

# Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação: Considerando o Potencial dos Materiais para a Interação e o Trabalho Intelectual

Theoretical and Methodological Foundations of Inquiry-Based Teaching: Considering the Potential of Materials for Interaction and Intellectual Work

Fundamentos Teóricos y Metodológicos de la Enseñanza por Investigación: Considerando el Potencial de los Materiales para la Interacción y el Trabajo Intelectual

Fernando César Silva,<sup>id</sup> Lúcia Helena Sasseron,<sup>id</sup> e Luciana de Abreu Nascimento<sup>id</sup>

## Resumo

O ensino por investigação como uma abordagem didática não se vincula a uma atividade ou a um conteúdo em si, mas se consolida pelas interações entre estudantes e professor, sustentada por materiais, normas, conhecimentos e modos de agir. Este artigo teórico explora a relação dos estudantes com materiais em sala de aula como forma de promover a construção de entendimentos sobre os conhecimentos já legitimados pelas ciências. Para tanto, apresentam-se discussões sobre o papel dos materiais na ciência e suas transposições para os contextos escolares, considerando atividades experimentais e não experimentais, o que permitiu propor a transição dos papéis dos materiais, ora como objetos técnicos (objetos prontos para o uso), ora como objetos epistêmicos (objetos que estão sob análise), como uma característica do ensino por investigação. Essa proposição não rivaliza com a consideração do problema como elemento promotor da interação, mas demonstra como momentos de incerteza acerca dos materiais são necessários para o trabalho intelectual. Como implicações, sugere-se que o planejamento do ensino por investigação considere os modos de interação de estudantes com os materiais, bem como de seu uso e debate nos processos investigativos.

*Palavras-chave:* abordagem didática, materialidade, objeto epistêmico, objeto técnico

## Abstract

Inquiry-Based Science Education, as a pedagogical approach, is not linked to a specific activity or content; rather, it is enacted through interactions between students and teachers, mediated by materials, norms, knowledge, and practices. This theoretical article examines the relationship of students and classroom materials as a catalyst for constructing meaning around established scientific knowledge. By discussing the role of materials in scientific practice and their subsequent adaptation to school settings - across both experimental and non-experimental activities - these study a shift in how we view materials. Specifically, it highlights their dual roles: alternating between technical objects (tools ready for use) and epistemic objects (objects under investigation) as a defining characteristic of Inquiry-Based Science Education. This proposition does not contradict the view of “the problem” as a primary driver of interaction; instead, it demonstrates how material uncertainty is essential for intellectual engagement. The implications suggest that instructional design for Inquiry-Based Science Education must explicitly account for the ways students interact with, utilize, and deliberate upon materials throughout the investigative process.

*Keywords:* pedagogical approach, materiality, epistemic object, technical object

## Resumen

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación, como enfoque pedagógico, no se limita a una actividad o contenido específico, sino que se articula mediante las interacciones entre estudiantes y docentes, mediadas por materiales, normas, conocimientos y prácticas. Este artículo teórico examina la relación de los estudiantes con los materiales en el aula como un catalizador para la construcción de significados en torno al conocimiento científico. Para ello, se analiza el papel de los materiales en la práctica científica y su transposición a los contextos escolares, abordando tanto actividades experimentales como no experimentales. El análisis permite proponer una transición en los roles de los materiales, los cuales alternan entre su función como objetos técnicos (herramientas estabilizadas para el uso) y objetos epistémicos (objetos bajo indagación), siendo esta dinámica una característica distintiva de la indagación. Esta propuesta no invalida la centralidad del problema como motor de interacción; por el contrario, demuestra que la incertidumbre material es esencial para el compromiso intelectual. Como implicación para el área, se sugiere que el diseño instruccional de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación contemple explícitamente las formas en que los estudiantes interactúan, utilizan y deliberan sobre el material en los procesos investigativos.

*Palabras clave:* enfoque pedagógico, materialidad, objetos epistémicos, objetos técnicos

## Introdução

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) é uma abordagem didática que busca engajar os estudantes em atividades planejadas, alinhadas aos objetivos e às especificidades dos ambientes escolares, mas que se assemelham às práticas dos membros das comunidades científicas durante o processo de construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018; Duschl, 2008; Kelly, 2008; Sasseron & Duschl, 2016), o que envolve criar condições para os estudantes “pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas” (Carvalho, 2018, p. 766).

Apresentar o EnCI como uma abordagem didática reforça a ideia de que ele não se resume a um conjunto de estratégias, mas sim se fundamenta em princípios teóricos, tanto da epistemologia das ciências quanto do campo educacional, que orientam o ensino de Ciências<sup>1</sup>. Fundamentada nesses princípios, a abordagem deve visar à promoção do protagonismo dos estudantes e possibilitar formas próprias de interação e participação (Moraes & Taziri, 2019). Assim, o processo de planejamento do EnCI deve ser guiado não apenas pela sequência de etapas de ensino, mas por um compromisso com a socialização dos estudantes em um legado que vai além do conhecimento conceitual das ciências (Kelly, 2013).

1 Neste texto, utilizaremos a palavra Ciências, com inicial em maiúscula, ao nos referirmos à disciplina escolar. A palavra ciências, com inicial em minúscula, será usada para menção à área de conhecimento.

Considerando esta intenção, o planejamento e a implementação do EnCI devem tornar possível diálogo e práticas que orientem a discussão e a resolução de problemas (Solino & Gehlen, 2016) por meio de processos investigativos que envolvem a elaboração e análise de hipóteses, avaliação e socialização de resultados (Zômpero & Laburú, 2011), modelagem, argumentação, interpretação de dados e reflexão para a construção de explicações baseadas em evidências (Campos & Scarpa, 2018; Cardoso & Scarpa, 2018; Franco & Munford, 2020). Com essas práticas, além de possibilitar que educandos e educadores discutam os produtos das ciências, busca-se construir entendimentos<sup>2</sup> sobre como elas funcionam (Sasseron, 2015), ou seja, criar condições para que os estudantes entendam o conhecimento produzido pelos diversos campos científicos, bem como os modos de construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018).

Nesse sentido, estudos na área de Educação em Ciências têm mostrado que ensinar sobre os processos científicos, descrever suas práticas ou até realizar experimentos em sala de aula que confirmem conceitos científicos não resultam, necessariamente, na apropriação do legado epistêmico das ciências pelos estudantes (Franco & Munford, 2020), ou seja, não resultam na aprendizagem pretendida. Para a efetivação do EnCI, é fundamental criar oportunidades para que os educandos participem de processos de construção dos entendimentos sobre fenômenos do mundo natural ou situações que envolvam aspectos das ciências. Embora existam divergências sobre os caminhos para planejar situações de aprendizagem, os estudos convergem quanto à centralidade do problema nessa abordagem (Munford & Lima, 2007; Carvalho, 2011; 2013; Sasseron, 2015; Solino & Gehlen, 2015; Campos & Scarpa, 2018; Franco & Munford, 2020; Sasseron, 2021).

No EnCI, a definição e o enfrentamento de problemas promovem a curiosidade e constituem desafios de aprendizagem para os estudantes (Pedaste et al., 2015). Ao mesmo tempo, orientam o trabalho pedagógico para a construção de entendimentos sobre conhecimentos científicos articulados à investigação (Cardoso & Scarpa, 2018), enquanto os estudantes elaboram alternativas no processo investigativo para resolvê-los (Carvalho, 2018; Sasseron, 2018).

Nesse contexto, as atividades propostas no EnCI, a partir da apresentação e enfrentamento de problemas, podem permitir que professores e estudantes levantem e testem hipóteses, mobilizem teorias e modelos científicos (Sasseron, 2015), elaborem planos de ação (Carvalho, 2011), levantem e analisem dados que conferem sentido às informações obtidas (Pedaste et al., 2015), argumentem e justifiquem as ideias apresentadas (Sasseron, 2015) e comuniquem novas explicações construídas (Zômpero & Laburú, 2011).

---

2 Foram usadas as expressões “construir entendimentos” e “construção de entendimentos em sala de aula” por se entender que, diferentemente do conhecimento científico já legitimado pela comunidade científica, o que os estudantes constroem em sala de aula são significados e compreensões sobre esse conhecimento. De acordo com Mortimer e Scott (2003), o conhecimento científico é um produto social já estabilizado e, portanto, o processo de ensino e aprendizagem não consiste na construção de conhecimentos pela primeira vez, mas sim na construção de entendimentos (*meaning making*) pelos estudantes à medida que são introduzidos à cultura científica.

Esse conjunto de práticas, que são epistêmicas porque envolvem movimentos para compreensão, entre outras vividas em sala de aula e que se assemelham ao trabalho das comunidades científicas, indica que uma variedade de estratégias de ensino pode ser utilizada no EnCI, com base na proposição de problemas, levando em consideração às particularidades de cada situação investigativa (Scarpa & Silva, 2013).

Essas estratégias, conforme Carvalho (2013, p. 9, grifo nosso), podem ser sistematizadas em sequências planejadas “do ponto de vista do **material** e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar novos aprendizados, ter ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor”. O foco do planejamento é permitir que os educandos manipulem materiais, observem variáveis, testem hipóteses e vivenciem outras situações que sustentem a construção de entendimentos em aulas de ciências.

Não se pretende, com isso, equiparar a centralidade do material à do problema nas atividades baseadas em EnCI, nem se aproximar da ideia equivocada de que esta abordagem didática se resume a atividades práticas ou experimentais (Munford & Lima, 2007), mas se defende a importância de oferecer considerações teóricas sobre o papel e o potencial da interação com materiais em sala de aula como uma forma de sustentar a construção de entendimentos e aproximar os estudantes das práticas científicas.

Essas práticas, segundo Kelly (2008, p. 99, grifo nosso), são “um conjunto padronizado de ações, normalmente realizadas pelos membros de um grupo, baseadas em objetivos e expectativas comuns e de acordo com valores, **ferramentas** e significados culturais”<sup>3</sup>. Envolve, portanto, os modos como os membros das comunidades científicas criam, adaptam e utilizam ferramentas para apoiar o trabalho científico (Stroupe, 2015), sendo essas ferramentas “usadas para coleta e análise, desde os artefatos até os construtos para organização de informações e resultados” (Silva & Sasseron, 2021, p. 10).

Ao pensar o contexto escolar a partir das práticas científicas, entende-se que os materiais contribuem “para a mediação intencionada na discussão sobre conhecimentos já sistematizados e existentes” (Sasseron, 2015, p. 52). Para além dessa contribuição, os materiais impactam os resultados encontrados pelos estudantes e podem fundamentar o processo de compreensão e enfrentamento de problemas, como apresentam Santana e Sedano (2021, p. 389), ao indicarem que os materiais devem ser cuidadosamente planejados em aulas investigativas, pois

influenciam diretamente nos resultados e suas características podem embasar as hipóteses dos estudantes. Assim, para analisar um problema dado em aulas investigativas, cada aspecto pertencente à investigação pode favorecer a construção de hipóteses acerca das possíveis respostas para o problema abordado, e isso inclui a manipulação de materiais.

---

3 No original: “a patterned set of actions, typically performed by members of a group based on common purposes and expectations, with shared cultural values, tools, and meanings” (Kelly, 2008, p. 99).

Pelos trabalhos levantados, percebemos que, embora o planejamento e o uso dos materiais no EnCI não ocupem um papel central nas publicações da área, essa temática tem sido discutida em alguns trabalhos que abordam aspectos como a escassez de recursos, as limitações dos livros didáticos ou as dificuldades de planejamento enfrentadas por docentes e licenciandos. Assim, ainda que esses estudos não centrem suas discussões nas especificidades das interações com os materiais, ponto de enfoque do presente artigo, trazem contribuições para o debate teórico que se pretende fazer sobre o papel e o potencial da relação dos estudantes com materiais em sala de aula.

Como exemplos, alguns dos estudos encontrados se concentram em identificar as práticas com as quais os estudantes se envolvem ao interagir com os materiais durante aulas investigativas. Nesses estudos, são mencionadas atividades como a resolução de problemas (Moraes & Taziri, 2019), a classificação de dados e o registro de experimentos (Barros et al., 2023; Bertola & Moraes, 2021), a observação e verificação de regularidades (Ferreira Junior et al., 2020), a construção de explicações científicas baseadas em evidências e raciocínios (Santana & Sedano, 2021), e a argumentação baseada em evidências e o teste de hipóteses (Roldi et al., 2018).

