Investigações em Ensino de Ciências (ISSN: 1518-8795)
2026, vol. 31, n. 3, pp. 596-622
https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2026v31n3p595

PESQUISA EMPÍRICA

Perspectivas sobre a construção do conhecimento científico de estudantes de diferentes níveis em uma aula de Química integrada à Natureza da Ciência

Perspectives on the construction of scientific knowledge by students of different levels in a chemistry class integrated with the nature of science

Bianca Maiello [a], João Felipe Silva [a], Monique Santos [a]

[a] Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil.

Resumo. Estudo de caso qualitativo sobre a compreensão de estudantes de diferentes níveis de formação sobre o processo de construção do conhecimento científico em uma aula de Química integrada à Natureza da Ciência (NdC), fundamentada nas segunda e terceira versões do Modelo de Ciências para o/a Ensino/Educação de/em Ciências. A aula foi planejada por licenciandos como parte de disciplinas optativas de uma Universidade Federal do Sudeste do país, e aplicada por eles em um sábado não letivo, em uma escola estadual de região periférica. Participaram dessa aula, voluntariamente, quatro estudantes do Ensino Médio e dois professores da própria escola, um de Português e uma de Química. A análise das discussões, à luz do referencial teórico-metodológico, resultou na identificação de 12 aspectos de NdC distribuídos em quatro áreas de conhecimento em diálogo com a literatura da área de Educação em Ciências. Enquanto os participantes professores demonstraram uma visão mais fundamentada *sobre* Ciências, os participantes estudantes se envolveram mais ativamente na etapa mais contextualizada da aula, e menos ativamente nas discussões com conteúdo específico. A heterogeneidade da turma possibilitou a troca de repertórios entre os participantes, evidenciando o potencial de contextos de ensino mistos para a integração de NdC ao ensino de Química.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, Ensino de Química, Turma mista.

Submetido em 23/04/2026
Aceito em 28/10/2026
Publicado em 13/11/2026

Abstract. This is a qualitative case study on the understanding of students at different educational levels regarding the process of constructing scientific knowledge in the context of a chemistry class incorporating Nature of Science (NOS), based on the second and third versions of the Model of Science for Science Education. The class was planned and taught by pre-service teachers as part of an elective course at a federal university in the southeast of the country. The study was conducted on a non-school Saturday, in a state school, in a peripheral region. Four high school students, and two teachers from the school itself (Portuguese and chemistry), participated in this class voluntarily. The analysis of the discussions resulted in the identification of 12 aspects of NOS distributed across four areas of knowledge in dialogue with the literature in the field of science education. While the participating teachers demonstrated a more grounded understanding *about* science, the students were more actively involved in the more contextualized part of the lesson, and less when it was focused on specific chemical content. The heterogeneity of the class allowed the exchange of knowledge among them, highlighting the potential of mixed-groups context for integrating NOS into chemistry education.

Keywords: Nature of Science, Chemistry Education, Mixed-class.

Introdução

Nas últimas décadas, tem-se consolidado, na área de Educação em Ciências, um amplo consenso acerca da relevância da inserção e discussão de aspectos de Natureza da Ciência (NdC) no processo de ensino e aprendizagem. Situações de ensino mais próximas das

Contatos: biancamaiello@ufmg.br; joaofelipess11@ufmg.br; moniquealine@ufmg.br

Ciências, isto é, que possibilitem o entendimento e a reflexão sobre os próprios processos que levam ao desenvolvimento do conhecimento científico, contribuem para o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências[1] (Santos et al., 2020). O entendimento do que é Ciência e de como ela é construída, ou seja, de sua natureza, dá sentido ao que se ensina nas escolas e possibilita a formação de sujeitos capazes de compreender o mundo e intervir nele (Catarino & Reis, 2021).

NdC pode ser discutida de três maneiras: *contextualizada* e/ou *explícita* e/ou *integrada*, conforme definido por Santos et al. (2020, p. 583):

> A abordagem *contextualizada* se refere à presença de um contexto como pano de fundo, por exemplo, o contexto histórico no ensino de modelos para o átomo; a abordagem *explícita* se refere a discutir abertamente sobre aspectos de NdC que influenciam (ou influenciaram) a construção do conhecimento científico (por exemplo, a motivação de Marie Curie em explicar dados experimentais inesperados, que levou à descoberta do elemento químico Rádio); e a abordagem *integrada* se relaciona a incorporar aspectos de NdC ao desenvolvimento de um ou mais conteúdos científicos curriculares (por exemplo, a multiplicidade de, e o relacionamento entre, modelos para o átomo).

