

Ensino de Ciências por Investigação e a mobilização de Agência Epistêmica estudantil em aulas de Química

Diorleno Santos¹, Fabio Alessandro Baldacci², Lucia Helena Sasseron³

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da USP
diorsantos@usp.br

² Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP
fabio.baldacci@usp.br

³ Faculdade de Educação da USP
sasseron@usp.br

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, diferentes pesquisas em Educação em Ciências têm destacado a necessidade de organizar práticas pedagógicas que não apenas favoreçam a apropriação de conhecimentos por parte dos estudantes, mas que também ampliem suas formas de participação em processos de construção de entendimentos em Ciências, de modo mais ativo e engajado (Sasseron, 2015; Brito; Fireman, 2018; Zômpero *et al.*, 2022). Nesse cenário, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) vem sendo apontado como uma abordagem didática promissora para planejar e desenvolver aulas que promovam aprendizagens participativas acerca de aspectos conceituais, epistêmicos e sociais da atividade científica (Carvalho, 2013; Sasseron, 2018; Campos; Scarpa, 2018), em consonância com contribuições clássicas, como as de John Dewey (1971), que enfatizam o papel do engajamento ativo dos estudantes em situações investigativas e socialmente interativas.

No âmbito do EnCI, propõe-se que as interações em sala de aula sejam organizadas de modo a favorecer o desenvolvimento de modos de raciocinar e de sustentar posicionamentos frente a questões e problemas do cotidiano, por meio de investigações críticas (Sasseron, 2018). Para Campos e Scarpa (2018), cabe à pessoa docente um papel central na criação de oportunidades de participação ativa, ao promover situações em que os estudantes possam gerar ideias, investigar questões e problemas, coletar, analisar e interpretar dados e, a partir deles, construir e comunicar conclusões fundamentadas em evidências.

Importa salientar que aulas orientadas pelo EnCI não se restringem à exposição de conteúdos nem à execução de roteiros experimentais pré-definidos; trata-se de constituir oportunidades de envolvimento intelectual nas quais os estudantes se apropriem de critérios epistêmicos para a construção de entendimentos, vivenciando “práticas autênticas” das ciências (Stroupe, 2014) e elaborando compreensões de forma coletiva, ao propor ideias e tomar decisões sobre procedimentos, processos e conhecimentos mobilizados. Nessa perspectiva, o EnCI possibilita espaços de diferentes interações entre estudantes – com seus pares, com a pessoa

docente, com conhecimentos em debate e com materiais diversos –, o que torna fundamental o direcionamento para os movimentos e ações que caracterizam sua participação e envolvimento ativo em atividades de investigação de situações, questões e/ou problemas.

É nesse sentido que se insere a noção de Agência Epistêmica (AE), um constructo amplamente discutido na pesquisa em Educação em Ciências (Scardamalia, 2002; Stroupe, 2014; Ko; Krist, 2019; Akgun; Sharma, 2023). Inspirado nesses estudos, este trabalho compreende AE como o envolvimento intelectualmente ativo de estudantes em processos e práticas de construção de entendimentos em Ciências, voltados à estruturação e ao avanço de ideias sobre um determinado objeto de conhecimento em análise e/ou investigação em sala de aula. Desse modo, no contexto do EnCI e a partir das atividades e interações organizadas pela pessoa docente, considera-se que os estudantes podem se engajar em processos investigativos para resolver questões e problemas, interagindo discursivamente com colegas na formulação de ideias, na proposição de etapas e procedimentos de investigação, na elaboração de explicações e na negociação de informações e argumentos implicados na resolução do problema.

Nesse sentido, Akgun e Sharma (2023) descrevem um conjunto de ações que podem ser tomadas como indicativas de agência epistêmica em movimentos estudantis de construção de entendimentos e/ou resolução de questões em sala de aula. Essas ações são: (i) elicitar ideias sobre um fenômeno e/ou problema; (ii) investigar ideias ou conduzir investigações sobre o problema; (iii) revisar e aprimorar ideias e resultados; (iv) refletir sobre as ideias e sobre o progresso da investigação; (v) negociar a adequação entre ideias; e (vi) compartilhar ideias com outros grupos. Os autores indicam que tais ações se articulam em processos coletivos de investigação, nos quais estudantes recorrem, de forma reiterada, à proposição, análise, avaliação e reconstrução de explicações e argumentos.