Um ponto que se destaca a partir desses artigos refere-se ao engajamento dos estudantes com os materiais à medida que realizam atividades investigativas, o que potencializa o enfrentamento de problemas e o trabalho com hipóteses. Em um estudo realizado em um Clube de Ciências, Siqueira e Silva (2020), após analisar um grupo do 6º ano do Ensino Fundamental durante a realização de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), observam que o episódio<sup>4</sup> em que os alunos manipularam os materiais tentando resolver o problema foi o mais relevante, evidenciando maior frequência de cooperação e colaboração. “Nesta etapa, também se pôde perceber maior engajamento dos alunos no trabalho coletivo, pois todos quiseram ter a oportunidade de testar suas hipóteses (p. 186)”.

De forma semelhante, Roldi, Silva e Trazzi (2018), após observarem intervenções em um museu de ciência, indicam que a interação com os materiais disponíveis no acervo, durante uma visita monitorada com características investigativas, permitiu que estudantes do Ensino Médio articulassem teorias científicas e evidências observáveis, aproximando-se do fazer científico. Além disso, os autores ressaltam o uso de anotações de campo para complementar as hipóteses levantadas a partir de estudos teóricos prévios, sendo a interação com o acervo e os registros utilizados como base para a argumentação.

Ainda sobre o engajamento, em um estudo realizado com duas turmas de contextos sociais diferentes e distintas experiências prévias com o EnCI, Moraes e Taziri (2019) observaram a participação e iniciativa dos estudantes, bem como o interesse e a curiosidade deles em relação aos materiais enquanto lidavam com o problema proposto

---

4 O episódio analisado no artigo de Siqueira e Silva (2020, p. 179) parte do “problema: Como colorir a folha da acelga sem jogar corante sobre ela? Para resolver o problema, os alunos foram organizados em dois grupos, utilizou-se água, corante, folhas de acelga, recipientes de plástico e toalhas de papel. Todos os materiais de baixo custo e fácil acesso”. Nesse momento, conforme os autores, os estudantes partilharam os objetos, cooperaram entre si, estabeleceram acordos com vistas a um objetivo comum e decidiram coletivamente sobre como utilizar os materiais.

pelos docentes<sup>5</sup>. Contudo, destacam que, em uma das turmas, a familiarização com atividades semelhantes aparentemente aumentou o engajamento, enquanto, na outra, a euforia e a dificuldade de compreensão de uma atividade atípica comprometeram o envolvimento com os materiais.

Outro ponto relevante nos estudos que debatem os materiais no EnCI é o papel do professor na transição da ação manipulativa para a ação intelectual mediada pela interação com os materiais. Em uma análise de uma SEI, Barros e colaboradores (2023) discutem como as perguntas dos professores orientam os registros e o desenvolvimento dos entendimentos em sala, criando oportunidades para que os estudantes possam refletir sobre o que vivenciaram e “distinguir a relação entre os materiais, os efeitos causados, as ações que tiveram sobre os materiais, as reações observadas, além de ouvir os colegas e ampliar seus conhecimentos e ideias na busca pela resposta ao problema (p. 226)”.

Em estudo semelhante, Ferreira Junior e colaboradores (2020) observaram uma aula investigativa na Educação de Jovens e Adultos e constataram que o papel do professor foi crucial para o avanço da discussão, permitindo que os estudantes justificassem suas observações ao promover “o levantamento de hipóteses e, através da observação do experimento e pequenos questionamentos, incentivou que os educandos passassem da ação observacional à intelectual mediada pela argumentação entre colegas e professor” (Ferreira Junior et al., 2020, p. 19).

Ainda sobre esse aspecto, no contexto das aulas dos anos iniciais do Ensino Fundamental, Santana e Sedano (2021) observaram os estudantes interagindo com os materiais ao longo dos processos investigativos, destacando que a professora orientou e incentivou a participação dos estudantes por meio de questionamentos, criando oportunidades para a turma se engajar em práticas epistêmicas.

A partir desses estudos, surgem alguns pontos com os quais se buscará dialogar, tais como os modos como os materiais podem apoiar o engajamento nos processos investigativos; as possibilidades dos materiais para sustentar e complementar o debate teórico; e a passagem da interação e referência aos materiais para seu uso no efetivo enfrentamento do problema. Desse modo, tem-se como objetivo explorar teoricamente o papel e o potencial da relação dos estudantes com materiais em sala de aula, como forma de sustentar o trabalho intelectual e a construção de entendimentos sobre os temas e processos das ciências.

5 Os episódios analisados no artigo ocorreram em uma turma familiarizada com o EnCI e em outra sem experiência prévia com a abordagem. Ambos episódios iniciam com a apresentação dos materiais necessários para a atividade, a saber “um balde com água, folhas sulfites, papéis toalhas, copos descartáveis de plástico lisos e transparentes, sendo que em alguns fizemos um furo no fundo. (...) O problema proposto foi ‘Como colocar o papel dentro do copo e afundar o copo dentro da água sem molhar o papel?’” (Moraes & Taziri, 2019, p. 77). Conforme os autores, nem todos os estudantes se engajaram na apresentação de materiais e na proposição do problema, contudo, ao manipularem os materiais, “apresentaram empolgação durante as tentativas para solucionar o problema proposto (...) Grande parte dos alunos demonstraram a ‘dedicação’ através do entusiasmo ao fazerem as tentativas, na felicidade apresentada por sorrisos e expressões faciais de surpresa ao solucionarem o desafio” (Moraes & Taziri, 2019, p. 80). Além disso, “todos tiveram a iniciativa de tentar realizar a atividade e seguiram as normas propostas de maneira organizada. O emocional esteve presente durante todo o tempo, nas expressões corporais e nas expressões manifestadas” (Moraes & Taziri, 2019, p. 81).

Por se tratar de um texto teórico, o percurso metodológico traçado estrutura-se a partir da linha argumentativa elaborada, que parte da discussão sobre os aspectos materiais da atividade científica para possíveis transposições para os contextos escolares em que o ensino por investigação seja considerado como uma abordagem didática. Para tanto, este estudo apoia-se nas contribuições de Pickering (1995; 2025) sobre agência, na noção de objeto epistêmico (Rheinberger, 1997; Knorr-Cetina, 2001), no construto teórico dos domínios do conhecimento científico (Duschl, 2008; Stroupe, 2014) e nas discussões e análises que decorrem dessas ideias para o ensino de ciências.

## **O Material Possui Agência? Algumas Contribuições de Andrew Pickering**

As ciências naturais estão intrinsecamente vinculadas à nossa interação com o mundo material, pois tanto a ontologia (o que compreendemos como natureza) quanto a epistemologia (como a entendemos) são moldadas pela nossa relação com objetos materiais (por exemplo, seres vivos e não vivos, aparelhos, equipamentos, amostras de laboratório, representações) (Tang, 2024). No entanto, essa interação não é um contato direto e neutro com a matéria, mas é mediada pelas estruturas conceituais e epistêmicas que os cientistas mobilizam para compreender o mundo (Stroupe, 2014). É nessa interdependência entre o que pensamos e o que o objeto nos permite fazer que o conhecimento científico é construído (Pickering, 1995). A complexidade dessa interação foi explorada por Andrew Pickering, físico e doutor em Estudos Científicos, que propôs o conceito de “mangle”, uma metáfora usada para demonstrar a unicidade entre elementos humanos e não humanos na produção e desenvolvimento do conhecimento científico (Pickering, 1995).

Mangle é uma máquina usada para torcer roupas e consiste em rolos unidos por uma engrenagem e acionados por uma manivela. Ao fazer uso adequado do mangle, a roupa é torcida e o excesso de água é extraído, mas o uso pouco acurado pode danificar o tecido ou a própria máquina. Esse dispositivo simples ilustra como a ação humana (girar a manivela) e os materiais (os rolos, a engrenagem e as roupas) trabalham juntos<sup>6</sup> para alcançar um resultado específico (Pickering, 1995; Silva & Sasseron, 2025a). A referência à máquina destaca a importância da ação humana na realização da atividade científica, pois é preciso saber operá-la de forma eficaz. Isso inclui como posicionar as roupas adequadamente e ajustar a velocidade da manivela, pois a manutenção dessa sinergia que ocorre entre aspectos humanos e não humanos é o que Pickering chama de “tunning”, que envolve a habilidade humana e a disponibilidade de materiais apropriados em qualquer atividade científica (Silva & Sasseron, 2025a).

---

<sup>6</sup> A ideia de “trabalham juntos” significa que a ação humana e o material se coordenam e se limitam mutuamente para alcançar um resultado específico. Nesse processo, a intenção humana não governa o material de forma absoluta; antes, ela é constantemente reconfigurada pelas resistências — que se dá em função de propriedades físicas e/ou químicas — dos materiais envolvidos (Pickering, 1995; Silva & Sasseron, 2025a). Por exemplo, se a roupa enrola no rolo (resistência material), a intenção se altera. Portanto, para Pickering (1995) o material não é apenas “consequência”, a resistência oferecida por ele pode reconfigurar a intenção humana.

Suas ideias estão fundamentadas em uma imagem performativa da ciência, considerando-a a partir de duas perspectivas, que estão interligadas entre si. Primeiro, “no fazer coisas” e, segundo, na “performance com o mundo” (Pickering, 2025). O “fazer coisas” desloca o foco da ciência apenas como representação para a ciência como prática (Pickering, 1995). A “performance com o mundo” introduz a ideia de que o mundo material não é um receptor passivo da ação humana, mas um agente ativo cujas propriedades e resistências performam e moldam o processo de construção do conhecimento. Desse modo, essa diferenciação revela que a ciência não é apenas o que os cientistas fazem, mas o que emerge da interação mútua entre eles e os materiais (Pickering, 2025).

Para Pickering (1995; 2025), há uma simetria analítica entre as agências humana e material. Embora sejam diferentes em sua natureza, a agência humana é orientada por intencionalidade e planos, e a agência material manifesta-se por meio de resistências (Pickering, 1995; 2025), ambas são igualmente determinantes na prática científica. Nesse sentido, os materiais agem ao imporem resistências que forçam os humanos a reconfigurar constantemente suas intenções. Assim, dizer que os materiais agem não significa dizer que eles possuem intenções ou vontade própria, mas que suas propriedades físicas e/ou químicas produzem efeitos que não podem ser ignorados pela agência humana. Por exemplo, as águas de um rio ao ser barrado vão transbordar. No entanto, o transbordar não é apenas uma “consequência”, mas é a manifestação da agência da água que impõe limites à intenção humana de impedir em seu curso natural. O rio que transborda não “quer” inundar, mas a sua ação física (resistência) obriga os humanos a mudar os seus planos, a reconstruir a barragem ou a fugir. Essa capacidade de produzir uma diferença no mundo é o que define a agência material. Portanto, é nesse “entrelaçamento” (mangle) que o conhecimento é construído.

Explorando essa imagem performativa da ciência, Pickering (1995) propõe a metáfora da “dança das agências”. Nela, os cientistas, movidos por suas intenções (agência humana), constroem uma nova máquina (que pode ser um instrumento, um experimento, um modelo, uma hipótese, uma representação) (Manz, 2015). Após essa intervenção, os cientistas adotam uma postura de monitoramento, aguardando a manifestação da agência material (Pickering, 1995; Manz, 2015), que

pode ser compreendida em sua resistência a serem acelerados, desacelerados, totalmente interrompidos ou até mesmo revertidos. No entanto, esses processos ocorrem de maneira mais ativa do que a simples resistência de uma pedra no caminho. Esses processos acontecem, de certa forma, em seu próprio tempo<sup>7</sup> (Böschen et al., 2015; p. 261; tradução nossa)<sup>8</sup>.

7 A expressão “em seu próprio tempo” refere-se à autonomia temporal de determinados processos materiais, por exemplo, o decaimento radioativo ou o crescimento bacteriano. Eles possuem ritmos intrínsecos que não se submetem inteiramente à cronologia ou à vontade humana. Nesses exemplos, a agência material manifesta-se na resistência a ser acelerada ou interrompida, fazendo com que os cientistas moldem sua prática a essa temporalidade (Böschen et al., 2015).