Diante desse cenário, o debate desloca-se cada vez mais para a investigação das abordagens, estratégias, recursos e condições pedagógicas mais adequadas à sua efetiva integração nas práticas escolares. Desse modo, esta pesquisa investigou estudantes de diferentes níveis de formação (uma turma mista) em um dia/horário fora da carga horária obrigatória. A análise dessa configuração possibilita examinar modos alternativos de introdução de aspectos de NdC. Ao considerar tais especificidades, amplia-se o debate sobre as potencialidades e os limites de diferentes arranjos pedagógicos para a integração de NdC na Educação Básica. A opção por essa abordagem justifica-se pela busca por uma visão holística e integrada das Ciências, que evita listas simplistas de princípios e permite analisá-la a partir de áreas como Filosofia, Psicologia e História da Ciência (Lima et al., 2021).

De acordo com a revisão de literatura do campo de NdC feita por Cofré et al., (2019), foi possível identificar a existência de uma lacuna no que se refere a pesquisas empíricas que utilizassem visões de NdC diferentes da "visão consensual" desenvolvida por Lederman et al. (2002). Somado a isso, outra revisão feita anteriormente por Azevedo e Scarpa (2017) demonstra que há uma quantidade relativamente pequena de investigações sobre concepções de NdC sendo conduzidas em contextos de ensino de Química. No caso deste artigo, as segunda e terceira versões do Modelo de Ciências para o/a Ensino/Educação de/em Ciências (MoCEC v.2 e v.3), propostas por Santos et al. (2020) e Santos (2023), respectivamente, são apresentadas como referencial teórico e também metodológico, sendo utilizadas desde a elaboração do planejamento da aula temática que foi aplicada, até a análise dos dados coletados durante sua execução.

É nesse contexto que se insere o trabalho de Borba et al. (2025), que realizaram uma revisão sistemática da literatura abrangendo o período de 2014 a 2024 com o objetivo de investigar

[1] A expressão *sobre* Ciências é usada neste artigo como sinônimo de Natureza da Ciência, assim como no artigo de referência. Utilizamos o termo Ciência, no singular, para tratar dos diferentes métodos sistematizados para construção e organização do conhecimento científico.

como abordagens históricas e investigativas impactam o ensino de NdC na Educação Básica. O estudo, motivado pela necessidade de superar o ensino mecânico e promover a alfabetização científica, analisou um *corpus* de 20 artigos empíricos por meio do método de análise temática. Os resultados demonstram que o uso de casos históricos é eficaz para humanizar o cientista, enquanto as práticas investigativas revelam a Ciência como um processo criativo e social, ambos contribuindo no combate de visões empiristas ingênuas. Como principal potencialidade, destaca-se o caráter complementar dessas estratégias para representar a dimensão sociocultural da Ciência. Contudo, os autores apontam limitações significativas, como a escassez de pesquisas voltadas à Biologia e ao Ensino Fundamental I e II, além de desafios práticos relacionados à carga horária insuficiente e à carência de preparo docente, pensando tanto na formação inicial quanto na continuada.

Diante disso, a investigação explorada neste artigo se deu no âmbito de dois projetos propostos e conduzidos por uma professora de uma Universidade Federal situada no Sudeste do país como parte da formação de futuros professores de Química. Durante dois anos, os licenciandos participaram das seguintes etapas: vivência, proposição, aplicação, reflexão e produção de conhecimento – distribuídas em quatro disciplinas optativas sequenciais elaboradas e ministradas pela mesma professora coordenadora de ambos os projetos.

Vivência refere-se ao envolvimento dos licenciandos em aulas baseadas em visões contemporâneas do ensino de Ciências, especificamente fundamentadas no MoCEC v.2 e v.3. Após o contato com as duas versões do MoCEC, fundamentação teórica e metodológica, licenciandos foram convidados a *propor* uma aula temática utilizando tal referencial para, em seguida, *aplicá-la* em um contexto de ensino, uma escola. Na sequência, eles *refletiram* sobre a experiência dentro de sala de aula e, buscando compartilhar o que foi aprendido, este artigo se constitui como fruto da última etapa mencionada (*produção de conhecimento*).

Assim, essa foi uma pesquisa integrada ao ensino, não apenas visando à formação de futuros professores como também de pesquisadores, visto que os licenciandos tiveram a oportunidade de refletir sobre a prática com esses dois olhares, uma vez que eles tiveram acesso aos dados e puderam organizá-los e tratá-los, bem como analisá-los.

