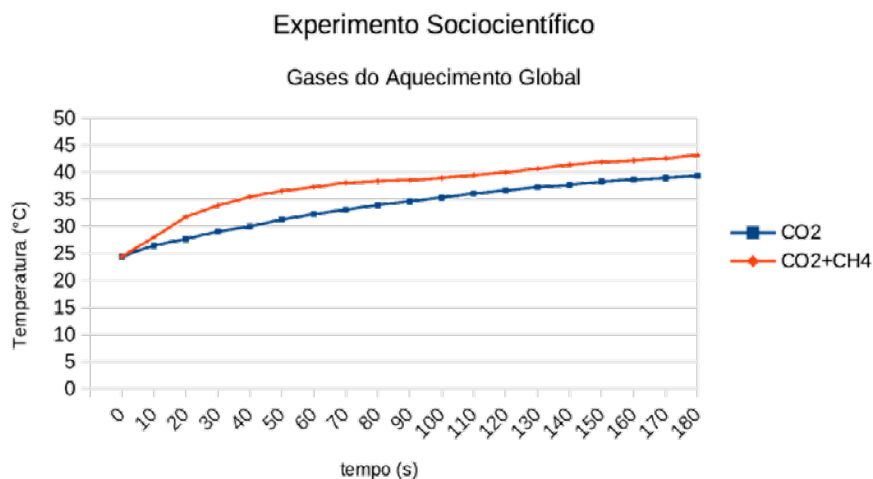


Figura 7

Gráfico que expressa as curvas de mudança de temperatura entre os dois ambientes distintos (um com a presença de CO_2 e outro com CO_2 e CH_4).

Análise das potencialidades e limitações dos experimentos

Hodson (1988) evidencia que a prática experimental no âmbito do ensino de ciências deve promover os objetivos de aprender ciência (desenvolvimento conceitual), aprender sobre a ciência (natureza da ciência) e fazer ciência (emprego de métodos e busca por respostas e soluções). No âmbito da nossa investigação, por se tratarem de licenciandos, acrescentamos ainda “aprender sobre o ensino” de todas essas dimensões, considerando suas potencialidades, sua coerência frente ao projeto didático assumido e seus desafios.

Com base no discutido neste estudo, reconhecemos a experimentação como uma forte aliada ao ensino de ciências e, alinhada às perspectivas de formação no âmbito das QSC, pode representar um incremento na experiência educativa em sala de aula com sistemático vínculo com problemáticas reais e com práticas de contextualização.

O experimento da Abordagem 1 é composto de um aparato simples e de fácil acesso

e elaboração. Seus resultados são unicamente qualitativos (mudança do tamanho do gelo), havendo, contudo, possibilidades de mensuração de temperatura e tempo para outros dados empíricos. O experimento possibilita a observação e comparação entre duas situações: um ambiente simulado sem a presença da solução de vinagre e bicarbonato e o produto da sua reação, além de contar com elementos de um ambiente rico em vegetação, com plantas e musgos. Assim, trata-se de um ecossistema simples com entrada de luz solar (lâmpada de aquecimento). O segundo ambiente simulado conta com a solução de vinagre e bicarbonato produzindo gás dióxido de carbono posto em um recipiente sobre uma camada de terra com serragem de madeira, representando regiões em degradação. A entrada de luz e calor no ambiente foi propiciada pela lâmpada de aquecimento. A hipótese, neste caso, é a de que o ambiente degradado e com mais dióxido de carbono na atmosfera reteria mais calor por conta do efeito estufa. Nesse sentido, cumpre uma função problematizadora, ao introduzir uma problemática para o seu desenvolvimento sob a perspectiva

das QSC, bem como argumentativa, ao apresentar um determinado resultado com condições de reforçar ou contradizer os diferentes posicionamentos sobre a questão em sala de aula.