8 No original: “may be conceptualized in their resistance to being sped up, slowed down, halted altogether, or even reversed, but nevertheless these processes occur in a more active manner than the simple resistance of a rock lying in the way. These processes happen, in a way, in their own time” (Böschen et al., 2015, p. 261).

Essa fase de captura não implica inatividade ou um escalonamento mecânico entre “pensar” e “fazer”; pelo contrário, ela faz parte de um processo contínuo de sintonização (tuning). No entanto, quando a captura da agência material falha em corresponder às intenções dos cientistas, Pickering (1995) define como resistência. Assim, a resistência indicaria o fracasso da captura da agência material e a dinâmica da sintonização se altera. Então, o cientista abandona a postura de monitoramento e assume uma agência humana num esforço de acomodação. Esta fase envolve a reconfiguração de instrumentos, modelos ou práticas, visando contornar a resistência material e permitir uma nova tentativa de captura (Pickering, 1995; Manz, 2015; Bösch et al., 2015). A acomodação é uma estratégia humana de resposta à resistência, podendo reconfigurar objetivos e intenções, uma característica geral da prática científica (Pickering, 1995; Silva & Sasseron, 2025a). É nesse processo que resistências materiais inesperadas forçam o cientista a revisar seus planos originais, em um fluxo ininterrupto de resistência e acomodação (Manz, 2015). De acordo com Pickering (1995; 2025), esse fluxo ininterrupto de sintonização revela que o conhecimento não é apenas imposto pelo humano, mas emerge de uma reação necessária às performances do mundo material.

Desse modo, “Pickering conceitua a ciência como uma dança de agência humana e material, compreendendo iterações de resistência e acomodação” (Manz, 2015; p. 90; tradução nossa). Manz (2015) esclarece o que Pickering (1995) denomina de “dialética da resistência acomodação”:

Os cientistas exercem sua agência desenvolvendo hipóteses, procedimentos, máquinas e medidas, que aplicam a fenômenos materiais. O **mundo responde** fazendo algo, geralmente algo inesperado e um tanto misterioso; ele resiste à sua captura pela agência humana. Os cientistas então se engajam na acomodação, desenvolvendo novos objetivos, práticas e compreensões. Uma implicação dessa visão é que práticas e compreensões são ajustadas e estabilizadas em relação umas às outras. Quando os experimentos não se comportam como esperado, os cientistas reconsideram tanto seus procedimentos materiais (por exemplo, experimentos ou medidas) quanto suas concepções conceituais, ou seja, sua compreensão do fenômeno e como o experimento o representa. Produzir uma descoberta científica envolve fazer com que procedimentos, concepções conceituais e resultados se encaixem. Portanto, os quebra-cabeças materiais são aspectos essenciais da ciência: eles desestabilizam tanto as práticas quanto as ideias, estabelecendo a necessidade de reconsiderar cada um à luz do outro (p. 90; tradução nossa, grifo nosso)<sup>9</sup>.

---

9 No original: “Scientists enact their agency by developing hypotheses, procedures, machines, and measures, which they apply to material phenomena. The world responds by doing something, generally something unexpected and somewhat mysterious; it resists its capture by human agency. Scientists then engage in accommodation, developing new goals, practices, and understandings. An entailment of this view is that practices and understandings are tuned and stabilized in relation to each other. When experiments do not perform as expected, scientists reconsider both their material procedures (e.g., experiments or measures) and their conceptual accounts, that is, their understanding of the phenomenon and how the experiment represents it. Producing a scientific finding involves making procedures, conceptual accounts, and results hang together. Therefore, material puzzles are essential aspects of science: They destabilize both practices and ideas, establishing a need to reconsider each in light of the other” (Manz, 2015, p. 90).

A existência de certa resistência dos materiais às intenções humanas não significa que a agência material exista por si só, mas entrelaçada com a agência humana (Böschen et al., 2015). É importante reforçar que, na perspectiva do mangle, a agência material não pode ser confundida com intencionalidade; pois enquanto a agência humana ocorre com base em intenções e metas, os materiais agem de forma performativa. Manz (2015) usa a expressão “o mundo responde” considerando a resistência física e/ou química que os materiais impõem aos desenhos experimentais, forçando o cientista a um processo de sintonização. Pickering (1995) também não reduz a agência material a efeitos isolados dos materiais, pois eles não servem apenas como um objeto passivo às ações humanas, mas moldam a produção de significados e constituem práticas sociais (Silva & Sasseron, 2025a). Por exemplo, o uso de um microscópio não é apenas um acessório para a visualização de uma célula; ele faz parte de uma prática social de observação que molda o que entendemos por essa célula. As lentes (agência material) limitam ou expandem o que pode ser visualizado, definindo os critérios de evidência e verdade dentro da comunidade científica. Se a lente distorce a imagem, o cientista precisa acomodar sua prática, criando protocolos de limpeza ou ajuste que passam a constituir práticas sociais daquele laboratório.

Desse modo, para Pickering (2025), não compreendemos como o mundo funciona apenas pela cognição, pois emerge de um entrelaçamento que envolve ação e performance. Portanto, ação e performance estão intrinsecamente vinculadas à centralidade dos materiais na prática científica, pois são as propriedades materiais que impõem resistências às intenções humanas (Pickering, 1995; Manz, 2015; Böschen et al., 2015; Silva & Sasseron, 2025a). Assim, o material deixa de ser um acessório para tornar-se central no processo de investigação, pois a partir da performance (resistência) do material que o cientista é compelido a refletir, revisar seus conhecimentos e reconfigurar suas ações (Manz, 2015; Silva & Sasseron, 2025a). Portanto, a centralidade na qual referimos, reside no fato de que o conhecimento não é apenas “sobre” o mundo, mas “com” o mundo (Pickering, 2025), em um processo no qual a materialidade define os limites e as possibilidades da prática científica.

Essa centralidade dos materiais que Rheinberger (1997) e Knorr-Cetina (1999; 2001) exploram com foco nos laboratórios, contribuindo para compreendermos como os objetos epistêmicos (os materiais de pesquisa em seu estado de investigação) são ativos nos processos de produção e desenvolvimento do conhecimento científico e se incorporam em práticas científicas (Knorr-Cetina, 2001; Nerland & Jensen, 2010). Enquanto Rheinberger (1995) argumenta que os laboratórios são locais de experimentação e negociação de materiais, onde cientistas manipulam e transformam materiais para produzir novos conhecimentos, Knorr-Cetina (1999) explora as dimensões sociais, materiais e culturais do trabalho laboratorial, enfatizando as maneiras pelas quais as identidades, os valores e as práticas dos cientistas moldam a produção do conhecimento científico (Silva & Sasseron, 2025a). Nesse contexto, para Knorr-Cetina (1999; 2001) e Rheinberger (1997), a ciência não “descobre” uma realidade que já estava lá esperando;

ela “manufatura” o conhecimento em laboratórios. Isso significa que o conhecimento deixa de ser compreendido como uma representação neutra e universal da realidade para ser concebido como um produto situado e contingente, marcado pelas negociações sociais e materiais que o originaram. Assim, a ciência é uma construção humana e material, logo, ela não é neutra.

Rheinberger (1997) defende que os cientistas não lidam com experimentos isolados, mas com sistemas experimentais complexos que permitem a construção de novos conhecimentos, contemplando os diversos aspectos envolvidos na pesquisa científica. Para ele, esses sistemas não podem ser concebidos como um sistema de conceitos, mas como um processo que também é mediado e sustentado por materiais para criação e desenvolvimento de conhecimentos; incluindo “os instrumentos, equipamentos, aparatos, arranjos experimentais de todos os tipos, habilidades necessárias para utilizá-los de formas significativas, objetos de pesquisa e espaços nos quais todos esses aspectos interagem de forma produtiva e criativa”<sup>10</sup> (Rheinberger, 2011, p. 310-311, tradução nossa).

Considerando esses elementos que constituem os sistemas experimentais, os objetos de pesquisa, também chamados de objetos epistêmicos, são essenciais não somente para compreendermos o papel ativo que os materiais desempenham na ciência, mas também quando e como eles moldam as práticas científicas.

## **A Noção de Objeto Epistêmico na Ciência e no Ensino de Ciências**

Os objetos epistêmicos<sup>11</sup> são entidades e processos materiais sob investigação, pois são teoricamente indeterminados e sob os quais se direciona o interesse científico (Rheinberger, 2021). Possuem como característica a sua natureza mutável e incompleta (Knorr-Cetina, 2001), porque “são definidos mais pelo que não são (e virão a ser, em algum momento) do que pelo que já são”<sup>12</sup> (p. 182; tradução nossa). Desse modo, os objetos epistêmicos possuem uma historicidade; ou seja, eles podem surgir, transformar-se ou evoluir, revelando novos aspectos sobre si mesmos (Chang, 2011) e os sistemas experimentais que constituem.

Como exemplo dessa historicidade dos objetos epistêmicos, Rheinberger (2008) explora o caso dos mutantes da mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*). Por muito tempo, eles foram usados como um organismo modelo (instrumentos) com os quais os

---

10 No original: “instruments and measurement apparatus, preparation arrangements of different kinds, the necessary skills to use them in meaningful ways, the research objects, and not least the spaces in which these moments are brought to interact with each other in productive and creative arrangements” (Rheinberger, 2011, p. 310-311).

11 Optamos pelo termo “objeto epistêmico” (Rheinberger, 1997; 2011; 2016; Knorr-Cetina, 2001) em vez de “objeto de pesquisa” por uma distinção conceitual e por ser o termo empregado por Rheinberger; enquanto o segundo é frequentemente tratado como um objeto passivo, o primeiro enfatiza a materialidade em seu estado de “vir-a-ser” (Rheinberger, 1997; Knorr-Cetina, 2001). Desse modo, ele não é passivo, mas assume uma centralidade dinâmica no processo investigativo, pois a partir das resistências e incertezas que impõe, ele se torna alvo de interesse de um grupo (Rheinberger, 2016).

12 No original: “are as much defined by what they are not (but will, at some point have become) than by what they are” (Knorr-Cetina, 2001, p. 182).

genes — os objetos epistêmicos em questão — puderam ser localizados e seus lugares fixados nos cromossomos. Com o avanço da Bioquímica Genética, eles se tornaram objetos epistêmicos, pois suas características se tornaram alvo de investigação, em vez de apenas localizadores (Rheinberger, 2008). Esse exemplo, permite também ilustrar a mutabilidade dos papéis dos objetos (Rheinberger, 1997). Se os objetos epistêmicos são indeterminados, por outro lado, os objetos técnicos envolvem os equipamentos, instrumentos e ferramentas que já são bem conhecidos e servem como suporte para os objetos epistêmicos. Podemos afirmar que a indeterminação dos objetos epistêmicos não se refere apenas à uma lacuna teórica momentânea, mas sobretudo à sua capacidade de transformação ao longo do tempo (Rheinberger, 2022). De acordo com esse autor, um objeto não é “epistêmico” por natureza, mas sim pela função que ocupa em um sistema experimental<sup>13</sup> em um determinado momento histórico da ciência.

Outra característica dos objetos epistêmicos é que eles se tornam o foco dentro de uma comunidade de conhecimento específica, o que Knorr-Cetina (1999) define como culturas epistêmicas. Nessas comunidades, os objetos são construídos e moldados interativamente por meio de práticas especializadas (Knorr-Cetina, 2001; Sellberg & Solberg, 2024). Contudo, esta perspectiva não pode ser confundida como uma concepção fechada da ciência. Embora a produção inicial ocorra em contextos situados em comunidades específicas, os objetos epistêmicos possuem a capacidade de transitar entre diferentes domínios e redes de práticas, influenciando e sendo reconfigurados por novos contextos de aplicação (Rheinberger, 2022). Desse modo, dependendo do campo de investigação, os objetos epistêmicos podem assumir formas muito diferentes, por exemplo, pode ser uma mosca, uma rocha, um equipamento, uma estrutura química, um espectro de absorção na região do infravermelho, e até mesmo, um modelo, uma simulação (Rheinberger, 2025; Silva & Sasseron, 2025a). Desse modo, o que vai definir a emergência de um objeto epistêmico no curso da investigação científica é a incerteza acerca desse objeto, podendo ser tanto na sua estrutura quanto na sua função (Rheinberger, 2021; 2025). Cabe destacar que essa incerteza para a emergência de um objeto epistêmico não é apenas uma dúvida subjetiva do pesquisador, mas a indeterminação material e conceitual do objeto no curso da investigação (Rheinberger, 1997; 2021).