Portanto, pensando em contribuir para superar as lacunas da área mencionadas anteriormente, este artigo tem o objetivo de apresentar e discutir uma investigação realizada sobre as visões trazidas por estudantes de diferentes níveis sobre os processos que perpassam a construção do conhecimento científico a partir da vivência em uma aula de Química integrada à NdC.

A partir deste panorama da área de Educação em Ciências, oriundo dos trabalhos aos quais tivemos acesso em nossa busca, propomos, neste artigo, investigar:

Quais visões estudantes de diferentes níveis expressam ao participar de uma discussão sobre os processos envolvidos na construção do conhecimento científico durante uma aula de Química integrada à Natureza da Ciência?

Revisão da Literatura

Catarino e Reis (2021) partem da ideia de que todo conhecimento se constrói a partir do outro, portanto cada indivíduo carrega as diferentes vozes que moldaram sua visão de mundo. A partir disso, os autores discutem o papel da Educação em Ciências diante das controvérsias sociocientíficas e dos problemas da modernidade, usando a pandemia de Covid-19 como evidência de que o ensino de Ciências ainda é frágil e insuficiente para lidar com o negacionismo científico. Para eles, enfrentar desafios como esse exige um saber contextualizado e integrado entre diferentes áreas — algo que uma visão ingênua *sobre* Ciências (como a falsa separação entre Ciência e Sociedade ou a crença na sua neutralidade) dificulta, alimentando distorções e negacionismo. Como caminho para uma alfabetização científica voltada à formação de cidadãos e cidadãs críticos e comprometidos com o desenvolvimento social sustentável, propõem o ensino de NdC aliado a uma perspectiva sociocultural, dialógica e interdisciplinar.

Frequentemente, tanto professores quanto estudantes "carregam" suas próprias visões alternativas de NdC, como apontam Johnston e Akerson (2025). As autoras buscaram compreender como estudantes de diferentes níveis conceituam NdC e conceitos abstratos da Química através de uma pesquisa-ação estruturada em um estudo de caso qualitativo e quantitativo. O trabalho delas foi realizado com estudantes do Ensino Médio da zona rural de Nova Jersey em salas de aula de Química de um cursinho preparatório para a universidade.

Dentre os participantes, três foram selecionados para uma análise detalhada. Para medir o desenvolvimento dos estudantes foram utilizadas variações do VNOS-B – *Views of nature of science questionnaire, Form B*, em português: Questionário sobre visões de Natureza da Ciência, Formulário B, questionário originalmente desenvolvido por Lederman et al. (2002) para avaliar a visão *sobre* Ciências dos estudantes; e do RSCRDI – *Representational Systems and Chemical Reactions Diagnostic Instrument*, em português: Instrumento de Diagnóstico de Sistemas Representacionais e Reações Químicas, instrumento desenvolvido por Chandrasegaran (2004a, 2004b) para avaliar a capacidade dos estudantes de descrever e explicar reações químicas em três níveis – macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Em um primeiro momento, NdC foi apresentada sem estar associada com os conteúdos de Química, ou seja, de maneira descontextualizada. Depois, foi incorporado de forma explícito-reflexiva o conteúdo científico (ligações químicas) aos aspectos de NdC. Também se realizou uma fase final na qual apenas o objeto de conhecimento da Química (reações químicas) foi apresentado, sem discussões contextualizadas acerca de NdC. Os principais resultados obtidos ao final do estudo indicaram que há uma relação com os estágios iniciais de desenvolvimento de habilidades dos estudantes, a retenção de conceitos científicos e a compreensão de como a Ciência funciona. Apesar das barreiras enfrentadas por alguns estudantes para manter o entendimento a longo prazo, eles apresentaram melhorias significativas em relação às turmas de anos anteriores. A redução de equívocos durante a unidade de ligações químicas impactou positivamente o desempenho deles na unidade sobre reações químicas.

As autoras concluem que NdC deve ser incluída na instrução científica o mais cedo possível e usando *a priori* conceitos mais acessíveis, para beneficiar os estudantes com habilidades em desenvolvimento. A estratégia de apresentar um conceito altamente abstrato juntamente com aspectos de NdC (também abstratos) pode acabar sobrecarregando esses estudantes ao invés de ajudá-los.

