

A relação entre as crenças epistemológicas e o desempenho de estudantes do Ensino Médio em atividade investigativa de Física

Gabrielle de Oliveira Almeida¹

Alessandro Damásio Trani Gomes²

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo buscar identificar a relação entre as concepções epistemológicas dos estudantes e o seu desempenho em uma atividade investigativa, realizada em duplas, por meio de uma simulação computacional. O desempenho dos estudantes foi avaliado segundo um conjunto de fatores: o total de experimentos realizados, a exploração do campo experimental, a percentagem de variáveis independentes pesquisadas; e a quantidade e/ou percentagem de testes válidos e conclusivos realizados. Participaram desta pesquisa quantitativa 184 alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública federal de Belo Horizonte. Os resultados sugerem que, no geral, alunos que apresentam crenças epistemológicas mais sofisticadas sobre a natureza da ciência tendem a apresentar estratégias mais adequadas de controle de variáveis e de experimentação. Com base nos resultados obtidos, são discutidas as implicações educacionais e propostas novas possibilidades de pesquisa na área.

PALAVRAS-CHAVE: Educação em Ciências. Atividades investigativas. Natureza da Ciência.

¹ Mestre em Física. Colégio Prof. Roberto Herbster Gusmão, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-7318-2556>. E-mail: gabrielle.almeida55@gmail.com.

² Doutor em Educação. Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9095-5270>. E-mail: alessandrogomes@ufsj.edu.br.

The relationship between epistemological beliefs and the performance of high school students in Physics investigative activity

ABSTRACT

This work aims to identify the relationship between students' epistemological conceptions and their performance in an investigative activity, carried out in pairs, through a computer simulation. The students' performance was evaluated according to a set of factors: the total number of experiments carried out, the exploration of the experimental field, the percentage of independent variables researched; and the quantity and/or percentage of valid and conclusive tests performed. 184 first-year high school students from a federal public school in Belo Horizonte participated in this quantitative research. The results suggest that, in general, students who have more sophisticated epistemological beliefs about the nature of science tend to present more appropriate strategies for controlling variables and experimentation. Based on the results obtained, educational implications are discussed and new research possibilities in the area are proposed.

KEYWORDS: Science Education; Investigative activities. Nature of Science.

La relación entre las creencias epistemológicas y el desempeño de estudiantes de secundaria en la actividad investigativa en Física

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo identificar la relación entre las concepciones epistemológicas de los estudiantes y su desempeño en una actividad investigativa, realizada en parejas, a través de una simulación por computadora. El desempeño de los estudiantes fue evaluado según un conjunto de factores: el número total de experimentos realizados, la exploración del campo experimental, el porcentaje de variables independientes investigadas; y la cantidad y/o porcentaje de pruebas válidas y concluyentes realizadas. De esta investigación cuantitativa participaron 184 estudiantes de primer año de secundaria de una escuela pública federal de Belo Horizonte. Los resultados sugieren que, en general, los estudiantes que tienen creencias epistemológicas más sofisticadas sobre la Naturaleza de la Ciencia tienden a presentar estrategias más

apropriadas para el control de variables y la experimentación. A partir de los resultados obtenidos, se discuten implicaciones educativas y se proponen nuevas posibilidades de investigación en el área.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las Ciencias. Actividades investigativas. Naturaleza de la Ciencia.

* * *

Introdução

O incentivo curricular à compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência (NdC) teve sua origem já no início do século XX, logo quando a ciência ganhou um espaço dentro do currículo escolar. Matthews (1998) cita argumentos de John Dewey e de Ernst Mach sobre a importância do entendimento do método científico, ressaltando que sua compreensão seria mais importante do que a aquisição do próprio conhecimento científico.

Com a ampliação das metas curriculares a partir do início da década de 90, houve uma ênfase de que a compreensão do conhecimento científico não deve se limitar apenas ao simples domínio de fórmulas, fatos, leis e teorias científicas, mas também, deve ser composto por um conhecimento maior sobre a NdC e sobre o processo de produção de novos conhecimentos. Educadores e pesquisadores passaram então, a defender a utilização de atividades que tratem da NdC de forma explícita e que apresentem um modelo de 'fazer ciência' mais válido do ponto de vista filosófico e epistemológico (Hodson, 1988; Lederman; Lederman, 2014; McComas, 2020; Taber, 2017). O argumento é que:

[...] o ensino sobre a natureza da ciência é essencial para uma educação científica que pretenda preparar futuros cientistas, membros cultos da sociedade e cidadãos informados, e que, conseqüentemente, é necessário um grande cuidado para equilibrar o ensino sobre a própria ciência como um elemento cultural e

atividade intelectual e ensino sobre alguns dos conhecimentos científicos importantes, fascinantes e altamente aplicáveis que esta atividade cultural que chamamos de ciência produziu (Taber, 2017, p. 26).

A organização das atividades pedagógicas com uma abordagem investigativa e o envolvimento dos discentes em práticas científicas que permitam a vivência do processo de construção do conhecimento científico podem contribuir para que eles estabeleçam conexões entre a natureza da ciência, seus conceitos e procedimentos (Carvalho, 2018; Manz; Lehrer; Schauble, 2020; Zômpero; Laburú, 2011).

Porém, pesquisadores defendem a hipótese de que a compreensão dos estudantes sobre a NdC, especialmente suas crenças epistemológicas, pode afetar suas ações e decisões durante atividades didáticas, sobretudo em práticas relacionadas às atividades investigativas (Deng *et al.*, 2011; Lin; Zhu; Chan, 2023; Mete, 2023; Wu; Wu, 2011).