Embora originalmente formulada para o contexto da atividade científica, a noção de objeto epistêmico proposta por Rheinberger tem sido transposta para os contextos educacionais (por exemplo, Kalthoff & Rohel, 2011; Sasseron, 2021; Silva & Sasseron, 2025a; Ramos, Silva & Mendonça, 2026). Nessa transposição, o foco recai sobre as maneiras pelas quais os estudantes posicionam os materiais (Silva & Sasseron, 2025a; 2025b); o objeto torna-se epistêmico não pela sua novidade absoluta perante a ciência, mas

---

13 De acordo com Rheinberger, o sistema experimental é a unidade funcional da atividade científica, sendo descrita como uma “máquina de fazer o futuro”, ou seja, geradora de questões em vez de respostas. É o cenário completo onde a investigação acontece, constituindo-se de aspectos locais, sociais, técnicos, institucionais e epistêmicos. É o espaço onde as coisas epistêmicas, objetos epistêmicos e o conjunto de objetos técnicos interagem e se transformam mutuamente.

pelas possibilidades de que ele seja investigado e o potencial de desdobramento durante o processo de ensino e aprendizagem. Os objetos usados nas aulas são transformados em objetos epistêmicos por meio dos processos discursivos, incorporando o conhecimento que deve ser aprendido e necessitam estar no centro das atenções, mas não podem ser dados como definidos, uma vez que caberá aos professores moldá-los como tal (Kalthoff & Rohel, 2011). Nesse sentido, atividades nas quais os estudantes cumprem tarefas definidas em roteiros não promovem o seu contato com objetos epistêmicos, havendo a necessidade de que os professores permitam que os estudantes investiguem os materiais (Sasseron, 2021).

Para que seu trabalho intelectual seja possível, os estudantes precisam vivenciar atividades que envolvam incerteza, raciocínio e transformação de ideias (Stroupe, 2014; 2015). Essas atividades são apoiadas pelo uso, criação e reconfiguração de ferramentas, tecnologias e materiais (Stroupe, 2014). Nessa perspectiva, Silva e Sasseron (2023) propuseram o uso de objetos epistêmicos para caracterizar a maneira como os estudantes relacionam seu trabalho intelectual com os materiais, sejam eles concretos (por exemplo, reagentes, prisma, peça anatômica) ou abstratos (por exemplo, estrutura química de uma substância, gráficos, tabelas). Em algum momento, os materiais em estudo precisam ser posicionados como objetos epistêmicos durante as situações de ensino.

Professores de Química<sup>14</sup> em formação inicial posicionaram representações visuais (as estruturas químicas dos reagentes e produtos envolvidos em uma reação química) como objetos epistêmicos, ajudando-os a explorar seus conhecimentos sobre reações orgânicas e favorecendo a aprendizagem (Silva & Sasseron, 2025b). No contexto da discussão que se desenvolve neste artigo, pode-se exemplificar a partir de Silva e Sasseron (2025b) de que as representações visuais em um ensino expositivo da reação orgânica servem apenas como ilustração de um produto final, ou seja, são posicionadas como objetos técnicos. Por outro lado, no ensino por investigação, a representação é posicionada como objeto epistêmico, exigindo que o estudante a explore para prever centros reativos (nucleófilos e eletrófilos) e compreender o fluxo da densidade eletrônica que caracteriza a transformação (mecanismo de reação). Nesse sentido, o mecanismo de reação — mediado pelo uso das setas curvas — deixa de ser uma mera ilustração de uma equação química para ser consequência de uma análise das estruturas químicas e das condições da reação orgânica em estudo.

Esse posicionamento caracterizou o uso dessas representações como uma prática epistêmica<sup>15</sup>, necessária para a construção do conhecimento em Química Orgânica (Silva & Sasseron, 2025a). Também no campo da formação de professores de Química, Ramos et al. (2026) demonstraram como textos sociocientíficos podem ser tratados como objetos epistêmicos. Isso ocorre quando o texto é utilizado para gerar conflitos e

---

14 Assim como para a palavra Ciências, a palavra Química e suas variações serão usadas com iniciais em maiúsculas quando estiverem se referindo à disciplina escolar e com iniciais em minúsculas quando a referência for à área de conhecimento.

15 Entende-se as práticas epistêmicas como práticas sociais que levam a construção de novos conhecimentos e novos modos de ações (Sasseron et al., 2025; Knorr-Cetina, 2001; Silva & Sasseron, 2025a).

incertezas, em vez de fornecer conclusões fechadas, atuando por meio de sua resistência material para o engajamento dos professores em formação inicial em práticas epistêmicas de argumentação. No ensino por investigação, por exemplo, há uma maior possibilidade de um texto ser posicionado como objeto epistêmico, pois o estudante precisa investigar a natureza de um dado conflitante ou avaliar como essa evidência sustenta a resolução de um problema. Em contraste, no ensino expositivo, o estudante frequentemente usa o texto apenas para a extração passiva de informações, posicionando-o como um objeto técnico<sup>16</sup>.

Pondera-se que o trabalho com os materiais não está desconectado do problema a ser resolvido. No ensino por investigação, os materiais não podem ser vistos apenas como objetos técnicos, pois figuram a partir de resistências e incertezas que impulsionam o trabalho intelectual; é nessa interação que a dúvida sobre o problema se transforma no resultado. Portanto, a maneira como os materiais são abordados é determinante para o processo investigativo, uma vez que o problema orienta se o material será posicionado como um objeto epistêmico ou técnico. Em síntese, a transposição da noção de objeto epistêmico para o ensino de Ciências implica que os materiais didáticos não são apenas suportes para estudar a teoria, pois eles precisam ser investigados, pois exige uma mudança de perspectiva sobre sua função didática, inclusive, nas atividades experimentais.

## Os Materiais e as Atividades Experimentais

Estudos sobre o papel das práticas no ensino de Ciências tornam possível reconhecer diferentes objetivos do trabalho com elas em sala de aula (Borges, 2002; Carvalho, 2006; 2018; Sasseron, Silva & Nascimento, 2025). Reconhece-se também a relação entre o uso de práticas em propostas didáticas e os objetivos educacionais, assim como a mobilização das práticas a partir das concepções de ensino e de ciências (Sasseron, Silva & Nascimento, 2025).

A experimentação, compreendida como uma prática de ensino, é destacada como elemento importante para a abordagem das ciências da natureza e, em alguns casos, vinculada a perspectivas advindas das propostas de John Dewey sobre a relevância da experiência na educação (Zômpero & Laburu, 2011). De modo sucinto, destacam-se os três principais momentos e modos de uso da experimentação em situações de ensino de Ciências.

Primeiro, nas décadas de 1950 e 1960, projetos de ensino desenvolvidos em diferentes países trazem a experimentação como componente marcante e podemos reconhecer a busca por oportunizar aos estudantes situações em que, em contato com aparatos experimentais, possam comprovar e verificar conceitos e leis abordados

---

16 Diferentemente dos objetos epistêmicos, os objetos técnicos são caracterizados por serem definidos, fechados, conhecidos e bem compreendidos pelos seus usuários. Como exemplo, Silva e Sasseron (2025b, p. 616) explicam que, “No caso em que as representações visuais são concebidas como um produto acabado, apresentado aos aprendizes como completo, são consideradas objetos técnicos. Por outro lado, quando são concebidas como parte de um processo, no qual se busca compreender seu contexto de produção e se avalia sua necessidade de desempenhar uma função, são consideradas objetos epistêmicos”.

teoricamente em aulas (Osborne, 2016). Para além da execução mecânica, o objetivo era permitir que os estudantes compreendessem a manifestação concreta da lei e sua validade universal, partindo de enunciados prévios para entender como eles se afirmam na dinâmica da realidade. No entanto, a experimentação implicava na execução de procedimentos preestabelecidos (Osborne, 2016). Por exemplo, na observação de células da epiderme de cebola ao microscópio, o material biológico serve apenas como um suporte para confirmar o que já está exposto no livro didático. A “resposta” já existe antes do experimento começar e cabe aos estudantes apenas identificar e desenhar as estruturas da célula (parede, núcleo e citoplasma). O microscópio e a lâmina são posicionados como objetos técnicos e o objetivo do experimento é a comprovação.

Segundo, nas décadas de 1980 e 1990, a experimentação passa a acontecer a partir do foco no problema e, com isso, a atenção se volta para a relação dos sujeitos com os processos para resolvê-lo (Borges, 2002; Osborne, 2016). Por exemplo, o professor propõe um problema: “Como a concentração de sal no meio afeta a estrutura física da célula da cebola?”. O estudante precisa planejar o experimento: preparar diferentes soluções salinas, observar as células e registrar o fenômeno de murchamento da membrana (plasmólise). A célula começa a ser problematizada e o foco está nos processos (observação, controle de variáveis, registro). Nesta situação, o foco sai da confirmação e vai para o processo. No entanto, o resultado ainda é esperado e linear.

Terceiro, nos anos mais recentes, sobretudo a partir da década de 2010, a crítica assume papel central no ensino de Ciências e, para a experimentação, isso resulta em envolvimento de estudantes com práticas epistêmicas para avaliar situações e buscar modos de entender e justificar as perspectivas em construção (Osborne, 2016; Kelly & Licona, 2018). Por exemplo, os estudantes investigam tecidos vegetais sob suspeita de contaminação por agrotóxicos, para isso, eles também utilizam as células da epiderme de cebola como um modelo. Ao se depararem com comportamentos anômalos (por exemplo, como células que não sofrem plasmólise sob condições que deveriam induzi-la ou que apresentam deformações estruturais), os estudantes percebem que o material não se comporta de acordo com o modelo clássico de célula vegetal saudável. Nesse contexto, a célula torna-se um objeto epistêmico porque impõe resistências, deixando de ser uma “verdade absoluta” do livro didático e passa a ser uma incógnita. O estudante se depara com questões de diversas ordens: “Por que esta célula resistiu à plasmólise?”, “O dado é confiável ou é um erro de técnica?”, “O modelo é suficiente para explicar este caso ou a presença do contaminante alterou a fisiologia das amostras de forma a exigir uma nova justificativa?”. O estudante engaja-se em processos de avaliação dos resultados e a imagem do microscópio deixa de ser apenas uma “ilustração” para ser uma evidência que precisa ser legitimada pelo grupo. O trabalho intelectual consiste em coordenar esses dados materiais com o problema da contaminação para construir e validar explicações.

As mudanças nos usos da experimentação podem ser identificadas também a partir da análise da forma como os estudantes interagem com os materiais experimentais vinculados à atividade.

Práticas mais voltadas para a execução de procedimentos costumam estar associadas a arranjos experimentais predefinidos e cuja manipulação é planejada para surtir o efeito desejado, ou seja, para que o fenômeno estudado teoricamente possa ser comprovado ou verificado. Nesse contexto, a preocupação recai sobre a eficácia do aparato experimental, e não sobre a ação investigativa dos estudantes. Ao serem restritos a seguir roteiros rígidos, os estudantes não posicionam o aparato experimental como objeto epistêmico, uma vez que a materialidade é apresentada como uma entidade técnica definida que não admite incertezas ou resistências (Pickering, 1995; Rheinberger, 1997). A partir disso, são práticas que não se preocupam em abrir espaço para a ação dos estudantes, seja na proposição de novos arranjos experimentais ou na tomada de decisões durante o processo. A ação discente fica limitada à execução mecânica de passos definidos previamente, o que restringe a manipulação do material ao seu status de objeto técnico (Rheinberger, 1997).

Quando o problema assume papel central, o trabalho com os materiais pode ocorrer de diferentes modos. Uma das possibilidades são as situações em que o arranjo experimental<sup>17</sup> é apresentado pronto aos estudantes junto ao problema. Nelas, os estudantes levantam hipóteses e organizam modos de trabalho para a solução desse problema; neste panorama, os materiais são posicionados como objetos técnicos, pois são usados como suporte e cuja função é apenas auxiliar na resolução do problema. Desse modo, a própria estrutura ou o funcionamento desses materiais não são questionados. Por outro lado, podem ocorrer situações em que, diante do problema, os estudantes precisam construir os meios para resolvê-lo. Em contextos como este, o próprio arranjo experimental está em análise e sob questionamento; com isso, os materiais assumem caráter de objetos epistêmicos (Rheinberger, 1997), pois deixam de ser suportes e passam a fazer parte do processo investigativo, uma vez que os estudantes precisam lidar com resistência e incertezas dos próprios materiais (Pickering, 1995; Rheinberger, 1997). Consequentemente, os modos de interação dos estudantes com os materiais (como objetos técnicos ou epistêmicos) é definido pelo delineamento do experimento. Isso implica na articulação entre a natureza do problema e o nível de abertura do arranjo experimental, que determina se o estudante atuará executando procedimentos definidos previamente ou investigando as incertezas e resistências materiais.