Desenvolver uma visão esclarecida acerca de NdC nos estudantes pressupõe desenvolver o mesmo nos professores ao longo de sua formação inicial e continuada, como apontam Portugal e Broietti (2020). Dessa maneira, a preocupação do estudo desenvolvido por esses autores foi identificar as visões de licenciandos em Química de uma Universidade Federal do município de Londrina. A investigação se deu através de questionário (VNOS-C, Lederman et al., 2002), entrevista, transcrição e análise de conteúdo. Para a análise, levou-se em consideração sete aspectos: a natureza empírica do conhecimento científico; a diferença entre teorias e leis; a natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico; a natureza "guiada pelas concepções prévias"; influência sociocultual; mito do "método científico"; natureza "aberta a revisões", que constituem a "visão consensual" (Lederman et al., 2002). Alguns resultados obtidos foram: os estudantes da Graduação entrevistados não compreendem a diferença entre teorias e leis; quatro dos cinco não apresentaram uma visão esclarecida sobre o papel da experimentação; a maioria compreende o papel da criatividade e que existem relações de troca entre as Ciências e o contexto social. As conclusões apresentadas no estudo corroboram, portanto, para o entendimento de que os futuros professores têm apresentado uma compreensão pouco sofisticada sobre aspectos de NdC. Tal constatação é problemática devido à possibilidade de suas futuras práticas docentes contribuírem para a propagação de concepções alternativas na sociedade, como visões distorcidas do que é o trabalho científico. Os autores concluem indicando a possibilidade de avaliar as visões dos próprios professores desses licenciandos avaliados durante a pesquisa e como se dão suas aulas. Como observado por eles, as discussões acerca de NdC são pouco exploradas ao longo da formação, não lhes sendo destinada uma carga horária significativa.

Oki e Moradillo (2008) realizaram um estudo de caso exploratório com abordagem qualitativa para investigar as potencialidades da integração entre a História e Filosofia da Ciência (HFC) e o ensino de Química. A pesquisa consistiu em uma intervenção docente em uma disciplina obrigatória de História da Química (HQ) na Universidade Federal da Bahia (UFBA), onde foram coletados dados por meio de questionário aberto, gravação de discussões em grupo e entrevista semiestruturada. A opção por essa metodologia e pelo uso de uma abordagem contextualizada e explícita justifica-se pela necessidade de superar o modelo tradicional de ensino, que raramente articula conteúdos históricos com a Didática e a Filosofia, visando assim humanizar as Ciências e promover uma visão menos simplista sobre a produção do conhecimento científico. Os resultados demonstraram que tal disciplina possibilitou aos estudantes a aquisição de concepções mais elaboradas e contextualizadas acerca de NdC, permitindo que passassem a reconhecer a pluralidade de métodos científicos em oposição à ideia de um método único e rígido. Além disso, houve indícios de uma melhor compreensão de conceitos químicos específicos, como mol e quantidade de matéria. Como potencialidade, os autores destacam que a disciplina de HQ atua como um espaço

privilegiado para discussões epistemológicas, possibilitando a percepção da Ciência como uma atividade humana sujeita a erros e transformações históricas.

Lima et al. (2021) investigaram visões acerca de NdC de uma professora de Química em formação inicial no âmbito de uma disciplina de HQ. Para isso, realizou-se um estudo de caso qualitativo baseado na análise do portfólio de uma licencianda e em notas de campo coletadas durante oito atividades que envolviam casos históricos, abordando trabalhos como os de Boyle, Dalton e Marie Curie. Os resultados demonstraram a expressão de 23 aspectos de NdC, evidenciando que a participante desenvolveu uma visão mais ampla sobre os processos de construção, divulgação e legitimação do conhecimento científico, superando visões deformadas como a do cientista como um "gênio isolado". Dentre as potencialidades, os autores destacam a adequação do MoCEC v.2 para caracterizar ideias em contextos de ensino sem "encaixá-las" em modelos predefinidos. Por outro lado, eles apontam como limitações a complexidade do modelo para pesquisadores menos experientes, a impossibilidade de observar a transposição desses conhecimentos para a prática docente real da futura professora e o fato de que casos históricos, isoladamente, podem não ser suficientes para abordar todas as áreas de conhecimento elencadas no modelo, como a Antropologia e Economia da Ciência.