Neste trabalho, as crenças epistemológicas referem-se às ideias, crenças e concepções dos estudantes sobre como o conhecimento científico é produzido, desenvolvido e justificado, envolvendo aspectos e pressupostos específicos sobre a NdC (Sandoval, 2005). Dessa forma,

[...] o conhecimento epistêmico fornece uma justificativa para os procedimentos e práticas em que os indivíduos se envolvem, um conhecimento das estruturas e características definidoras que orientam a investigação científica e a base para a crença nas afirmações que a ciência faz sobre o mundo natural (OCDE, 2016, p.30).

Durante a realização de atividades investigativas, alguns temas epistemológicos são particularmente importantes e podem influenciar de forma significativa as estratégias dos estudantes ao realizar a atividade. Esses temas incluem a relação entre o conhecimento do indivíduo e os dados

disponíveis, o propósito da atividade desenvolvida, as formas como as evidências podem ou não sustentar determinadas afirmações ou hipóteses propostas, a relação entre essas hipóteses e a qualidade dos dados coletados etc. Porém, as dificuldades de pesquisa na área são grandes. Ainda há pouca informação sobre como essas crenças epistemológicas afetam o raciocínio e ações dos estudantes durante as atividades práticas ou, até mesmo, quais crenças epistemológicas os estudantes utilizam para construir seu próprio conhecimento científico. Além disso, resultados de pesquisas indicam que grande parte das ideias dos estudantes sobre o processo de experimentação e, sobretudo, suas crenças epistemológicas, parecem difusas, pouco coerentes e tácitas (Barzilai; Zohar, 2014; Gomes, 2009; Wu; Wu, 2011).

Portanto, “há uma lacuna entre o que se sabe sobre as práticas de investigação dos alunos e suas crenças epistemológicas sobre ciência” (Sandoval, 2005, p. 634). Dessa forma, este trabalho busca obter elementos para uma melhor compreensão teórica e prática da influência e da relação entre crenças epistemológicas dos estudantes e seu desempenho em uma atividade investigativa. Seu objetivo é responder às seguintes questões de pesquisa:

1) Há uma relação entre as crenças epistemológicas e o desempenho experimental de estudantes durante uma investigação?

2) É possível identificar padrões nas crenças epistemológicas dos estudantes e relacioná-las ao seu desempenho experimental durante a atividade?

Crenças epistemológicas

Apesar da extensa literatura sobre a visão que professores e estudantes têm sobre a ciência, a produção e desenvolvimento do conhecimento científico (Lederman; Lederman, 2014; Mccomas, 2020), há relativamente menos trabalhos que tenham focado a forma como essas crenças influenciam nas ações dos estudantes durante seu processo de aprendizagem.

Sobre essa possível influência, Driver e colaboradores afirmam que

[...] frequentemente, as ações dos estudantes e suas ideias são limitadas de maneira significativa por suas percepções sobre a natureza da ciência e do trabalho científico. O resultado é que novas experiências e informações apresentadas na sala de aula e no laboratório são geralmente interpretadas pelos estudantes de maneira diversa daquela planejada pelo professor ou pelos elaboradores de currículo. Saber mais sobre essas percepções, pode, portanto, nos ajudar a entender melhor o processo de aprendizagem do conteúdo de ciências e, por isso, contribuir para um ensino mais efetivo (Driver *et al.*, 1996, p. 2-3).

Em sua extensa revisão da literatura da pesquisa sobre a história e filosofia da ciência, Duschl (1994) sustenta a afirmação de que os indivíduos, desde os primeiros anos de vida, constroem explicações sobre os diversos fenômenos naturais e que estas, são guiadas por modelos epistemológicos. Carey e colaboradores (1989) também acreditam que o desempenho dos estudantes durante diversas atividades seja influenciado por suas percepções quanto ao processo de construção do conhecimento científico. Hogan (2000) propõe mudar a pergunta sobre quais são as concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência para o que essas concepções influenciam e como elas se modificam durante a vida acadêmica dos estudantes.

Tal mudança de foco não é uma tendência de se considerar outros aspectos da prática científica menos importantes, mas sim,

[...] um foco claramente epistemológico parece mais apropriado para a consideração do papel que investigações conduzidas pelos estudantes podem ter no desenvolvimento de suas compreensões sobre a prática científica e sobre o entendimento de como as ideias dos estudantes sobre a natureza do conhecimento e os meios para

produzi-lo pode influenciá-los em suas investigações (Sandoval, 2005, p. 638).

Nas últimas duas décadas, os trabalhos sobre as crenças epistemológicas dos indivíduos intensificaram-se, tornando-se uma linha de pesquisa proeminente no campo da educação. Psicólogos e pesquisadores na área da cognição humana também incorporaram a noção de epistemologia e internalizaram tal conceito, definindo uma epistemologia pessoal, que seria um conjunto de crenças e conhecimentos que os indivíduos possuem e desenvolvem sobre a natureza do conhecimento, sua produção e aquisição, a qual pode atuar como padrão para julgar a validade das afirmações e evidências.

Pesquisadores, dentro dessa perspectiva psicológica, concordam que as crenças epistemológicas estão relacionadas com a cognição, metacognição, motivação, aprendizagem e compreensão, influenciando direta ou indiretamente as estratégias de resolução de problemas e o desempenho dos estudantes em diversas atividades. Diversos trabalhos fornecem evidências dessas relações (Barzilai; Zohar, 2014; Carey; Smith, 1993; Lin; Chiu, 2004; Lising; Elby, 2005; Stathopoulou; Vosniadou, 2007).

Edmondson e Novak (1993) afirmam que há uma interação muito forte entre os conhecimentos epistemológicos dos estudantes e suas estratégias de aprendizagem, ou seja, os autores defendem a existência de uma relação dinâmica entre as concepções dos indivíduos sobre a estrutura e origem do conhecimento científico e suas abordagens e técnicas utilizadas para aprender ciências.