As ações propostas por Akgun e Sharma (2023) mostram-se particularmente fecundas para a análise de interações em atividades e aulas investigativas, na medida em que permitem evidenciar como, diante de uma questão ou problema a ser resolvido, estudantes podem realizar pesquisas, compartilhar ideias, negociar entendimentos e sustentar coletivamente determinados caminhos explicativos. Considerando as caracterizações e discussões apresentadas acerca do EnCI e da agência epistêmica, este trabalho tem como objetivo analisar a mobilização de agência epistêmica de estudantes do Ensino Médio, na disciplina de Química, ao realizarem uma atividade investigativa sobre mudanças climáticas. Assim, busca-se examinar, a partir das interações discursivas de um grupo de estudantes, como a AE é mobilizada ao longo do processo de investigação e de resolução da atividade proposta.

METODOLOGIA

O presente trabalho possui abordagem qualitativa, uma vez que busca compreender nuances de entendimento e significado em ambientes de aprendizagem (Erickson, 2012), pautando-se na análise de agência epistêmica em interações discursivas estudantis durante atividade investigativa de Química. Os dados apresentados, neste trabalho, são oriundos de uma proposta didática implementada em uma escola pública estadual de São Paulo, em duas turmas do 1º ano do Ensino Médio, no contexto da disciplina de Química. Tal proposta se organizou em 3 grandes blocos constituídos por um conjunto de atividades. O bloco 1 se pautou em aspectos conceituais da Química relacionados às mudanças climáticas e no desenvolvimento da argumentação dos estudantes, o bloco 2 deu ênfase aos aspectos sociais do conhecimento científico no contexto da avaliação de informações sobre mudanças climáticas e o bloco 3 objetivou a participação dos estudantes na investigação de temáticas de ordem sociocientífica. As turmas eram compostas por estudantes adolescentes, organizados em pequenos grupos de trabalho (4-5 estudantes), e as aulas foram conduzidas pelo professor, membro do grupo de pesquisa. Em colaboração com pesquisadores vinculados ao grupo de pesquisa, as atividades foram planejadas e implementadas considerando elementos do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).

Para a análise apresentada neste trabalho, estão sendo consideradas as interações discursivas de um grupo de estudantes na resolução de uma atividade investigativa do bloco 2, intitulada “Desafio 3 – Simulando futuros climáticos no En-ROADS”, em que se propõe que eles explorem o simulador *En-ROADS Climate Solutions* para criar futuros climáticos, a partir da alteração das variáveis do En-ROADS, levando em consideração a meta do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de limitar o aumento de temperatura global a cerca de 1,5 °C até o ano de 2100. Foi proposto que os estudantes indicassem duas variáveis, presentes no simulador, que eles julgassem importantes de serem alteradas para que a meta proposta pelo IPCC fosse alcançada. Também deveriam construir explicações apresentando de que maneira alterações nessas variáveis poderiam influenciar na temperatura global.

As interações discursivas entre os estudantes durante a realização da atividade foram registradas em áudio e/ou vídeo e, posteriormente, transcritas de forma a preservar a sequência dos turnos de fala e os principais elementos contextuais relevantes à compreensão do episódio. Para a análise aqui apresentada, em função da extensão do trabalho, foi selecionado um episódio discursivo de um grupo de estudantes por apresentar, de maneira evidenciada, movimentos de construção e teste de hipóteses, proposição, revisão e negociação de ideias em torno das variáveis climáticas e da meta do IPCC. Para a análise, foram utilizadas as ações indicativas de agência epistêmica sistematizadas por Akgun e Sharma (2023), e anteriormente expostas, buscando identificar como essas ações se configuram nas interações dos estudantes em torno da atividade com o simulador.

Salienta-se que todos os procedimentos éticos para a realização da pesquisa foram adotados, por meio da assinatura do Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento (TCLE) pelos responsáveis dos estudantes menores de idade e do Termo de Assentimento e Livre Esclarecimento (TALE) assinado pelos estudantes. Também é garantido o anonimato dos participantes da pesquisa, tendo substituído os seus nomes por pseudônimos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Episódio apresentado a seguir (Quadro 1), os estudantes discutem, inicialmente, quais variáveis do simulador devem considerar como relevantes para que a meta estabelecida pelo IPCC fosse alcançada. Em seguida, exploram diferentes combinações de cenários envolvendo fontes de energia, desmatamento, reflorestamento e emissões de metano. O Quadro 1 apresenta a transcrição integral do episódio, com a indicação, em cada turno, das ações de agência epistêmica interpretadas a partir do referencial adotado.