Sob esta perspectiva, torna-se relevante considerar as agências emergentes, que surgem durante a investigação e não são totalmente previsíveis de antemão. Pickering (1995) discute a prática científica a partir de vínculos estabelecidos, rompidos ou modificados em uma rede de elementos culturais, que abrange desde teorias e normas sociais até os próprios materiais. A relação entre pesquisadores e objetos é descrita pelo conceito de performatividade e de agência (Pickering, 1995). A performatividade

---

17 A partir da transposição do conceito de Rheinberger (1997) para o Ensino de Ciências, entende-se o arranjo experimental como o suporte material e procedimental determinado que permite a investigação. Ele é constituído pelo conjunto de objetos técnicos — instrumentos, equipamentos, organismos, reagentes, representações e modelos — e habilidades procedimentais que servem de base para compreender o que se está investigando (objeto epistêmico).

significa que a ciência não é concebida apenas como um espaço de representação, ela é também espaço de ação, em que o cientista age e o material responde impondo resistências e incertezas (Pickering, 1995; Rheinberger, 1997). Nesse contexto, a agência é entendida como ação e os seus desdobramentos, manifestando-se de três formas: a agência humana (as intenções e os planos dos cientistas), agência material (as resistências e incertezas impostas pelos materiais) e a agência social (a sintonia entre as intenções humanas e as possibilidades materiais) (Pickering, 1995). A interação entre as agências humana e material ocorre pela “dialética da resistência e acomodação”: a resistência emergindo em situações em que o funcionamento do material ocorre fora do que se esperava, desafiando as intenções humanas; e a acomodação sendo explicitada pela resposta humana, visando lidar com o imprevisto (Pickering, 1995). Esse processo de sintonia ou ajuste (tuning), é a manifestação dessa agência social, em que os cientistas reconhecem o potencial do material e moldam a prática para que o conhecimento seja construído.

Considerando que o posicionamento dos materiais em uma atividade responde a uma intencionalidade pedagógica específica, torna-se fundamental ponderar como essa escolha determina a dinâmica das agências humana e material em sala de aula. Dependendo de como os professores organizam o arranjo experimental, o material pode ser posicionado como objeto técnico ou como epistêmico. Quando o material é posicionado como objeto epistêmico, abre-se espaço para a “dialética da resistência e acomodação” (Pickering, 1995), na qual a sintonia (tuning) entre os objetivos dos estudantes e as resistências e incertezas do material permite a manifestação da agência social. Por outro lado, em atividades em que essa sintonia não ocorre, a agência humana (na figura do roteiro com passos previamente definidos para os estudantes apenas seguirem e da intenção do professor) prevalece e o material é reduzido a um suporte de onde se extrai apenas o resultado já previsto anteriormente.

Nas situações didáticas em que os estudantes executam procedimentos predefinidos para a comprovação de leis e conceitos, a agência humana interage com o objeto e este manifesta suas propriedades físicas e/ou químicas. Desse modo, as resistências e incertezas (agência material) inerentes aos materiais envolvidos no fenômeno em estudo são minimizadas ou antecipadas pelas instruções. Embora ocorra uma interação, o encontro não promove a percepção do que o material é capaz de fazer (resistências e incertezas), uma vez que o uso daquele material de um determinado modo foi estabelecido *a priori*, pelas instruções sobre a atividade, o que não implica em reconhecimento, pelos estudantes, do porquê realizaram tal interação com o objeto.

Já em atividades experimentais em que um problema é apresentado a estudantes, o arranjo experimental é disponibilizado aos estudantes como um campo de possibilidades para a realização da atividade, mas sem a prescrição de um roteiro com os procedimentos a serem realizados. Nesse contexto, a agência humana mobiliza o objeto com uma intencionalidade específica (a resolução do problema), exigindo o enfrentamento das resistências e incertezas materiais. Esse confronto leva à compreensão de como o objeto

se comporta, ou seja, a compreensão de sua agência material. Com isso, as intenções dos estudantes se ajustam às respostas do objeto, estabelecendo a sintonia (tuning) entre agência humana e material, o que permite a emergência da agência social.

Ainda há situações didáticas em que o problema é apresentado, mas os materiais não são fornecidos organizados como um arranjo experimental pré-estabelecido. Nesse caso, o arranjo não é o ponto de partida, pois os materiais que o constituem encontram-se em um estado de “indeterminação”, exigindo que os estudantes, por meio de sua agência humana, analisem, selecionem e testem quais objetos mobilizar. O arranjo experimental emerge da própria investigação, necessitando do reconhecimento das potencialidades dos materiais e a sintonia (tuning), uma vez que é o uso ponderado e o ajuste entre as intenções dos estudantes e as resistências e incertezas dos objetos que permitirão transformar um conjunto disperso de materiais em um arranjo experimental funcional para resolver o problema.

Diante disso, compreende-se ser possível perceber a emergência das agências (humana, material e social) em diferentes situações didáticas. Compreender como essas agências se coordenam permite que o planejamento de atividades didáticas pautadas no ensino por investigação não foque apenas no conteúdo, mas na dinâmica de interação entre estudantes e objetos. Para tanto, é fundamental que o planejamento articule os domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico, visto que essa abordagem valoriza a intenção e os planos dos estudantes (agência humana), o enfrentamento das resistências e incertezas dos objetos (agência material) e os processos dialógicos (agência social), revelando assim a sintonia (tuning) necessária para a construção dos entendimentos em sala de aula.

## **Domínios do Conhecimento Científico: O Papel dos Materiais para Sustentar o Trabalho Intelectual**

Os domínios do conhecimento científico são um construto teórico utilizado para análise de quais elementos são abordados em situações de ensino e aprendizagem de Ciências (Duschl, 2008; Stroupe, 2014; Franco & Munford, 2020; Lino & Sasseron, 2024; Silva & Sasseron, 2025a). Inicialmente, Duschl (2008) propôs três domínios do conhecimento científico: o domínio conceitual (DC), bastante mobilizado em sala de aula pela abordagem de conceitos, leis, teorias e formas de raciocinar cientificamente; o domínio epistêmico (DE), caracterizado pelos modos ou estruturas utilizadas para propor e avaliar um conhecimento ou uma proposição; e o domínio social (DS), revelado pelos processos e contextos que moldam como se propõe, avalia e legitima o conhecimento. Stroupe (2014) adicionou o domínio material (DM) do conhecimento científico apresentando-o como as ferramentas físicas e intelectuais que ajudam o desenvolvimento do trabalho científico.

Como alguns exemplos desses domínios, tem-se a análise de Silva e Sasseron (2023) em uma aula de Química Orgânica, na qual o DC é identificado pela exposição do conteúdo estudado por parte da professora, pela mobilização de conceitos para

responder a dúvidas da turma ou pelo seu esforço em levantar conhecimentos prévios dos estudantes; o DM é identificado pelo uso de representação para sustentar explicações ou pela utilização de material experimental para realização de reação no laboratório; o DS é identificado pelo estabelecimento de norma da Química Orgânica sobre o emprego de representações para registro de dados experimentais ou pela apresentação de critérios a serem utilizados pelos estudantes ao escolherem representações; já o DE é identificado no momento em que a professora organiza o entendimento sobre reações orgânicas e explica o porquê dessa organização.

Ainda no intuito de exemplificar a ocorrência dos domínios em sala de aula, retomamos a análise de uma aula de laboratório de Eletricidade (Lino & Sasseron, 2024) que identificou o DC em momentos em que estudantes retomam conteúdo estudado para resolver problemas ou para construir entendimentos sobre um fenômeno experimental que observam; o DM em momentos em que os estudantes discutem sobre o aparato experimental e sobre sua adequação para a coleta de dados que necessitam; o DS em momentos em que os estudantes retomam alegações de outro colega para revisar suas próprias ideias ao longo de uma investigação; e o DE em momentos de negociação para a construção coletiva de hipóteses e explicações válidas.

Pesquisas têm discutido como os domínios do conhecimento científico podem ser considerados em planejamentos didáticos (Franco & Munford, 2020; Sasseron et al., 2025; Nascimento & Silva, 2025; Sasseron & Orofino, 2025), assim como seu papel em situações de aprendizagem (Lino & Sasseron, 2024; Silva & Sasseron, 2025a) e, por isso, se entende ser importante identificar de que modo estes domínios podem ser considerados à luz da materialidade que se constrói ou se possibilita em atividades didáticas pautadas no ensino por investigação. Nessa abordagem, os domínios são considerados de forma integrada nos planejamentos didáticos (Franco & Munford, 2020; Sasseron et al., 2025; Nascimento & Silva, 2025; Sasseron & Orofino, 2025). Nas situações de aprendizagem, o domínio material emerge como o “âncora” para a mobilização dos demais: o domínio social emerge na negociação coletiva sobre a forma como se atua diante das resistências e incertezas dos objetos, enquanto o domínio epistêmico revela-se nos critérios usados para interpretar essas respostas materiais, levando à construção do domínio conceitual (Silva & Sasseron, 2025a). No entanto, é preciso destacar que, conforme a definição de Stroupe (2014), o domínio material não se refere apenas a objetos físicos manipuláveis em situação de experimentação ou exploração didáticas; ele se materializa também a partir das construções intelectuais que auxiliam a compreensão de uma situação, por exemplo, a organização de informações por meio de registros gráficos, a construção de tabelas e gráficos ou o estabelecimento de uma construção algébrica que permita descrever um fenômeno.

Como já discutido, as ideias que circundam o ensino por investigação foram se alterando ao longo dos anos impulsionando novas maneiras de planejar e implementar propostas didáticas. Propõe-se, neste momento, avaliar as ações associadas ao ensino por investigação cujo propósito seja o envolvimento de estudantes com práticas semelhantes

às das ciências de modo a propor alegações de conhecimento e a realizar sua avaliação e sustentação por meio de justificativas. Neste contexto, a presença dos domínios do conhecimento científico deve acontecer a partir de interações de estudantes entre si e com o professor e interações deles com fenômenos, objetos, conhecimentos por meio de processos e de práticas de investigação, argumentação e modelagem (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017).

Durante processos de investigação, estudantes têm contato com um problema e, para analisá-lo, realizam ações de planejamento da investigação em que possam observar, medir, explorar, experimentar, coletando informações que auxiliem na solução do problema. Apresenta-se que estas situações tendem a ser propícias para a mobilização dos domínios epistêmico, social e material do conhecimento científico uma vez que envolvem processos de resolução de problemas que precisam estar próximos aos modos como as ciências fazem análises semelhantes e demandam organização de informações obtidas ao longo da realização dos processos. Nestas situações, o domínio conceitual não emerge como a causa das ações, mas como consequência delas, resultado do trabalho com os demais domínios. Além disso, a mobilização desses domínios permite o contato com os modos de construção do conhecimento, o que não significa uma transposição idêntica da atividade científica para o contexto escolar, mas uma abordagem que valoriza os processos dialógicos e a ação e participação dos estudantes.

Situações de argumentação, cujo planejamento deve considerar a mobilização dos domínios conceitual, epistêmico, material e social, têm como premissa avaliar a relação entre indícios, evidências e proposições apresentadas ou em construção, pois as argumentações sobre a construção em avaliação podem tratar de conceitos já estabelecidos ou em proposição. Estes são analisados a partir de modos críticos de avaliação tanto sobre o conhecimento em si quanto sobre os materiais usados para sustentá-lo, conforme as práticas próprias das ciências.

Já em atividades de modelagem, em que o que vai ser explicado sobre o fenômeno está no centro do processo. Neste caso, busca-se elaborar, testar e refinar modelos explicativos, exigindo imaginação e raciocínio que levem à construção de hipóteses e de previsões. Por isso, a modelagem tem tendência a possibilitar a mobilização dos domínios conceitual, epistêmico e material do conhecimento científico, uma vez que se espera que ideias generalizáveis para explicar uma situação possam ser debatidas, oferecendo apoio para a compreensão de um conceito, lei ou modelo científico, realizando isso a partir de análises de proposições com base em dados coletados e organizados.