Sandoval (2005) utiliza o termo epistemologia formal para referir-se ao conjunto de ideias e concepções que os indivíduos possuem sobre o conhecimento científico, sua produção e validação através da ciência profissional e da atuação dos cientistas. O autor também utiliza o termo epistemologia prática, para referir-se ao conjunto de ideias e concepções que os estudantes possuem sobre a produção do seu próprio conhecimento na

escola, durante a aprendizagem de ciências – as crenças epistemológicas que guiam sua prática. Posto de outra forma,

[...] a epistemologia prática envolve as crenças sobre a natureza do conhecimento científico, a abordagem de produção do conhecimento científico e os critérios de avaliação das afirmações do conhecimento científico que possam refletir a decisão dos alunos e os critérios de construção e avaliação do conhecimento científico nas suas próprias práticas de aprendizagem (Wu; Wu, 2011, p.322).

Essas crenças são sobre o que é o conhecimento, os métodos do indivíduo para produzi-lo e os critérios para avaliá-lo. Sandoval (2005) ainda alerta que ao referirmos à epistemologia como crenças e concepções, a ideia que pode ser transmitida é a de um conjunto de crenças coerentes e explícitas. Porém, o autor defende que tais concepções podem perfeitamente manifestar-se de forma implícita e são, muitas vezes, de natureza tácita. Seus objetivos ao traçar essa distinção é defender a tese de que tais conhecimentos epistemológicos são diferentes e explicar a dificuldade em mudar as concepções dos indivíduos sobre a epistemologia formal apenas com aulas de ciências.

Aspectos metodológicos

A pesquisa realizada foi de natureza quantitativa e as atividades envolvidas permitiram que os participantes se envolvessem em três práticas científicas: (i) formulação de questões e hipóteses; (ii) planejamento e realização de investigações; (iii) análise e interpretação de dados (Vorholzer; Von Aufschnaiter; Boone, 2020).

Participaram da pesquisa 184 alunos de sete turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública federal de Belo Horizonte, com idades variando entre 15,1 e 18,3 anos e média de 16,2 anos.

Apesar desta pesquisa não ter sido submetida a um Comitê de Ética, os preceitos éticos recomendados pela Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED, 2019) foram seguidos, especialmente quanto à autodeclaração de princípios éticos (Mainardes; Carvalho, 2019).

A pesquisa foi apresentada ao diretor da escola e aos professores que auxiliariam no processo de coleta de dados. Após obter a autorização junto à direção e ao corpo docente envolvido, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi enviado aos pais e/ou responsáveis de todos os alunos, de todas as turmas do primeiro ano do Ensino Médio da escola. O TCLE explicava detalhadamente os objetivos gerais da pesquisa, o que os alunos fariam, os possíveis riscos e benefícios, ressaltava a garantia da integridade física e moral dos participantes, deixando claro que não se tratava de uma atividade escolar e que, portanto, a participação dos alunos era voluntária e não obrigatória. Os alunos entregaram o canhoto do TCLE assinado.

A pesquisa também foi detalhada aos alunos antes do processo de coleta de dados. Foram esclarecidos detalhes sobre a justificativa, os objetivos, os métodos, os possíveis riscos e benefícios da pesquisa e, em seguida, colheu-se o assentimento dos alunos. Todos os alunos concordaram em participar.

Logo no início do processo de tratamento dos dados, o nome de cada aluno foi substituído por um número geral. Cada dupla também recebeu um código. Dessa forma, a identidade dos participantes foi preservada durante todo processo de análise dos dados.

Os participantes responderam ao questionário que buscava identificar suas crenças epistemológicas. O instrumento, apresentado na Figura 1, é composto por três questões dissertativas que indagam os alunos acerca de aspectos específicos sobre experimentos científicos. As questões utilizadas nesse questionário foram inspiradas em instrumentos de pesquisas anteriores (Carey *et al.*, 1989; Lin, 2018, Smith; Wenk, 2006).

Em seguida, os participantes realizaram as atividades investigativas por meio de simulações computacionais. De interface amigável, as simulações se mostraram facilmente entendidas e utilizadas pelos participantes da

pesquisa. As telas principais de cada uma delas são apresentadas na Figura 2. Os estudantes tinham aulas semanais da disciplina Informática, e, por isso, a utilização do computador em si não ofereceu dificuldade específica para eles.

FIGURA 1: Questionário aplicado na pesquisa.

Nome: _____ Turma: _____
1) O que você entende por um experimento científico?
2) Quando podemos considerar que um experimento científico é um bom experimento?
3) Os cientistas realizam experiências. Qual seria os objetivos deles ao realizar um experimento?

Fonte: Autores.

Foram desenvolvidas simulações que abordaram dois temas (termologia/equilíbrio térmico e movimento acelerado/plano inclinado), mas com configurações experimentais semelhantes. É importante salientar que os conteúdos em questão já foram abordados anteriormente pelos alunos, seguindo o currículo regular da escola, e não possuem qualquer relação com a pesquisa em análise.