Quadro 1 – Estudantes trabalhando com variáveis

Turno	Estudante	Falas	Ação(es) indicativa(s) de AE
1	Henrique	E aí? Vai? Questão dois? "Aponte duas variáveis presentes no simulador En-ROADS Climate Solutions que considera mais importantes de serem alteradas para que:: a meta proposta pelo IPP/IPCC seja alcançada. Explique de que maneira a alteração de tais variáveis podem influenciar na temperatura global" ((lendo a comanda da questão 2 da atividade))	
2	Raquel	É, fornecimento de energia	<i>Elicitar ideias</i>
3	Henrique	É, é:: petróleo	
4	Raquel	É, petróleo, é::	
5	Mateus	Carvão	
6	Henrique	[Mas carvão não usam muito] hoje em dia	<i>Elicitar ideias</i>
7	Raquel	Preço do carbono. Usa sim ((falando do carvão))	<i>Negociar a adequação entre ideias</i>
8	Mateus	Usa/ Usa nas coisas	
9	Henrique	Mas não usa mu::ito, petróleo é bem mais	
10	Raquel	Usa sim! Você acha que indústria faz como? É carvão e energia elétrica. Acho que a gente pode tentar diminuir o desmatamento... otimizar a eletrificação/ otimizar a eletrificação dos meios de transporte e diminuir o fornecimento de energia de petróleo e carvão	<i>Investigar ideias/conduzir investigações</i>
11	Mateus	Diminui aí, vamo ver o que acontece ((sugerindo que eles mexam no simulador))	
12	Henrique	Vamo ver aqui ((ele se desloca até o computador para mexer nos parâmetros do simulador)) Vocês querem ver qual primeiro?	
13	Raquel	É, aumenta o desmatamento e depois diminui de novo	
14	Janaína	Se você diminuir todo o desmatamento fica menor do que a gente chegou ali	<i>Elicitar ideias</i> <i>Revisar/aprimorar ideias e resultados</i>
15	Raquel	É... Então diminui drasticamente o desmatamento	

Turno	Estudante	Falas	Ação(es) indicativa(s) de AE
16	Janaína	E daí você faz o reflorestamento	<i>Investigar ideias/conduzir investigações</i>
17	Henrique	Ou ((interjeição)) o reflorestamento não muda nada mano	<i>Negociar a adequação entre ideias</i>
18	Raquel	É porque o reflorestamento ele demora de fazer efeito né galera	
19	Dante	[Tira o metano, tira o metano]	<i>Elicitar ideias</i>
20	Henrique	TÁ PO##! Conseguimos, atingimos a meta! Era metano o problema ((falando que mexendo no metano eles atingem a meta de aquecimento de no máximo 1,5°C))	<i>Investigar ideias/conduzir investigações</i>
21	Dante	Então tá, tira quase/quase tudo de metano e tira	<i>Elicitar ideias</i>
22	Raquel	É o metano. Ah mas tem que justificar cada coisa. Então coloca primeiro diminuir o desmatamento. Porque o metano, no geral...	<i>Revisar/aprimorar ideias e resultados</i>
23	Henrique	Parecia fácil deixar só 1,5°C mas é difícil pra caralho, por que esse é o máximo que a gente consegue diminuir ((o máximo que eles chegaram foi 1,1°C ao alterar todas as variáveis de maneira extrema em favor da diminuição do aquecimento global))	<i>Refletir sobre o progresso da investigação</i>
24	Janaína	- - Por que você tem que diminuir drasticamente o desmatamento? - -	<i>Negociar a adequação entre ideias</i>
25	Raquel	Porque as florestas combatem:: elas se alimentam de:: é:: carbono... Que é um tipo, é um dos gases que fazem parte do efeito estufa, eu acho. É isso né?	

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A questão proposta na atividade oportuniza espaços para que os estudantes construam hipóteses, testem variáveis, avaliem resultados e negociem ideias acerca do que conta como conhecimento relevante para sustentar suas alegações. Nesse sentido, ações indicativas de agência epistêmica (Akgun; Sharma, 2023) podem ser identificadas nos diferentes turnos.