Como visto, o domínio material é indissociável e constitutivo das práticas de investigação, argumentação e modelagem. No entanto, para além de sua simples menção, o papel ativo desses materiais na sustentação do trabalho intelectual dos estudantes indica uma interdependência entre os processos discursivos e o trabalho com esses materiais. Isso revela que os processos discursivos não apenas comentam sobre a manipulação dos materiais, mas são por eles moldados. Por exemplo, as resistências e incertezas manifestadas pelos materiais impõem a reconfiguração de intenções, revisão

de argumentos e refino de modelos. Desse modo, torna-se necessário discutir a relação entre os materiais e os domínios do conhecimento científico, explorando-os como objetos e agências no contexto das atividades investigativas.

## **Materiais e os Domínios do Conhecimento Científico: Objetos e Agências**

Na busca por discutir o papel dos materiais no ensino de Ciências e sua relação com os domínios conceitual (DC), epistêmico (DE), social (DS) e material (DM) do conhecimento científico, a discussão a seguir está pautada no trabalho de Sasseron e Orofino (2025) sobre a progressão de mobilização dos domínios do conhecimento científico no Ensino Fundamental e no Ensino Médio, dando atenção especial ao domínio material. A análise prévia desta proposta permitiu reconhecer que para o agrupamento “Ensino Fundamental: 1º ao 3º ano”, os aspectos de materialidade física (DM) não se encontram explicitamente detalhados, prevalecendo descrições voltadas a outros domínios. Assim, na Figura 1, apresenta-se o recorte da proposta de Sasseron e Orofino (2025) enfatizando apenas a progressão do DM do conhecimento científico e foi proposta uma breve alteração para o agrupamento mencionado.

### **Figura 1**

*Progressão do domínio material do conhecimento científico no Ensino Fundamental e no Ensino Médio, elaborado pelos autores a partir de Sasseron e Orofino (2025)*

<b>Nível escolar</b>	<b>Progressão do domínio material do conhecimento científico</b>
<b>Ensino Fundamental 1º ao 3º ano</b>	Transformar observações em registros gráficos: desenhos, escritas ou tabulações (aprender o que é uma inscrição literária). <i>Realizar testes em materiais para resolver um problema.</i>
<b>Ensino Fundamental 4º ao 5º ano</b>	Organizar registros que relacionem variáveis coletadas; Fazer uso de materiais e equipamentos com o propósito de implementar a metodologia definida.
<b>Ensino Fundamental 6º ao 9º ano</b>	Usar ou desenvolver modos de resolver um problema metodológico a partir de informações coletadas ou à disposição; Organizar dados coletados para demonstrar padrões a serem utilizados como evidência.
<b>Ensino Médio</b>	Avaliar a existência de dados anômalos na relação com o tipo de material e procedimento utilizados para a investigação; Estabelecer expressões algébricas que sintetizem a explicação de um fenômeno.

*Nota.* Em itálico, a inserção feita para os propósitos deste estudo considerando a proposta de Sasseron e Orofino (2025).

A Figura 1 oferece informações que permitem identificar o DM do conhecimento científico a partir das duas principais instâncias: a materialidade física e a materialidade intelectual.

Considerando a materialidade física, a progressão do DM expõe a possibilidade de que estudantes possam realizar testes em materiais para resolver um problema (por exemplo, os estudantes precisam filtrar água suja e têm à disposição tecido, papel e algodão. Eles testam os diferentes materiais para observar a velocidade de escoamento e a cor da água em cada material isoladamente, antes de decidirem qual a melhor combinação para o filtro); fazer uso de materiais e equipamentos com o propósito de implementar a metodologia definida (por exemplo, após decidirem o material a ser usado para a camada do filtro, eles montam o sistema em uma garrafa PET cortada e utilizam um cronômetro para registrar o tempo que a água demora para atravessar o sistema); usar ou desenvolver modos de resolver um problema metodológico a partir de informações coletadas ou à disposição (por exemplo, ao realizarem a filtração, os estudantes observaram que a água está saindo limpa, mas com uma velocidade muito baixa (em gotas). A partir desse dado de tempo e vazão, eles decidem alterar a metodologia, reduzindo a camada de areia para otimizar o processo sem perder a qualidade da filtração); e avaliar a existência de dados anômalos na relação com o tipo de material e procedimento utilizados para a investigação (por exemplo, um grupo de estudantes observa que sua água saiu mais turva que a dos outros grupos, apesar de usarem a mesma metodologia. Ao avaliarem o material, perceberam que a areia utilizada não foi lavada previamente (informação sobre o material) e que isso gerou um dado anômalo (turbidez extra), invalidando a comparação direta com os outros grupos). Por isso, a progressão indica a realização de testes e o uso de materiais e equipamentos como elementos centrais à implementação de uma dada metodologia para a análise de uma situação.

Em termos de materialidade intelectual, a progressão do DM estabelece contato de estudantes com a transformação de observações em registros gráficos por meio de desenhos, escritas ou tabulações (por exemplo, o estudante após colocar água quente em um copo de cerâmica e em um copo de metal, toca as paredes do copo e observa que o copo de metal está mais quente. Ele faz um desenho dos dois copos, usando setas para representar o calor “saindo” do copo de metal e do de cerâmica não); a organização de registros que relacionem variáveis coletadas (por exemplo, o estudante coloca o dedo na água dentro dos copos e marca o tempo que consegue manter o dedo, medindo a temperatura a cada 2 minutos. Ele constrói uma tabela de duas colunas: na esquerda, o tempo (minutos); na direita, a temperatura (°C) para cada medida da água nos diferentes copos); a organização de dados coletados para demonstrar padrões a serem utilizados como evidência (por exemplo, o estudante transpõe os dados da tabela para um gráfico de linhas. Ao observar as duas linhas no gráfico, ele percebe que a linha do copo de metal “desce” muito mais rápido que a de cerâmica); e o estabelecimento de expressões algébricas que sintetizem a explicação de um fenômeno (Sasseron & Orofino, 2025) (por exemplo, o estudante analisa que a variação de temperatura depende da massa da água e do tipo de material do copo, conforme indicado na equação  $Q = m.c.\Delta T$ ).

Considerando que o DM é mobilizado quando os materiais deixam de ser apenas suportes e passam a sustentar o trabalho intelectual dos estudantes (Stroupe, 2014), o papel desses materiais não pode estar restrito à sua mera manipulação ou a aplicação de informações prévias sobre o seu uso como uma “receita de bolo”. Nessa perspectiva, considerando que o DM assume distintas formas, sejam elas físicas ou intelectuais, a sua caracterização está vinculada ao objeto epistêmico (Silva & Sasseron, 2023). O DM emerge de situações em que os estudantes problematizam os materiais seja pela função que desempenham ou como objeto de preocupação no processo de construção de entendimentos sobre os temas e processos das ciências (Silva & Sasseron, 2023; 2025a). Nesse sentido, a problematização da função está vinculada à incerteza manifestada pelos materiais, enquanto que o seu papel como objeto de preocupação emerge da resistência material encontrada, exigindo que o estudante construa novos entendimentos para prosseguimento ao percurso investigativo.

Nessa perspectiva, os objetos epistêmicos moldam e são moldados pelas práticas, entendidas como ações coletivas que levam à incorporação de novos conhecimentos para transformar a si mesmas e as entidades formadas nessa relação (Knorr-Cetina, 2001). Em nossa interpretação, essas entidades podem ser conceitos, modelos, representações ou até mesmo um instrumento. Portanto, para a autora, essas práticas sociais são epistêmicas e se diferenciam das práticas que são rotineiras e normativas. Em outras palavras, as ações coletivas que levam à incorporação de conhecimento por meio da relação com objetos epistêmicos, gerando, portanto, algo que não existia antes, são práticas epistêmicas. A partir desse entendimento, a mobilização do DM revela-se constitutiva para a emergência de práticas epistêmicas, visto que é o engajamento intelectual com os materiais que impulsiona a produção de novos significados.

Desse modo, o DM é mobilizado pelos estudantes quando os materiais são posicionados como objetos epistêmicos (Silva & Sasseron, 2023; 2025a). No entanto, isso não significa que esse posicionamento perdure durante todo o processo de investigação ou que um objeto técnico não se torne um objeto epistêmico e vice-versa. É preciso enfatizar que a investigação não é estática; a transição entre objetos epistêmicos e técnicos é, em nossa defesa, uma característica do Ensino por Investigação. Mesmo que essa transição possa parecer inerente às abordagens investigativas, entendemos que, em geral, nos contextos escolares, os materiais são restritos a objetos técnicos, condicionados por roteiros rígidos. Defendemos que a investigação de fato reside justamente na transição entre os objetos técnicos e epistêmicos: o material, ao manifestar incertezas e resistências (objeto epistêmico), desafia o grupo para que, uma vez compreendido, possa ser posicionado como objeto técnico, servindo de base para novos problemas. Sem essa centralidade material e essa transição, a investigação limita-se a uma manipulação mecânica desprovida de engajamento intelectual.

Silva e Sasseron (2025a) argumentam que posicionar os materiais exclusivamente como objetos técnicos pode suprimir a investigação. Nesse estudo, demonstrou-se que os estudantes posicionaram a estrutura química do composto como objeto epistêmico

ao questionarem os grupamentos funcionais e as possíveis condições de reação. Uma vez que o grupo valida os reagentes, essa estrutura passa a ser posicionada como objeto técnico. Quando os estudantes percebem que os reagentes validados podem levar a desdobramentos não previstos, novas questões surgem e a estrutura passa a ser posicionada como objeto epistêmico novamente. Assim, a transição entre objetos epistêmicos e técnicos não é um evento trivial, mas a própria marca do progresso da investigação, permitindo que os entendimentos consolidados sustentem o processo investigativo.

Nessa perspectiva, em aulas que envolvem experimentos, sustenta-se que o uso de roteiros com informações que apresentam todos os materiais prontos para o uso e o modo de utilizá-los para um dado propósito resulta na manipulação de objetos técnicos, o que não favorece a investigação. Isso ocorre porque há uma eliminação da incerteza necessária para o trabalho intelectual, pois o estudante passa a ser apenas um operador de instruções. A crítica a esses roteiros não sugere que os estudantes não recebam orientações, mas propõe que os materiais sejam posicionados como objetos epistêmicos, permitindo desenvolver ações como “realizar testes em materiais”, “usar materiais e equipamentos com a finalidade de implementar a metodologia” e “avaliar a existência de dados anômalos relacionados ao tipo de material e procedimento utilizados” (Sasseron & Orofino, 2025). Por exemplo, “realizar testes em materiais” não serve apenas para identificar o melhor material para a execução do experimento, mas sim compreender como suas propriedades e limites impulsionam ou restringem o fenômeno investigado. Assim, os materiais deixam de ser apenas um suporte de uma lista para tornar-se um objeto epistêmico (Silva & Sasseron, 2025a), cuja função deve ser coordenada pelos estudantes para viabilizar a implementação da metodologia e a análise de dados (Sasseron & Orofino, 2025).

Nessas situações, embora a materialidade física (por exemplo, béqueres, balanças, reagentes etc.) possa funcionar predominantemente como objeto técnico, ela auxilia os estudantes a realizarem uma tarefa, manipulada com um propósito claro e predefinido pela agência humana (Stroupe, 2014; Pickering, 1995). Desse modo, quando esses materiais, posicionados como objetos técnicos passam a desempenhar uma função ou se tornam alvo de interesse do grupo, levando à construção de entendimentos sobre o que se investiga, esses materiais devem estar posicionados como objetos epistêmicos. Nesse processo, a agência recai principalmente sobre os estudantes, que decidem como e por que usar o material para implementar o delineamento experimental (Sasseron & Orofino, 2025; Pickering, 1995). Tal decisão mobiliza o DE, pois exige avaliar os conhecimentos envolvidos nessa decisão. Além disso, essa decisão sobre qual material usar pode demandar uma análise da forma como esse delineamento experimental será realizado, mobilizando também o DS, implicando que o entendimento produzido não foi dado previamente, mas negociado pelo grupo. Assim, o DC emerge dessa negociação para que o grupo entre em consenso sobre o uso do material, pois aos estudantes são demandados conceitos que justifiquem suas escolhas materiais.