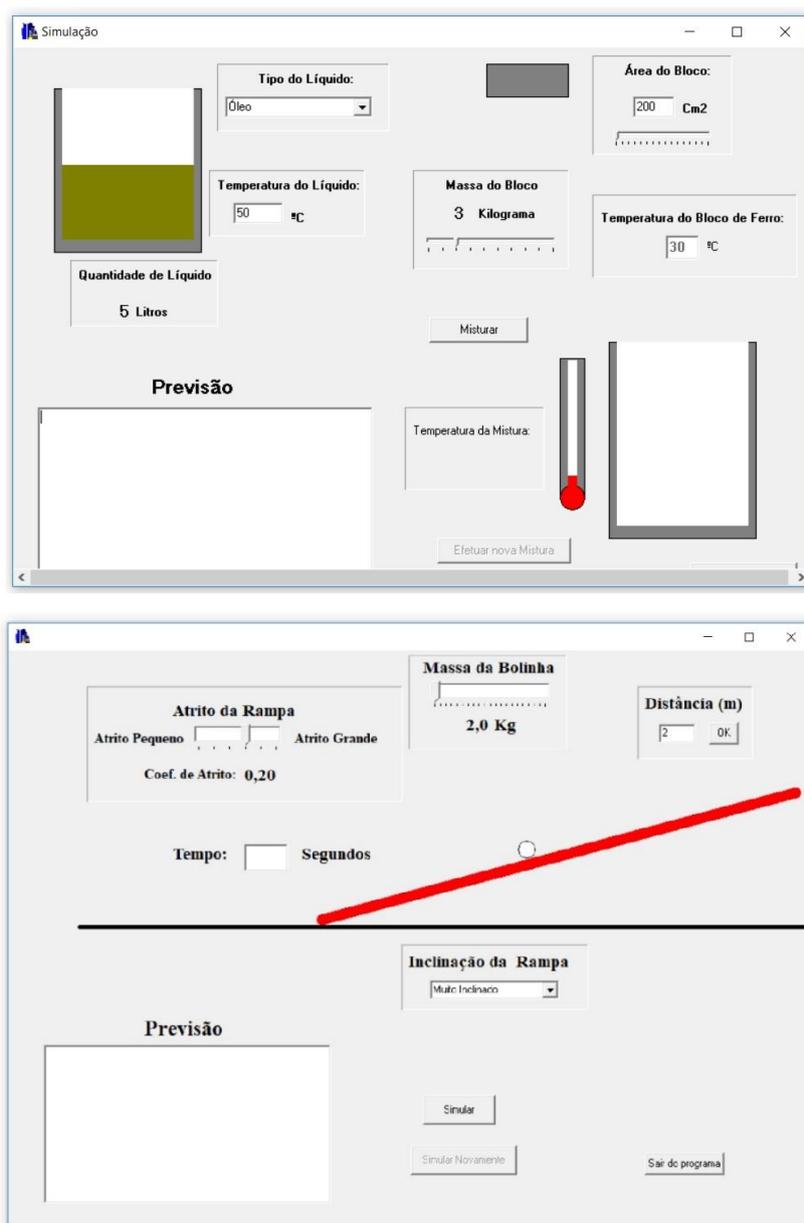
O objetivo de cada investigação foi o de estabelecer quais das variáveis independentes exerciam influência sobre uma determinada variável dependente³. Dentre as variáveis independentes, havia aquelas causais (que influenciam na variável dependente) e uma, não causal (que não tem influência sobre a variável dependente). No Quadro 1 estão descritas as principais características das atividades investigativas desenvolvidas.

A coleta de dados ocorreu no início do segundo semestre letivo, durante o horário normal das aulas de Física, que foram cedidas pelos professores para a realização da pesquisa. Após responderem, individualmente, ao

³ Para a comunicação com os alunos, os objetivos das atividades foram tratados de forma mais coloquial e de fácil compreensão para eles. Os objetivos comunicados aos estudantes estão no Quadro 1.

questionário para identificação das crenças epistemológicas, os alunos foram conduzidos, pelo professor, para a sala de informática. Os alunos foram orientados a se sentar em duplas, com liberdade para escolha do(a) colega. Antes dos alunos iniciarem cada investigação, um dos autores da pesquisa explicava o funcionamento da simulação e dirimia eventuais dúvidas.

FIGURA 2: Telas principais das simulações.



Fonte: Autores.

QUADRO 1: Características das atividades investigativas.

Investigação	Objetivo	Fatores/Variáveis	Tipo de variáveis
Problema do equilíbrio térmico (PET)	Determinar quais fatores influenciam na temperatura final do sistema	Área superf. do bloco Massa do bloco Temperatura do líquido Tipo do líquido	Discreta (20 níveis) Discreta (10 níveis) Contínua Nominal (3 níveis)
Problema do plano inclinado (PPI)	Determinar quais fatores influenciam o tempo que as esferas gastam para percorrer a rampa	Atrito Distância Inclinação Massa da esfera	Discreta (6 níveis) Contínua Nominal (3 níveis) Discreta (20 níveis)

Fonte: Autores.

Durante a atividade, as duplas preencheram os valores das variáveis independentes, justificando, em um espaço apropriado, os valores determinados. Em seguida, ao clique de um botão, o resultado era fornecido, com uma breve animação, e era solicitado um comentário sobre o resultado obtido. Ao finalizar o comentário, a dupla tinha a opção de continuar com a investigação ou sair do programa. Ao sair, todas as informações eram gravadas e armazenadas em um arquivo de extensão ‘.txt’, que permanecia disponível para análise. Esses arquivos, com o histórico da investigação, foram fonte de dados fundamentais neste estudo. A Figura 3 exibe um exemplo desses históricos e como as informações foram arquivadas. É possível verificar que todos os dados fornecidos para as variáveis, além das justificativas, previsões e comentários sobre os resultados foram salvos, permitindo analisar e avaliar o desempenho experimental e o raciocínio das duplas durante execução da atividade. Por meio dos históricos, podemos saber, portanto: (i) o número de experimentos realizados; (ii) as modificações experimentais feitas entre cada tomada de dados e o porquê da realização de cada experimento; (iii) se as duplas adotaram estratégias adequadas de controle de variáveis; (iv) quais variáveis receberam maior ou menor atenção das duplas durante a investigação.

FIGURA 3: Exemplo de um histórico de investigação.