Mediante a leitura da questão (turno 1), se observa, dos turnos 2 ao 10, que os estudantes começam a **elicit** ideias acerca das variáveis que interferem no aumento da temperatura. A partir do momento em que o carvão é apresentado pelo Mateus (turno 5) como uma possível variável a ser analisada, há uma discordância apresentada por Henrique e, assim, inicia-se um processo de negociação de ideias entre Mateus, Raquel e Henrique, evidenciando o indicador de agência epistêmica **negociar a adequação entre ideias**, considerando o fato de que nos turnos 6-10, os estudantes discutem se o carvão é utilizado ou não no dia a dia, em contraponto ao petróleo. Ao elicitarem e negociarem as ideias, os estudantes demarcam participações importantes na investigação do problema, considerando que, antes de realizarem os testes no simulador, já constroem hipóteses e avaliam as mesmas coletivamente. De acordo Akgun e Sharma (2023), esse processo colaborativo de discussão e avaliação de ideias acerca de um objeto de conhecimento compartilhado é primordial para a mobilização de agência epistêmica e, no âmbito do EnCI, a proposição e avaliação de ideias e a construção de hipóteses conferem atividades cognitivas importantes na construção de entendimentos pelos estudantes (Zômpero et al., 2022).

A partir do final do turno 10 e seguindo nos turnos de 11-13 e 15-16, se observa que os estudantes começam a **investigar ideias/conduzir investigações**, pois o grupo mexe no simulador, alterando as variáveis de diminuição de desmatamento, eletrificação de transportes e redução de energia proveniente de combustíveis fósseis. E, ao acompanharem os resultados dos testes, revisam-os e aprimoram-os, sendo proposto uma nova alteração na variável de desmatamento (turno 14), com o intuito de avaliar a sua influência na diminuição da temperatura global. Nesse recorte do turno 14, se observa as ações indicativas de agência epistêmica **elicitare ideias e revisar/aprimorar ideias e resultados**. De acordo com o que se propõe em aulas pautadas no EnCI, possibilitar situações em que estudantes testem suas hipóteses, obtenham e interpretem resultados conferem oportunidades para que a construção de entendimentos sobre Ciências se dê de maneira participativa e envolvente (Zômpero *et al.*, 2022; Stroupe, 2015), ampliando dinâmicas de compartilhamento de ideias e tomadas de decisões sobre conhecimentos e procedimentos, caracterizando espaços de mobilização de agência epistêmica (Ko; Krist, 2019).

Nos turnos 17 e 18, ao analisarem os resultados dos testes no simulador, no que se refere às variáveis desmatamento e reflorestamento, Henrique e Raquel discutem sobre a influência do reflorestamento na variação da temperatura, pois, para Henrique (turno 17), o reflorestamento não alterou muito o gráfico de temperatura. E, para a Raquel (turno 18), isso ocorreu pois o efeito do reflorestamento se dá a longo prazo. Nesse recorte discursivo, se observa a ação indicativa de agência epistêmica **negociar a adequação entre ideias**, considerando que os estudantes discutem e apresentam ideias contrastantes. Esses movimentos de contraposição de ideias e de construção conjunta de interpretações são importantes no contexto do EnCI, pois, conforme explicitado por Carvalho (2013), é possível perceber interações de estudantes entre si, com materiais e conhecimentos e, nesse sentido, a agência epistêmica se evidencia nessa relação dialógica e de co-construção de entendimentos (Ko; Krist, 2019).

Em turnos seguintes (19-22), o foco de análise se volta para o metano, pois, nos turnos 19 e 21, Dante propõe que o grupo altere a variável do metano (ação indicativa de AE **elicitare ideias**) e, no turno 20, ao realizar o teste no simulador, Henrique observou o resultado e constatou que a alteração da variável do metano reduz significativamente a temperatura (ação indicativa de AE **investigar ideias/conduzir investigações**). No turno 22, a Raquel concorda que o metano seja a variável com forte influência e propõe uma modificação na escolha das variáveis, dando um grau de importância maior ao metano e, posteriormente, ao desmatamento (ação indicativa de AE **revisar/aprimorar ideias e resultados**). No turno 23, ao observar que o grupo alterou todas as variáveis e só reduziu 1,1°C da temperatura, Henrique reflete sobre os testes realizados, destacando a dificuldade de redução da temperatura considerando a meta de 1,5°C (ação indicativa de AE **refletir sobre o progresso da investigação**). Ainda na tentativa de alcançar a meta, o grupo continua mexendo nas variáveis do simulador e, no turno 24, Janaína questiona sobre o motivo de

diminuir drasticamente o desmatamento e, no turno 25, Raquel destaca a importância das florestas na captação do carbono, deixando evidente o papel das árvores para a diminuição de gases do efeito estufa. Na interação de Janaína e Raquel, se observam as ações indicativas de AE **negociar a adequação entre ideias** e **elicitare ideias**. As ações de investigação, elicitare e revisão de ideias, reflexão sobre a investigação e negociação de ideias são importantes no contexto do EnCI, pois fica evidenciado o potencial da abordagem didática em fomentar envolvimento estudantil mais intelectualmente ativos, pautados em processos sociais e interativos para a construção de entendimentos (Sasseron 2018).