O aparato experimental, porém, apresenta limitações, especialmente pela centralidade da percepção qualitativa da alteração do gelo. Para melhores resultados, seria importante incorporar outras variáveis e dados quantitativos como a aferição da massa do cubo de gelo antes e depois de serem introduzidos na redoma, a melhora do isolamento, a mudança da fonte de calor, com a possibilidade de utilizar a luz solar em vez de lâmpadas. Neste caso, as fragilidades também podem converter-se em abertura para novas aprendizagens, possibilitando que os estudantes avaliem e decidam sobre as diferentes situações com outros aparatos experimentais, criando condições de comparar os resultados e observar as possíveis discrepâncias entre os instrumentos experimentais.

O experimento vinculado à Abordagem 2, por sua vez, também de montagem simples e com materiais de fácil acesso, apesar de tratar de tema semelhante (gases do aquecimento global), foi desenvolvido de forma diferente. A experimentação apresenta a influência do gás metano (CH_4) no ambiente e como sua liberação exacerbada traz riscos para o meio ambiente, afinal o problema não é o gás existir no meio ambiente e sim o fato do mesmo estar sendo produzido em massa por grandes criações de gado, por exemplo. No âmbito das Questões Sociocientíficas, o debate em questão viabiliza a exploração de um dilema cujo conflito é conformado, de um lado, pelo reconhecimento de que o meio ambiente sendo diretamente afetado pelos grandes produtores de gados, somando-se os diversos elementos desta dinâmica produtiva, como a questão das florestas desmatadas ou queimadas para servir de pasto; por outro lado, temos a perspectiva de que a criação de gado é uma atividade importante economicamente para o país (em termos de macroeconomia) e para garantir o alimento adequado para a população. É importante colocar os estudantes diante de dilemas como: “Eles prejudicam o meio ambiente, mas criar gado é importante”; “Esses animais fazem parte da nossa alimentação, mas a produção exagerada acelera cada vez mais o aquecimento global”; “Mas somente os gases metano produzidos pelos animais podem afetar toda uma atmosfera?”.

Nesse modelo empírico, a ideia pode ser, tanto demonstrar um ponto de vista (função argumentativa), quanto o questionar e pôr a prova algum posicionamento controverso (função heurística). Nesse sentido, o modesto aparato experimental busca evidenciar como o gás metano junto ao gás carbônico podem aquecer ainda mais o ambiente quando comparado somente à ação do CO_2 . Segundo a experimentação em questão, conforme evidenciado no Gráfico 1, em um curto período de tempo, o CO_2 somado ao CH_4 alcança valores mais altos e com maior velocidade.

Em termos de limitações experimentais, destacamos, no âmbito do aparato físico, dificuldades de vedação e manutenção dos termômetros em posição ade-

quada para medição e melhor visualização, o que foi resolvido com estratégias simples de uso de fita para as bordas e um suporte para os termômetros. Em termos da simulação de um ambiente similar à atmosfera, é importante reconhecer a dimensão das proporções, dos volumes e da composição dos gases em questão, apesar das estratégias de simulação buscarem incluir os elementos necessários ao tema em discussão.

Em síntese, a partir de materiais simples, conseguimos explorar duas possibilidades de ensino de ciências centrado em uma problemática complexa e controversa, e a atividade experimental cumpriu importantes funções de facilitar uma melhor compreensão, formação, organização de pensamentos e ideias, bem como elaboração de estratégias de argumentação e construção de posicionamento a partir de dados diversos, inclusive o empírico.

Conclusão

Dada a questão orientadora “*Como a prática da experimentação no ensino de ciência pode participar da perspectiva formativa das Questões Sociocientíficas?*”, evidenciamos que, somado ao fato de que a literatura na área de ensino já sinaliza as potencialidades da experimentação nos processos formativos em ciências naturais, destacamos também a possibilidade de desenvolvimento da perspectiva experimental mediante a articulação com as QSC. Ao passo que os processos experimentais podem promover a compreensão, visualização, esquematização e exploração de conceitos e esquemas empíricos para estudantes e professores, a articulação com a perspectiva formativa das QSC podem favorecer o incremento de práticas de argumentação, aprofundamento em situações-problemas e compreensão das variáveis de um problema real.