Turma 6 – Aluno(a) 149 e aluno(a) 154 - Equilíbrio térmico	
<p>Experimento: 1</p> <p>Previsão: A água vai ceder calor para o bloco até haver um equilíbrio térmico.</p> <p>Temperatura do Líquido: 50°C Tipo do Líquido: Óleo Quantidade do Ferro: 1 kg Area do Ferro: 200 cm²</p> <p>Temperatura Final: 49.6 °C</p> <p>Comentário: Foi o esperado. A temperatura da água diminuiu e a do bloco aumentou porque houve transmissão de calor.</p>	<p>Temperatura Final: 48.7°C</p> <p>Comentário: Foi o esperado. Pois a massa influencia na temperatura final da mistura.</p>
<p>Experimento: 2</p> <p>Previsão: A área do bloco não influencia porque a massa ficou constante e vai haver a mesma troca de calor.</p> <p>Temperatura do Líquido: 50 °C Tipo do Líquido: Óleo Quantidade do Ferro: 1 kg Area do Ferro: 300 cm²</p> <p>Temperatura Final: 49.6 °C</p> <p>Comentário: Foi o esperado. A área do bloco não influencia.</p>	<p>Experimento: 4</p> <p>Previsão: O tipo de líquido influencia, pois cada líquido tem seu calor específico.</p> <p>Temperatura do Líquido: 50 °C Tipo do Líquido: Água Quantidade do Ferro: 1 Kg Area do Ferro: 200 cm²</p> <p>Temperatura Final: 49.3 °C</p> <p>Comentário: Foi o esperado.</p>
<p>Experimento: 3</p> <p>Previsão: A massa vai influenciar pois a água vai precisar ceder mais calor para o bloco.</p> <p>Temperatura do Líquido: 50 °C Tipo do Líquido: Óleo Quantidade do Ferro: 3 Kg Area do Ferro: 200 cm²</p>	<p>Experimento: 5</p> <p>Previsão: A temperatura do líquido influencia pois ele fornece calor necessário para o bloco e no final a temperatura do sistema no caso aumenta.</p> <p>Temperatura do Líquido: 80 °C Tipo do Líquido: Água Quantidade do Ferro: 1Kg Area do Ferro: 200 cm²</p> <p>Temperatura Final: 78.2 °C</p> <p>Comentário: Foi o esperado. Acabamos a atividade.</p>

Fonte: Autores.

Cada turma realizou as atividades da pesquisa em duas aulas de 100 minutos cada, uma para cada investigação ao longo de uma semana. A ordem do tema da investigação variou de turma para turma. Portanto, os alunos de determinadas turmas realizaram as atividades relativas ao PET na primeira aula e as atividades do PPI na outra, mantendo-se as duplas. Para outras turmas, ocorreu o inverso. Neste trabalho são considerados apenas os dados relativos à primeira atividade realizada pelas duplas.

Análise e discussão dos dados

Para avaliar as crenças epistemológicas dos participantes, as respostas dos alunos no questionário foram avaliadas em conjunto e categorizadas em duas categorias, segundo quatro critérios, construídos a partir de trabalhos como os de Carey e Smith (1993) e de Smith e Wenk (2006): (i) característica geral das respostas; (ii) o papel atribuído à experimentação científica; (iii) a relação teoria e experimentação; (iv) o objetivo da ciência. O Quadro 2 apresenta os critérios, descrevendo-os conforme as categorias.

QUADRO 2: Critérios e categorias utilizadas na análise.

Critérios	Categorias	
	Ingênuas	Adequadas
Característica geral das respostas	As respostas são pouco elaboradas e vagas.	As respostas são mais organizadas, mais bem construídas.
Experimentação científica	A experimentação é vista apenas como uma forma de provar ou comprovar o que o que o cientista já conhece ou descobriu.	A experimentação é vista como a maneira pela qual os cientistas testam suas ideias ou hipóteses.
Relação teoria x experimentação	Não demonstra preocupação com o papel das ideias dos cientistas no processo científico.	Reconhece e faz uma distinção explícita entre ideias e experimentação, considerando a teoria dos cientistas importante para a experimentação.
Objetivo da ciência	A ciência é encarada como sendo o meio de resolver problemas, fazer descobertas, aprender coisas novas e/ou descobrir como algo funciona.	A ciência é vista como um meio de explicar fenômenos naturais, avaliar e testar ideias, hipóteses e teorias.

Fonte: Autores.

As respostas dos alunos foram categorizadas de forma independente pelos dois autores. A porcentagem de concordância foi de 91,8%, com os 15 casos em que houve discordância de categorização sendo dirimidos após conversa e consenso entre os autores. No Quadro 3, têm-se exemplos de

respostas de 6 participantes categorizadas de acordo com os critérios estabelecidos.

QUADRO 3: Exemplos de respostas dos participantes.

Questões	Respostas	
	Ingênuas	Adequadas
1	<p>A1 – Atividade prática que comprova hipóteses (que justificam o comportamento de fenômenos naturais, físicos ou químicos).</p> <p>A2- Um experimento científico, para mim, é quando tentam se provar/descobrir algo através de experimentos, misturas, algo proveniente de laboratório.</p> <p>A3 – Uma atividade dos cientistas para aprender mais sobre um fenômeno e suas características.</p>	<p>A4 – Uma experiência para testar uma teoria ou hipótese.</p> <p>A5 – É uma experiência feita com o objetivo de testar alguma hipótese ou buscar explicar algo que ainda não se tem uma resposta.</p> <p>A6 – É um estudo controlado que se faz para tirar conclusões sobre um fenômeno. Para ver se o que os cientistas estão pensando está certo ou errado.</p>
2	<p>A1 – Quando consegue provar com clareza as hipóteses criadas sobre o “assunto” que ele envolve.</p> <p>A2 – Quando ele dá certo. Quando ele nos mostra algo que ajuda a chegar no objetivo desejado. Quando ele nos mostra algo construtivo.</p> <p>A3 -Quando ele atende aos objetivos já estabelecidos antes da experiência, sem maiores dificuldades.</p>	<p>A4 - Quando consegue determinar se a hipótese está correta ou errada.</p> <p>A5 – Quando ele ajuda os cientistas a explicar o fenômeno e a decidir qual teoria ou ideia está certa.</p> <p>A6 – Quando os erros são minimizados, os procedimentos são feitos de forma cuidadosa. Assim, o cientista pode analisar os dados do experimento, compreender o fenômeno e verificar se seu pensamento está certo.</p>
3	<p>A1 – Para criar leis científicas e compreender os fatos.</p> <p>A2- Descobrir novas coisas (curas de doenças, novos tipos de energia....) e aprender sobre os fenômenos.</p> <p>A3 -Para comprovar as ideias já formuladas por eles.</p>	<p>A4 -Testar hipóteses e ajudar na formulação de teorias.</p> <p>A5 – O objetivo seria testar uma ideia ou hipótese que eles tenham sobre o fenômeno.</p> <p>A6- O objetivo é de verificar se uma hipótese é válida ou não. Não sendo válida, os cientistas podem modificar suas teorias e realizar novos experimentos.</p>