O trabalho com a materialidade intelectual destaca o papel do material no DE, pois, por exemplo, “transformar observações em registros gráficos”, “organizar dados coletados para demonstrar padrões” e “estabelecer expressões algébricas” (Sasseron & Orofino, 2025) revelam que o produto da manipulação física se transforma em um novo tipo de material: dados, gráficos, tabelas e modelos, por exemplo. Neste tipo de ocasião, a agência material se manifesta, visto que o material — agora na forma de um gráfico ou tabela — deixa de ser um receptor passivo da ação humana (Stroupe, 2014; Pickering, 1995). Embora seja o estudante quem realiza a leitura, a materialidade do gráfico impõe contornos e resistências ao raciocínio; o padrão visual resultante dos dados limita as interpretações possíveis e “obriga” o sujeito a confrontar suas expectativas com a evidência física (Pickering, 1995). Desse modo, esse gráfico ou tabela pode ser posicionado como objeto epistêmico, pois pode desempenhar uma função e/ou se tornar alvo de interesse (Rheinberger, 2016; Silva & Sasseron, 2023), levando à construção de entendimentos pelos estudantes, assim, mobilizando também o DM. Neste trabalho com a materialidade intelectual, o padrão observado em um gráfico ou a falha em um modelo construído provoca o raciocínio, fomentando a mobilização do DE para avaliar e argumentar sobre o que o material está “revelando”. Além disso, o DS também pode ser mobilizado a partir da análise sobre a forma como esse gráfico ou modelo foi construído e avaliado. A agência material, portanto, reside no processo de mediação da construção dos entendimentos, impondo restrições ou sugerindo direções que, por sua vez, reconfiguram a agência humana (Stroupe, 2014; Pickering, 1995). Logo, significa que a agência material manifesta-se no processo de construção de entendimentos por meio da resistência que os materiais (os dados reais) impõe às hipóteses dos estudantes, obrigando-os a acomodar seu raciocínio e reconfigurar sua agência humana para dar sentido ao fenômeno. Essa reconfiguração permite a construção dos novos entendimentos e suas relações com aqueles já consolidados, culminando com a mobilização do DC.

Embora a discussão das linhas anteriores tenha sido pautada a partir de uma atividade que envolva um experimento, em sala de aula há uma diversidade de materiais que podem ser posicionados como objetos epistêmicos, ou seja, materiais que deixam de ser apenas suportes de informação para se tornarem o alvo da problematização e da construção de significados; desde a lousa, um texto e até mesmo uma representação.

A lousa, por exemplo, pode desempenhar um papel importante, pois ao inseri-la no discurso em sala de aula, pode ser transformada em um objeto epistêmico (Kalthoff & Roehl, 2011). Para os autores, é necessário reconhecer que os materiais podem-se construir socialmente por meio da interação, do discurso e das redes que eles podem criar. Desse modo, por meio da mediação dos professores, os materiais precisam ser discursivamente introduzidos e transformados em um objeto epistêmico para que possam auxiliar na construção de um entendimento (Kalthoff & Roehl, 2011). Portanto, nessa mediação, os objetos epistêmicos não estão meramente presentes na sala de aula, mas eles são ativamente incorporados no processo dialógico da aula, permitindo ou restringindo o discurso em sala de aula.

Um exemplo dessa dinâmica ocorre na construção de um gráfico na lousa. A forma como o professor conduz o discurso torna a representação e o suporte indissociáveis como um objeto epistêmico, pois o gráfico não é uma entidade abstrata. Ele é o giz na lousa. Se ela é usada apenas para expor pontos e curvas sem questionamentos, ela permanece como um objeto técnico. Contudo, ela consolida-se como objeto epistêmico quando essa materialidade é discursivamente inserida em uma estrutura de incerteza. Isso ocorre porque o gráfico torna-se alvo da investigação quando o discurso da sala de aula passa a problematizá-lo, focando na previsão de tendências ou interpretação de anomalias (Kalthoff & Roehl, 2011). O trabalho intelectual dos estudantes revela-se nas incertezas e resistências materiais que o objeto impõe. Imagine uma discussão que demande uma representação tridimensional: a lousa, por ser bidimensional, impõe uma resistência ao raciocínio. A agência material manifesta-se nesta limitação, forçando os estudantes a acomodarem seu pensamento. Se, por exemplo, um estudante sugere posicionar um lápis perpendicularmente a lousa para representar o terceiro eixo, ocorre uma reconfiguração da agência humana e material: o lápis é incorporado ao agenciamento para superar a resistência do suporte original, permitindo a construção de novos entendimentos.

Em perspectiva similar, um texto, quando entendido como um objeto material, pode subsidiar a exploração, avaliação e resolução de um problema (Tanner, Olin-Scheller & Tengberg, 2017). Ramos e colaboradores (2026) demonstraram em um curso de formação inicial de professores de Química, que um texto ao ser posicionado como objeto epistêmico pelos licenciandos fomentou processos argumentativos. Nesse estudo, esses licenciandos deveriam usar o texto como suporte para resolver uma questão sociocientífica. Entretanto, o texto fornecido para resolução dessa questão apresentava uma fonte, considerada confiável, mas seu conteúdo revelava alguma incerteza. Em um dos grupos investigados, a menção à fonte utilizada para construção do texto fez com que um dos integrantes já sugerisse a resolução da questão sociocientífica. Por outro lado, outro integrante percebendo a incerteza do texto, não concorda e questiona as informações, o que culminou em um processo argumentativo entre os integrantes do grupo.

Frequentemente, representações como, as estruturas químicas, têm sido tratadas como meras ilustrações do que se discute, o que acaba por gerar diversas dificuldades de aprendizagem (Taskin & Bernholt, 2014; Silva et al., 2021). Ao serem entendidas como ilustrações, elas são posicionadas como objetos técnicos, pois: (i) são fornecidas antecipadamente, (ii) são vistas como um produto, (iii) não afetam eventos futuros, (iv) reafirmam teorias aceitas ou dados experimentais já aceitos, e (v) não justificam estudos mais aprofundados (Silva & Sasseron, 2025b). Para que elas sejam posicionadas como objetos epistêmicos, é necessário que os estudantes: (i) questionem a sua função, (ii) busquem novas informações sobre elas, (iii) desenvolvam curiosidade sobre os fenômenos a partir do seu uso, (iv) conectem-nas a resultados futuros, (v) compreendam-nas como uma forma de desafiar teorias ou dados experimentais aceitos, e (vi) sintam-se motivados a estudá-las mais profundamente (Silva & Sasseron, 2025b).

A mobilização dos domínios do conhecimento científico depende de uma interação contínua entre as agências humana e material. A agência humana manipula o objeto técnico, gerando dados e/ou informações que, ao se tornarem um objeto epistêmico, exercem sua agência material, desafiando e guiando a agência humana na construção dos entendimentos sobre os temas e processos das ciências.

## **Considerações Finais e Implicações**

Neste estudo, buscou-se refletir teoricamente sobre o papel e o potencial da relação dos estudantes com materiais em sala de aula, como forma de sustentar a construção de entendimentos e o trabalho intelectual. Ao se compreender o ensino por investigação como abordagem didática, pode-se defender a ideia de que ele se concretiza por meio da interação entre estudantes e professores.

Essa interação se desencadeia a partir da geração de questões, culminando na necessidade de resolver problemas, os quais podem ser de ordem conceitual ou, de forma mais ampla, envolvendo até mesmo aspectos sociais. No entanto, a interação não se restringe apenas à construção desse problema, ela também envolve a forma como trabalhamos com os materiais durante o processo de resolução. Se estes forem sempre tratados como objetos técnicos, que são previamente conhecidos e usados para aplicar informações a partir de um roteiro, a interação que fomenta o trabalho intelectual não ocorrerá. Por outro lado, se em algum momento, mesmo que seja apenas um dos materiais, ele for posicionado como um objeto epistêmico, se tornará o foco do grupo. Sua incerteza gera mais questionamentos do que respostas, o que desencadeia a interação. Esse processo pode levar à transformação desse objeto epistêmico em um objeto técnico, bem conhecido pelo grupo, levando ao êxito desse processo investigativo, pois o grupo resolveu as incertezas sobre o material ou fenômeno, construindo novos entendimentos, que podem gerar novas e mais complexas investigações.

Desse modo, tanto nas atividades experimentais quanto nas não experimentais, os materiais precisam ser explorados pelo grupo, seja pela função que desempenham seja pela razão de se tornarem foco do grupo. É claro que não está se defendendo que todos os materiais sejam posicionados como objetos epistêmicos, visto que isso poderia inviabilizar a resolução do problema e suprimir as possibilidades de interação, pois os estudantes não saberiam nem por onde começar a ponderar e a planejar alguma ação para construção de entendimento. Sustenta-se, portanto, que os papéis desses materiais sejam transformados ao longo da investigação, alternando entre objetos técnicos e objetos epistêmicos. Essa alternância é necessária porque a investigação de um objeto epistêmico (incerto e incompleto) exige objetos técnicos (conhecidos e completos). Os objetos técnicos e os entendimentos já construídos permitem ao grupo se interessar e investigar o objeto epistêmico. Sem os objetos técnicos, a incerteza do objeto epistêmico seria um empecilho para a investigação, pois os estudantes não teriam um suporte, por exemplo, para interpretar os dados ou coordenar suas ações investigativas.

Compreender a transformação dos papéis dos materiais em atividades experimentais nos permite rever a concepção de que o experimento “deu errado” e, portanto, precisa ser refeito ou ajustado para coincidir com o que era esperado. Concepção esta própria de atividades experimentais que se pautam mais diretamente à verificação ou à comprovação de um conceito, pois o insucesso em atingir o resultado previsto é entendido como uma falha procedimental. No contexto que se propõe, o “erro” não é um problema, mas um evento regular e esperado em processos de investigação. Se, por exemplo, ao tentar demonstrar a flutuação de um ovo em água salgada, o ovo permanece submerso, o resultado esperado não ocorre. Assim, esses materiais (o ovo e água salgada) deixam de ser objetos técnicos e passam a ser objetos epistêmicos. O “erro” desloca o foco do grupo, pois a interação deixa de ser sobre a comprovação de um conceito e passa a ser sobre a investigação das causas da resistência material manifestada. Assim, o ajuste do experimento ou a reconfiguração dos procedimentos não é uma tentativa de “forçar” o resultado a coincidir com o livro didático, mas sim responder às resistências que os materiais apresentaram. É nesse processo de transformação dos papéis dos materiais que o estudante precisa lidar com incertezas e resistências, o que fomenta o trabalho intelectual. Desse modo, os questionamentos tornam-se mais profundos e novos entendimentos são consolidados.

Como implicações deste estudo para a área de pesquisa em Educação em Ciências, com relação aos modos como os materiais podem apoiar o engajamento nos processos investigativos, sugere-se que as propostas para o EnCI planejem formas de interação com os objetos e como esses serão levados em conta pelos estudantes durante a investigação, com base no problema apresentado e na oferta de arranjos experimentais e materiais.

Esse planejamento deve prever a mobilização articulada dos domínios do conhecimento científico, para que o ensino seja desenvolvido para além da simples manipulação técnica ou da aplicação de instruções prontas. A partir dessa articulação, os materiais podem ser posicionados como objetos epistêmicos, aqui compreendidos como objetos que, ao apresentarem incertezas e resistências, provocam questionamentos e tornam-se o foco do trabalho intelectual e da construção de entendimentos por parte dos estudantes.

Dessa forma, em atividades experimentais ou não, roteirizadas ou abertas, ponderamos que a intencionalidade orientadora da interação entre os estudantes e materiais em sala pode ser planejada na perspectiva de produzir oportunidades para que os materiais não sejam apenas referenciados, mas, de fato, mobilizados para sustentar a construção de explicações e o trabalho intelectual.

Para o campo da pesquisa, isso pode se desdobrar em análises de planejamentos e práticas de educação científica que permitam identificar direcionamentos, conteúdos, materiais e modos de fazer que favoreçam a interação com os materiais para o enfrentamento de problemas.

Em uma perspectiva teórica, concebe-se como relevante a continuidade do esforço de aproximação entre referenciais do ensino por investigação e aqueles que têm buscado compreender as ciências como prática social marcada pela interação crítica, em como aqueles que partem da imagem performativa da ciência e abordam o papel ativo que os materiais desempenham nos processos de construção de conhecimento.