Ao longo de todo o episódio, a agência epistêmica se evidencia como um processo coletivo em que a formulação de hipóteses, a exploração de cenários no simulador, a revisão de ideias e a negociação de justificativas são distribuídas entre diferentes participantes, compondo uma linha de raciocínio compartilhada sobre o papel de variáveis como desmatamento, reflorestamento e metano. Essa dinâmica está em consonância com a concepção de EnCI discutida na introdução, segundo a qual o envolvimento intelectual dos estudantes em práticas de investigação se expressa na coordenação entre dados, critérios epistêmicos e construção de explicações sobre fenômenos científicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar a mobilização de agência epistêmica de estudantes do Ensino Médio, na disciplina de Química, ao realizarem uma atividade investigativa sobre mudanças climáticas. As análises realizadas indicaram que a atividade investigativa com o uso do simulador En-ROADS, configurou oportunidades relevantes para a mobilização de agência epistêmica por parte de estudantes do Ensino Médio. Os resultados revelam que as ações indicativas de AE - elicitare ideias, investigar ideias/conduzir investigações, revisar/aprimorar ideias e resultados, refletir sobre o progresso da investigação e negociar a adequação entre ideias - emergiram de forma distribuída no coletivo, compondo interações de construção de entendimentos compartilhados sobre variáveis climáticas e cenários de aquecimento global. Tais resultados reforçam a pertinência de articular o EnCI a ferramentas de modelagem computacional, de modo a engajar os estudantes no trabalho com evidências, critérios epistêmicos e tomadas de decisões sobre políticas e ações possíveis frente à crise climática.

Ao mesmo tempo, o estudo apresenta limites importantes. O recorte empírico concentrou-se em uma única turma, em uma atividade da sequência didática, tendo considerado um episódio de interação de um grupo, selecionado a partir da sua densidade em termos de indicadores de AE que emergiram. Esses limites restringem a possibilidade de generalização dos achados, mas permitem uma análise mais fina da dinâmica interacional em torno da agência epistêmica em um caso específico. Apesar dessas restrições, os resultados sugerem implicações relevantes para o planejamento do ensino de Ciências. Em particular, apontam para a importância de propor situações

em que os estudantes tomem decisões sobre quais variáveis investigar, justificar essas escolhas, testar hipóteses em ferramentas de simulação, revisitar explicações à luz de novos resultados e negociar coletivamente os caminhos considerados mais plausíveis. Do ponto de vista da pesquisa, abrem-se possibilidades de ampliação do estudo para outros conteúdos, níveis de ensino e recursos tecnológicos, bem como de aprofundamento das relações entre agência epistêmica, argumentação, alfabetização científica e formação para a participação crítica em discussões públicas sobre mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de fomento à pesquisa. O primeiro autor e a terceira autora agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento por meio do processo nº 2023/11360-0. A terceira autora agradece ao CNPq pelo financiamento de Produtividade em Pesquisa, 306683/2022-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKGUN, M.; SHARMA, P. Exploring epistemic agency in students' problem-solving activities. **Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education**, v. 19, n. 1, p. e2303, 2023.
- BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma proposta didática “para além” de conteúdos conceituais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, p. 462–479, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1–20.
- DEWEY, J. **Experiência e educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1971.
- ERICKSON, F. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B.; TOBIN, K.; McROBBIE, C. (eds.). **Second international handbook of science education**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 1451-1469.
- KO, M. L. M.; KRIST, C. Opening up curricula to redistribute epistemic agency: a framework for supporting science teaching. **Science Education**, v. 103, n. 4, p. 979–1010, 2019.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49–67, 2015.
- SASSERON, L. H. 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**, p. 1061–1085, 2018.
- SCARDAMALIA, M. Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. In: SCARDAMALIA, M.; Bereiter, C. (org.). **Liberal education in a knowledge society**. Chicago: Open Court, 2002. p. 67–98.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25–41, 2018.
- STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: how teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 487–516, 2014.
- ZÔMPERO, A. F. et al. Práticas epistêmicas nos currículos de ciências naturais de países da América Latina: um estudo entre Brasil, Chile e Colômbia. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 24, 2022.