Fonte: Autores.

Do total de participantes, 122 (66%) tiveram suas respostas categorizadas como ingênuas e 62 (34%) como adequadas. Esse resultado corrobora resultados de pesquisas anteriores que afirmam que boa parte dos estudantes da Educação Básica, em diversos países, apresenta crenças ingênuas e fragmentadas sobre a NdC, o processo de produção e de desenvolvimento do conhecimento científico (Khishfe, 2022; Lederman; Lederman, 2014).

Embora as percepções individuais possam variar, pôde-se identificar um padrão baseado em visões indutivista-positivistas, ateóricas, empiristas e/ou objetivistas, em relação às respostas categorizadas como ingênuas, evidenciado também pela elevada porcentagem de concordância na avaliação das respostas (indicando facilidade de categorização). Para estes, a essência da atividade científica é a experimentação, desconsiderando o papel das hipóteses e teorias já existentes, que são fundamentais para orientar as investigações. Creem em uma visão restrita do método científico, como sendo um conjunto de etapas rígidas que devem ser seguidas e que levam, indubitavelmente, ao resultado desejado. A ciência é encarada como um corpo de conhecimento imutável, infalível e exato, obtido incontrovertidamente, por meio da experimentação.

Em busca de respostas às questões de pesquisa, relacionou-se aspectos do desempenho dos alunos durante a investigação e suas respectivas crenças epistemológicas. Para tanto, identificamos as duplas nas quais os dois alunos tiveram suas respostas categorizadas com a mesma categoria. Ou seja, os dois alunos que compunham a dupla possuíam crenças epistemológicas semelhantes. Foram identificadas 46 duplas.

Inicialmente, investigou-se se há diferenças quanto ao número de experimentos realizados, com os resultados sendo apresentados na segunda coluna da Tabela 1.

A média dos dois grupos foi bastante semelhante. Foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, que é um teste não paramétrico utilizado para comparar duas ou mais amostras que sejam independentes entre si. O teste informa se

existe diferença significativa entre os grupos e sua aplicação utiliza os valores numéricos transformados em postos e agrupados em um único conjunto de dados. Por meio da média dos postos é realizada a comparação entre os grupos. O resultado, $H(1)=0,041$, $p=0,840$, indica que não há diferença significativa entre os grupos quanto ao número de experimentos realizados.

TABELA 1: Crenças epistemológicas e o número de experimentos realizados.

Categorias	Número de duplas	Média de experimentos realizados	Porcentagem de testes válidos e conclusivos
Ingênuas	36	5,50	63%
Adequadas	10	5,40	85%
Geral	46	5,48	68%

Fonte: Autores.

Dentre as habilidades e processos que caracterizam o processo de investigação científica, destaca-se a capacidade de realizar testes experimentais válidos e conclusivos. Analisamos a possível relação entre as crenças epistemológicas e a habilidade dos alunos na configuração desses tipos de testes experimentais. Um teste válido e conclusivo é aquele que toma as variáveis propostas numa situação-problema e as manipula de maneira similar ao que a literatura denomina estratégia de controle de variáveis. O teste é válido se a variável cujo efeito se deseja determinar é tomada como variável independente. O teste é conclusivo se apenas essa variável se modifica entre duas ou mais repetições experimentais, sendo que todas as outras variáveis são mantidas inalteradas (Schwichow *et al.*, 2016). Na terceira coluna da Tabela 1 estão apresentadas as porcentagens médias de testes válidos e conclusivos de acordo com as categorias.

Percebe-se, que há uma diferença entre as médias de experimentos adequados e consistentes de acordo com as categorias analisadas. As duplas formadas por alunos com crenças epistemológicas mais sofisticadas realizaram, em média, mais testes adequados e consistentes. O resultado do

teste Kruskal-Wallis, $H(1)=2,609$, $p=0,106$ indica que o resultado é marginalmente significativo.

Para se tentar estabelecer uma relação entre as crenças epistemológicas dos estudantes e o seu desempenho durante a atividade, classificou-se a qualidade da investigação realizada por cada dupla de acordo com as categorias proposta por Nascimento e Gomes (2018). As categorias, definidas no Quadro 4, dizem respeito, sobretudo, à exploração do campo experimental e à utilização de testes válidos e conclusivos.

QUADRO 4: Categorização do desempenho experimental.

Desempenho	Descrição
Muito Bom	Quando a dupla realizou pelo menos um teste experimental válido e conclusivo para todas as variáveis independentes.
Bom	Quando a dupla realizou pelo menos um teste experimental válido e conclusivo para pelo menos 50% das variáveis independentes.
Fraco	Quando a dupla realizou a maioria dos testes experimentais de forma inconsistente e explorou a influência de poucas variáveis independente.

Fonte: Autores.