## Contribuições dos Autores

**Administração do Projeto:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Análise Formal:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Conceituação:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Escrita – Primeira versão:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Escrita – Revisão e Edição:** Silva, F. C.; Nascimento, L. A.; **Investigação:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Metodologia:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.; **Supervisão:** Silva, F. C., Sasseron, L. H.; Nascimento, L. A.

## Disponibilidade de Dados da Pesquisa

Todos os dados estão disponibilizados no texto.

## Agradecimentos

O primeiro autor agradece à FAPEMIG pelo financiamento recebido na Demanda Universal (processo APQ-01265-23) e ao Programa de Pós-Graduação em Educação da UFMG pelo financiamento da revisão normativa do texto. A segunda autora agradece ao CNPq pelo financiamento via bolsa de Produtividade em Pesquisa, processo 306683/2022-9 e à FAPESP Auxílio Regular à Pesquisa, processo 2023/11360-0.

## Referências

- Barros, K. L. O., Andrade, T. J. P., Pauletti, F., Malheiro, J. M. S., & Cantorani, J. R. H. (2023). O barquinho de papel que viaja sozinho: Evidenciando a alfabetização científica no ensino de ciências por investigação. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 13(1), 216–233. <https://doi.org/10.31512/encitec.v13i1.960>
- Bertola, A. H., & Moraes, T. S. V. (2021). Os registros gráficos no contexto do ensino de ciências por investigação: Em foco o programa de residência pedagógica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(2), 753–775. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11157>
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19(3), 291–313. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>

- Böschen, S., Gläser, J., Meister, M., & Schubert, C. (2015). Material agency as a challenge to empirical research. *Nature and Culture*, 10(3), 257–268. <https://doi.org/10.3167/nc.2015.100301>
- Campos, N. F., & Scarpa, D. L. (2018). Que desafios e possibilidades expressam os licenciandos que começam a aprender sobre ensino de ciências por investigação? Tensões entre visões de ensino centradas no professor e no estudante. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(2), 727–759. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018182727>
- Cardoso, M. J. C., & Scarpa, D. L. (2018). Diagnóstico de elementos do ensino de ciências por investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 1025–1059. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831025>
- Carvalho, A. M. P. (2006). Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In M. Q. Gatica, & A. Adúriz-Bravo, A. (Orgs.), *Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos y propuestas* (pp. 73–90). Universidade católica de Chile.
- Carvalho, A. M. P. (2011). Ensino e aprendizagem de ciências: Referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In M. D. Longhini (Org.), *O uno e o diverso na educação* (pp. 253–266). EDUFU.
- Carvalho, A. M. P. (Org.). (2013). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Chang, H. (2011). The persistence of epistemic objects through scientific change. *Erkenntnis*, 75(3), 413–429. <https://doi.org/10.1007/s10670-011-9340-9>
- Duschl, R. A. (2008). Science education in 3 part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social goals. *Review of Research in Education*, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Ferreira Junior, M. B., Castro, V. A., & Silva, M. D. G. (2020). A demonstração experimental investigativa na EJA: pequenas mudanças e grandes diferenças. *Research, Society and Development*, 9(8), e970986707. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6707>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O ensino de ciências por investigação em construção: Possibilidades de articulações entre os domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico em sala de aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>

- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In K. Taber & B. Akpan (Orgs.), *Science Education: An International Course Companion* (pp. 69–80). Sense Publishers. [https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5)
- Kalthoff, H., & Roehl, T. (2011). Interobjectivity and interactivity: Material objects and discourse in class. *Human Studies*, 34(4), 451–469. <https://doi.org/10.1007/s10746-011-9204-y>
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. Duschl & R. Grandy (Orgs.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 99–117). Sense Publishers.
- Kelly, G. J. (2013). Inquiry teaching and learning: Philosophical considerations. In M. R. Matthews (Org.), *Handbook of Historical and Philosophical Studies in Science Education* (pp 1363–1380). Springer.
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. In Matthews, M. R. (Org.), *History, Philosophy and Science Teaching: new research perspectives* (pp. 139–165). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5)
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Harvard University Press.
- Knorr-Cetina, K. (2001). Objectual practice. In K. Knorr-Cetina, T. R. Schatzki, & E. Von Savigny (Orgs.), *The practice turn in contemporary theory* (pp. 175–188). Routledge.
- Lino, N. T., & Sasseron, L. H. (2024). Argumentação em sala de aula e sua relação com os domínios do conhecimento científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 41(1), 8–35. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2024.e94798>
- Manz, E. (2015). Resistance and the development of scientific practice: Designing the mangle into science instruction. *Cognition and Instruction*, 33(2), 89–124. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.1000490>
- Moraes, V. R. A., & Taziri, J. (2019). A motivação e o engajamento de alunos em uma atividade na abordagem do ensino de ciências por investigação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(2), 72–89. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p72>
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press/McGraw Hill.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. C. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 89–111.
- Nascimento, L. A., & Silva, F. C. (2025). Ensino de Ciências como Prática Social no Currículo de Referência Mineiro: Uma Análise da Unidade Ciência e Tecnologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25(u), e54776–30. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u321350>

- Nerland, M., & Jensen, K. (2010). Objectual Practice and Learning in Professional Work. In S. Billett (Org.), *Learning Through Practice. Professional and Practice-based Learning* (pp. 82–103). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3939-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3939-2_5)
- Osborne, J. (2016). Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In R. A. Duschl, & A. S. Bismarck, (Orgs.), *Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice* (pp. 215–231). Routledge.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T., Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency and science*. University of Chicago Press.
- Pickering, A. (2025). *Acting with the World: Agency in the Anthropocene*. Duke University Press. <https://doi.org/10.1215/9781478060499>
- Rheinberger, H.-J. (1997). *Toward a history of epistemic things: Synthesizing proteins in the test tube*. Stanford University Press.
- Rheinberger, H.-J. (2008). Intersections: Some thoughts on instruments and objects in the experimental context of the life sciences. In H. Schramm, L. Schwarte, & J. Lazardzig (Orgs.), *Instruments in art and science: on the architectonics of cultural boundaries in the 17th century* (pp. 1–19). de Gruyter.
- Rheinberger, H.-J. (2011). Consistency from the perspective of an experimental systems approach to the sciences and their epistemic objects. *Manuscrito*, 34, 307–321. <https://doi.org/10.1590/S0100-60452011000100014>
- Rheinberger, H.-J. (2016). On the possible transformation and vanishment of epistemic objects. *Teorie Vědy/theory of Science*, 38(3), 269–278. <https://doi.org/10.46938/tv.2016.364>
- Rheinberger, H.-J. (2021). Can Scientific Research Be Designed? In J. Silberberger (Org.), *Against and for Method: Revisiting Architectural Design as Research* (pp. 132–141). gta Verlag. <https://doi.org/10.54872/gta/4550-07>
- Rheinberger, H.-J. (2022). Shape of Things, Shapes of Time. In S. Schmidt-Wulffen, G. A. Duarte (Orgs.), *The Object as a Process: Essays Situating Artistic Practice* (Vol. 264) (pp. 225–236). Transcript Verlag. <https://www.jstor.org/stable/j.ctv371c5kg.19>
- Rheinberger, H.-J. (2025). Modelling in Experimentation. In R. M. Erdbbeer, V. Hagenmeyer, & K. Stierstorfer (Orgs.), *Modelling the Energy Transition. Poetics of Modelling* (pp. 41–54). Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-69031-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69031-0_3)

- Ramos, T.C., Silva, F. C. & Mendonça, P. C. C. (2026). Epistemic Practices Created by Discursive Interactions between Pre-service Chemistry Teachers. *Science & Education*, 35(1), 193–226. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00661-0>
- Roldi, M. M. C., Silva, M. do A. J., & Trazzi, P. S. da S. (2018). Museus de ciência e o ensino por investigação - possíveis aproximações: Relato de uma experiência. *Educação em Perspectiva*, 9(3), 793–810. <https://doi.org/10.22294/eduper/ppge/ufv.v9i3.1013>
- Santana, U. S., & Sedano, L. (2021). Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: Contribuições necessárias para a alfabetização científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 378–403. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378>
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 49–67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Sasseron, L. H. (2018). Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 1061–1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- Sasseron, L. H. (2021). Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 23(u), e26063. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230101>
- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: O papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 52-67. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52>
- Sasseron, L. H., & Orofino, R. P. (2025). Alfabetização científica na perspectiva das Ciências da Natureza: discussões a partir de domínios do conhecimento científico. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, 15(25), 5–23. <https://doi.org/10.46789/edugeo.v15i25.1522>
- Sasseron, L. H., Silva, F. C., & Nascimento, L. D. A. (2025). Ciências da Natureza na BNCC: uma análise com foco nos domínios do conhecimento científico. *Pro-Posições*, 36(u), e2025c0602BR. <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2024-0060BR>
- Sasseron, L. H., Silva, F. C., Ribeiro, K. D. F., & Orofino, R. de P. (2025). “Na teoria, a prática é outra”: um estudo teórico sobre práticas no Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30(2), 220–243. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n2p220>
- Scarpa, D. L., & Silva, M. B. A. (2013). Biologia e o ensino de Ciências por investigação: Dificuldades e possibilidades. In A. M. P. de Carvalho (Org.), *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula* (pp. 129–152). Cengage Learning.

- Sellberg, C., & Solberg, M. (2024). Reconceptualizing Simulations: Epistemic Objects and Epistemic Practices in Professional Education. *Philosophy and Technology*, 37(77). <https://doi.org/10.1007/s13347-024-00764-6>
- Silva, F. C., & Sasseron, L. H. (2023). Entre normas e rotinas da química orgânica: o trabalho com os domínios do conhecimento científico. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 25(u), e42398. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240148>
- Silva, F. C., & Sasseron, L. H. (2025a). Mobilization of Scientific Knowledge Domains to Build Epistemic Practices Among Pre-service Chemistry Teachers. *Science & Education*, 34(6), 3915–3958. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00607-y>
- Silva, F. C., & Sasseron, L. H. (2025b). The positioning of visual representations as epistemic Objects for the teaching of organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 102(2), 615–620. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01018>
- Silva, F. C., Silva, E. P. C., Duarte, D. M., & Dias, F. D. S. (2021). Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. *Ciência & Educação*, 27(u), e21061. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210061>
- Silva, M. B., & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 23(u), e34674. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Siqueira, H. C. C., & Silva, J. M. (2020). Interações sociais e autonomia moral em atividades investigativas desenvolvidas em um clube de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 163–197. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p163>
- Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2015). O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: Articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. *Ciência & Educação*, 21(4), 911–930. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150040008>
- Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2016). Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: Possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 141–162. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/100>
- Stroupe, D. (2014). Examining Classroom Science Practice Communities: how teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, 98(3), 487–516. <https://doi.org/10.1002/sce.21112>
- Stroupe, D. (2015). Describing “Science Practice” in Learning Settings. *Science Education*, 99(6), 1033–1040. <https://doi.org/10.1002/sce.21191>

Tang, K. S. (2024). Exploring the materiality of science learning: Analytical frameworks for examining interactions with material objects in science meaning-making. *Research in Science & Technological Education*, 42(1), 32–53. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2232307>

Tanner, M., Olin-Scheller, C., & Tengberg, M. (2017). Material texts as objects in interaction—Constraints and possibilities in relation to dialogic reading instruction. *Nordic Journal of Literacy Research*, 3(1), 83–103. <https://doi.org/10.23865/njlr.v3.471>

Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' understanding of chemical formulae: a review of empirical research. *International Journal of Science Education, Philadelphia*, 36(1), 157–185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>

Zômpero, A., & 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>

 **Fernando César Silva**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil  
fcsquimico@ufmg.br

 **Lúcia Helena Sasseron**

Universidade de São Paulo  
São Paulo, São Paulo, Brasil  
sasseron@usp.br

 **Luciana de Abreu Nascimento**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas  
Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil  
luciana.nascimento@ifsuldeminas.edu.br

 **Editora Responsável: Aline Andréia Nicolli**

**Revisado por:** Carmela Carolina Alves de Carvalho

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



---

### **Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade**

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

---

Copyright (c) 2025 Fernando César Silva, Lúcia Helena Sasseron, Luciana de Abreu Nascimento



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.

---