Além disso, as funções problematizadora, argumentativa e heurística desempenham papel importante na interação entre grupos, seja entre estudantes ou deles com os professores, em grandes grupos ou grupos menores. Nesse sentido, a interação conta com elementos de escuta, contradição, contraposição, colaboração, organização para o pleito educativo e construção de posicionamentos e decisões individuais e coletivas, favorecendo aspectos formativos esperados no âmbito das QSC e da alfabetização científica.

No âmbito da formação de futuros professores, evidencia-se a potencialidade da postura criativa, questionadora e possibilitadora de novas articulações teórico-metodológicas em favor do desenvolvimento do ensino de ciências em sentido crítico. Ao empenharem-se, os futuros docentes, na criação de novas possibilidades práticas e novos arranjos teóricos, anuncia-se possibilidades para uma docência da autoria, da criatividade e intelectualidade, elementos fundamentais para resistir às forças de controle e administração burocrática dos professores.

Referências

- Andrade, J. A. N. (2010). *Contribuições Formativas dos laboratórios didáticos de Física sob o enfoque das racionalidades* [Dissertação de Mestrado].
- Bassoli, F. (2014). Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(3), 579–593. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300005>
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J., & Zeidler, D. (2020). SAQ, SSL and STSE education: Defending and extending “science-in-context.” *Cultural Studies of Science Education*, 15(3), 825–851. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7>

- Delizoicov, D. (2001). Problemas e Problematisações. In Pietrocola, M. (Ed.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. (pp. 125-150). Ed. da UFSC.
- Demo, P. (2002). Cuidado metodológico: signo crucial da qualidade. *Sociedade e Estado*, 17(2), 349–373. <https://doi.org/10.1590/S0102-69922002000200007>
- Cala Cristancho, L. M. (2009). Las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, para favorecer las actitudes hacia el aprendizaje de la química “El calentamiento global”. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extra), 1091-1094.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin’s Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915–933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Freire, P. (2018). *Pedagogia do Oprimido*. (66th ed.). Paz e Terra.
- Gallet, D. S., Megid, M. A. B. A., & Camargo, F. F. (2016). A Experimentação em Ciências Naturais: Uma Abordagem Histórico-Crítica. *Revista Experiências Em Ensino de Ciências*, 11(1). <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/545/516>
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53–66. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>
- Lakatos, I. (1979). O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In Lakatos, I.; Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento: quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965* (pp. 109-243). Editora da Universidade de São Paulo.
- Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. MEC.
- Molion, L. C. B. (2021). Aquecimento Global: uma visão crítica. *Revista Brasileira De Climatologia*, 3. <https://doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25404>
- Ponte, J.P. (2008). Investigar a nossa própria prática: uma estratégia de formação e de construção do conhecimento profissional. *PNA*, 2(4), 153-180.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education for citizenship: Teaching socioscientific issues*. Open University Press.
- Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. (2018). *Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. MEC.
- Salazar Martínez, Pinzón Navarro, Martínez Perez, L. Y. L. (2014). Las cuestiones sociocientíficas y el razonamiento moral y ético. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (Extra). <https://doi.org/10.17227/01203916.3184>
- Santos, P. G. F., Mallmann, G., & Souza, R. D. (2024). Notas para um debate materialista histórico e dialético das questões sociocientíficas: da controvérsia

- à contradição. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 17, 1–27. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2024.e97207>
- Santos, W. R., & Galletti, R. C. A. F. (2023). História do Ensino de Ciências no Brasil: do período colonial aos dias atuais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, 1–36. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2023u355390>
- Taha, M. S., Lopes, C. S. C., Soares, E. de L., & Folmer, V. (2016). Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. *Experiências Em Ensino de Ciências*. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/552/523>
- Volante Zanon, D. A., & Freitas, D. (2007). A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição*, 10, 93-103. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212007000100010&lng=pt&tlng=pt.
- Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 13(3), 67–80. <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>