Considerando ainda as mesmas 46 duplas, pesquisou-se a relação entre a qualidade da investigação realizada e as crenças epistemológicas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Relação entre o desempenho experimental e as crenças epistemológicas.

Desempenho	Crenças epistemológicas		Total
	Ingênuas	Adequadas	
Fraco	12	0	12
Bom	13	3	16
Muito Bom	11	7	18
Total	36	10	46

Fonte: Autores.

Pode-se observar que 70% das duplas formadas por alunos com crenças epistemológicas mais adequadas tiveram seu desempenho experimental

categorizado como Muito Bom, sendo que nenhuma dupla formada por alunos com concepções mais adequadas teve desempenho na atividade categorizado como Fraco. Por sua vez, em relação às duplas formadas por alunos com concepções epistemológicas mais ingênuas, cerca de um terço delas tiveram seus desempenhos experimentais classificados como Muito Bom, um terço das duplas avaliados como Bom e um terço com desempenho Fraco. Para verificar se as diferenças apresentadas são estatisticamente significativas, realizou-se o teste do chi-quadrado. Uma das utilidades do teste do chi-quadrado é verificar a independência ou a existência de alguma relação entre duas variáveis categóricas em tabelas de dupla entrada. O resultado encontrado foi $\chi^2(2)=6,529$, $p=0,038$, o que atenta para a significância estatística do resultado obtido.

Portanto, diante dos resultados apresentados, há indícios da relação entre o desempenho de estudantes na realização de atividades investigativas e suas crenças epistemológicas. Os resultados apresentados corroboram pesquisas anteriores que também sugerem essa relação (Driver; Leach; Millar, 1996; Millar *et al.*, 1994).

Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi o de explorar a relação entre as crenças epistemológicas e o desempenho experimental de estudantes durante atividades investigativas. Respondendo à questão de pesquisa, os resultados indicam uma relação entre as crenças epistemológicas e o desempenho experimental dos estudantes. As duplas compostas por estudantes com crenças epistemológicas mais adequadas tenderam a apresentar estratégias mais sofisticadas de controles de variáveis e de experimentação, apresentando, assim, um melhor desempenho nas investigações. Isso ficou evidenciado pelo maior número de testes válidos e conclusivos realizados e por apresentarem, percentualmente, um desempenho experimental superior.

Os resultados apresentados endossam pesquisa anteriores sobre a existência de um padrão de crenças ingênuas, fragmentadas, indutivistas e atóricas que a maioria dos alunos da Educação Básica possui sobre o processo de produção e construção do conhecimento científico, em todos os níveis de ensino (Deng *et al.*, 2011; Van Griethuijsen *et al.*, 2015).

O ensino de ciências pode se beneficiar muito ao dar atenção à interação entre as concepções epistemológicas, atitudes e estratégias de aprendizagem dos estudantes. Enquanto as atividades práticas podem fornecer a oportunidade aos estudantes de ter um papel central no processo de geração do conhecimento, elas também fornecem ao professor a oportunidade de abordar várias questões epistemológicas sobre o papel das evidências, o papel e desenvolvimento das teorias científicas e as principais características do conhecimento científico. Além disso, durante as atividades, as considerações epistemológicas dos estudantes devem ser levadas em consideração e as reflexões epistemológicas devem ser parte integral das atividades desenvolvidas, devendo ser incorporadas por períodos longos.

Uma limitação da pesquisa realizada é a forma como as crenças epistemológicas dos participantes foram identificadas, por meio de questionário, com questões gerais e abertas. Há críticas em relação a isso. Pesquisas indicam que as crenças epistemológicas dos alunos são sensíveis aos instrumentos de pesquisas e dependentes do contexto das questões utilizadas (Allchin, 2011; Matthews, 2012; Metz, 2011). Essa questão coloca-se como um desafio para a área de Educação em Ciência, pois como afirmam Lee e colaboradores (2021), mesmo com instrumentos validados, pesquisadores concluem que as crenças epistemológicas são plásticas, sensível às oportunidades de ensino e variam de acordo com o contexto.

A pesquisa realizada sugere que a realização de atividades investigativas pode criar condições e oportunidades para que os estudantes obtenham uma melhor compreensão dos fundamentos epistemológicos da ciência e do processo de construção do conhecimento científico, desde que isso

seja explicitamente e devidamente abordado pelo professor (Lederman; Abd-El-Khalick; Lederman, 2020; Lederman; Lederman, 2014).

Entretanto, as atividades investigativas não são necessariamente suficientes para o desenvolvimento de crenças epistemológicas mais sofisticadas, pois, mesmo que os estudantes se envolvam efetivamente nessas atividades e aproveitem os benefícios delas para a construção de seus conhecimentos conceituais e procedimentais, ainda podem manter uma visão ingênua sobre aspectos da NdC e de sua epistemologia.

A forma como as atividades são desenvolvidas podem ter consequências diretas sobre as concepções epistemológicas dos estudantes e sobre o potencial que este ambiente de aprendizagem tem para desenvolver tais concepções (Gomes, 2009, p. 269).

Novas questões para futuras pesquisas também podem ser formuladas: como as atividades de investigação realizadas pelos alunos moldam suas crenças epistemológicas? Quais etapas do processo de investigação ou quais habilidades relativas ao processo de investigação científica podem sofrer maior ou menor influência de crenças epistemológicas?

Se há o desejo do desenvolvimento de conhecimentos e habilidades relativas ao processo de experimentação e de crenças epistemológicas mais sofisticadas por parte dos estudantes, torna-se necessário desenvolver estratégias didáticas e implementar, continuamente, formas apropriadas de avaliação desses objetivos por parte dos pesquisadores e professores.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e pelo apoio financeiro no desenvolvimento do projeto (APQ-00701-18).

Referências

- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20432>.
- ANPED. *Ética e pesquisa em Educação: subsídios*. Rio de Janeiro: ANPED, 2019.
- BARZILAI, S.; ZOHAR, A. Reconsidering personal epistemology as metacognition: A multifaceted approach to the analysis of epistemic thinking. *Educational psychologist*, v. 49, n. 1, p. 13-35, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.863265>.
- CAREY, S. et al. An Experiment Is When You Try It and See if It Works": A Study of Junior High School Students' Understanding of the Construction of Scientific Knowledge. *International Journal of Science Education*, n. 11, p. 514–529, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069890110504>.
- CAREY, S.; SMITH, C. On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational psychologist*, v. 28, n. 3, p. 235-251, 1993. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326985ep2803_4.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765-794, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>.
- DENG, F. et al. Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, v. 95, n. 6, p. 961-999, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.
- DRIVER R. et al. *Young people's images of science*. McGraw-Hill Education (UK), 1996.
- DUSCHL, R. A. Research on the history and philosophy of science. In: Gabel, D. L. *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 1994, p. 443-465.
- EDMONDSON, K. M.; NOVAK, J. D. The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of research in Science Teaching*, v. 30, n. 6, p. 547-559, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.3660300604>.
- GOMES, A. D. T. *Uma investigação sobre a aprendizagem dos conceitos de evidência no laboratório escolar*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- HODSON, D. Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. *Science education*, v. 72, n. 1, p. 19-40, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730720103>.

HOGAN, K. Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science education*, v. 84, n. 1, p. 51-70, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<51::AID-SCE5>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<51::AID-SCE5>3.0.CO;2-H).

KHISHFE, R. Improving students' conceptions of nature of science: A review of the literature. *Science & Education*, p. 1-45, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8>.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, J. S. Avoiding de-natured science: Integrating nature of science into science instruction. In: MCCOMAS, W. F. (Ed.), *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies*. Cham: Springer Nature, 2020, p. 295-326.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Research on teaching and learning of nature of science. In: LEDERMAN, N. G.; ABELL, S. K. (Eds.) *Handbook of research on science education, volume II*. Routledge, 2014. p. 614-634.

LEE, S. W. et al. Measuring epistemologies in science learning and teaching: A systematic review of the literature. *Science Education*, v. 105, n. 5, p. 880-907, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/sc.21663>.

LIN, F. Characterizing elementary-school students' epistemology of science: Science as collective theory-building process. *The Asia-Pacific Education Researcher*, v. 27, n. 6, p. 487-498, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0411-4>.

LIN, F.; ZHU, G.; CHAN, C. K. K. Do epistemically more sophisticated students always learn better than epistemically less sophisticated students in a constructivist learning context? *Educational Psychology*, v. 43, n. 6, p. 583-603, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/01443410.2023.2241685>.

LIN, H. S.; CHIU, H. L. Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 1, p. 101-112, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000070289>.

LISING, L.; ELBY, A. The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. *American Journal of Physics*, v. 73, n. 4, p. 372-382, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.1848115>.

MAINARDES, J.; CARVALHO, I. C. M. Autodeclaração de princípios e de procedimentos éticos na pesquisa em Educação. In *Ética e pesquisa em educação: subsídios*. Rio de Janeiro: ANPED, p. 129-132, 2019.

MANZ, E.; LEHRER, R.; SCHAUBLE, L. Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 57, n. 7, p. 1148-1174, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21625>.

MATTHEWS, M. R. The Nature of Science and Science Teaching. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K.G. (Eds). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 981-999.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In KHINE, M. S. (Ed.) *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies*. Dordrecht: Springer, 2012, p. 3-26.

MCCOMAS, W. (Ed.). *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies*. Cham: Springer Nature, 2020.

METE, P. The relationship between the epistemological beliefs, science learning approaches and scientific inquiry skills: a path analysis. *Research in Science & Technological Education*, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2209845>.

METZ, K. E. Disentangling robust developmental constraints from the instructionally mutable: Young children's epistemic reasoning about a study of their own design. *The Journal of the Learning Sciences*, v. 20, n. 1, p. 50-110, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.529325>.

MILLAR, R. et al. Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, v. 9, n. 2, p. 207-248, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1080/0267152940090205>.

NASCIMENTO, R. D.; GOMES, A. D. T. A relação entre o conhecimento conceitual e o desempenho de estudantes em atividades investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 935-965, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183935>.

OECD. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, PISA, OECD Publishing, Paris, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264255425-en>.

SANDOVAL, W. A. Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science education*, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/sci.20065>.

SCHWICHOW, M. et al. What students learn from hands-on activities. *Journal of research in science teaching*, v. 53, n. 7, p. 980-1002, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21320>.

SMITH, C. L.; WENK, L. Relations among three aspects of first-year college students' epistemologies of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, n. 8, p. 747-785, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20113>.

STATHOPOULOU, C.; VOSNIADOU, S. Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, v. 32, n. 3, p. 255-281, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.12.002>.

TABER, K. S. Reflecting the nature of science in science education. In: TABER, K. S.; AKPAN, B. (Eds.). *Science Education: an international course companion*. The Netherlands: Sense Publishers, 2017. p. 23-37.

VAN GRIETHUIJSEN, R. A. et al. Global patterns in students' views of science and interest in science. *Research in science education*, v. 45, p. 581-603, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9438-6>.

VORHOLZER, A.; VON AUFSCHNAITER, C.; BOONE, W. J. Fostering upper secondary students' ability to engage in practices of scientific investigation: A comparative analysis of an explicit and an implicit instructional approach. *Research in Science Education*, v. 50, p. 333-359, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1>.

WU, H. K.; WU, C. L. Exploring the development of fifth graders' practical epistemologies and explanation skills in inquiry-based learning classrooms. *Research in Science Education*, v. 41, n. 3, p. 319-340, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9167-4>.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, p. 67-80, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>.

Recebido em novembro de 2023.

Aprovado em abril de 2024.