NdC tem sido amplamente reconhecida como um componente fundamental no ensino de Ciências, uma vez que a compreensão sobre como o conhecimento científico é produzido, validado e utilizado pode contribuir significativamente para a formação crítica e para a tomada de decisões e/ou posicionamentos informados pelo cidadão contemporâneo (Azevedo & Scarpa, 2017). Nesse sentido, Allchin (2011, 2013, 2017, como citado em Bonfim & Strieder, 2024) propõe a abordagem da *Whole Science*, em português: Ciência Integral, segundo a qual o ensino de Ciências deve ser holístico, contemplando tanto aspectos observacionais e conceituais da produção científica quanto aspectos socioculturais que a influenciam, de modo a oferecer uma visão mais autêntica da prática científica contemporânea. Posteriormente, diante do avanço do negacionismo científico e da disseminação de *fake news* por meio das mídias sociais, Höttecke e Allchin (2020, como citado em Bonfim & Strieder, 2024) atualizaram essa proposta, ampliando a dimensão "comunicação" do Perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência (PDCC) para incluir discussões sobre credibilidade, confiança epistêmica e dependência epistêmica, uma vez que as afirmações científicas percorrem um longo trajeto — de laboratórios e comunidades de especialistas até o discurso público — no qual podem ser distorcidas ou mal compreendidas. Dessa forma, capacitar os estudantes a discernir entre afirmações cientificamente válidas e informações falsas torna-se um dos principais desafios contemporâneos da educação científica, especialmente em cenários marcados pela desconfiança nas Ciências e em suas instituições.

Referencial Teórico

Publicações na área de Educação em Ciências (Archer et al., 2010; Millar & Osborne, 1998; Osborne et al., 2003) evidenciam a importância de que as situações de ensino de Ciências sejam o mais próximas possível da própria produção do conhecimento científico. Em outras

palavras, que a educação científica seja mais autêntica. A compreensão sobre o processo de construção do saber científico e toda sua complexidade (produção, comunicação, avaliação, revisão e validação) possibilitam o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências (Santos; Maia & Justi, 2020). Uma abordagem em potencial para caminhar nessa direção, discutida por Abd-El-Khalick (2012), Allchin (2011, 2013, 2017), Erduran e Dagher (2014), Irzik e Nola (2011, 2014, 2022), Justi e Erduran (2015), Lederman et al. (2002), Martins (2015), Matthews (2012) e Santos et al. (2020), é introduzir aspectos de NdC no ensino de Ciências.

O MoCEC v.2, proposto por Santos et al. (2020) para fundamentar a introdução de aspectos de NdC em contextos de ensino e para analisar dados oriundos de tais contextos, propõe a categorização da visão *sobre* Ciências em seis áreas de conhecimento. São elas:

- Filosofia da Ciência (FC), que destaca os aspectos epistemológicos da produção do conhecimento científico.
- Psicologia da Ciência (PC), que estuda o comportamento e os processos mentais daqueles indivíduos que produzem tal conhecimento (os cientistas).
- Antropologia da Ciência (AC), que considera que o desenvolvimento do conhecimento científico é uma forma de produção cultural.
- Sociologia da Ciência (SC), que investiga os impactos da comunidade científica na sociedade e vice-versa.
- Economia da Ciência (EC), que analisa a influência dos fatores econômicos tanto no comportamento dos cientistas quanto na distribuição dos recursos na área.
- História da Ciência (HC), que estuda o desenvolvimento da Ciência ao longo do tempo, evidenciando seu caráter provisório.

Cada uma dessas áreas possui aspectos específicos associados a elas, sendo 37 no total. A representação visual da versão original do MoCEC, a *Science Eye*, é uma analogia à *London Eye*, uma das maiores rodas-gigantes de observação do mundo, com 135 metros de altura, situada na cidade de Londres, na Inglaterra. Cada uma das cápsulas de vidro da *London Eye* proporciona um ângulo de visão característico e único da cidade de Londres. Da mesma maneira, cada área e/ou aspecto da Ciência descritos pelas autoras permite uma visão própria sobre o conhecimento científico, a partir daquele referencial. Mesmo dentro de cada cápsula da *London Eye*, devido ao seu tamanho, é possível se mover e observar o cenário de uma maneira singular. Da mesma forma, é possível enxergar a Ciência a partir de vários “ângulos”. Inclusive, um observador externo é capaz de visualizar várias “cápsulas” ao mesmo tempo etc.

Na versão 3 do MoCEC a área de conhecimento Comunicação da Ciência (CC) foi adicionada às demais, com seus respectivos aspectos. Eles são demonstrados e interpretados de maneira distinta em relação às demais áreas. A todos será atribuído um (ou mais) grupo(s) de indivíduos específico(s), que podem ser os especialistas (cientistas), os não especialistas (divulgadores, jornalistas, afins) ou público em geral. Cada um desses grupos tem seus próprios *Objetivos*, *Papéis*, *Modos de comunicação*, *Tipos de fontes* e *Garantia de confiabilidade*.

A representação visual (Figura 1) contém, além das sete áreas mencionadas, uma cápsula referenciada por um ponto de interrogação, indicando que novas áreas podem ser incluídas ao modelo no futuro, como aconteceu da versão 2 para a 3.

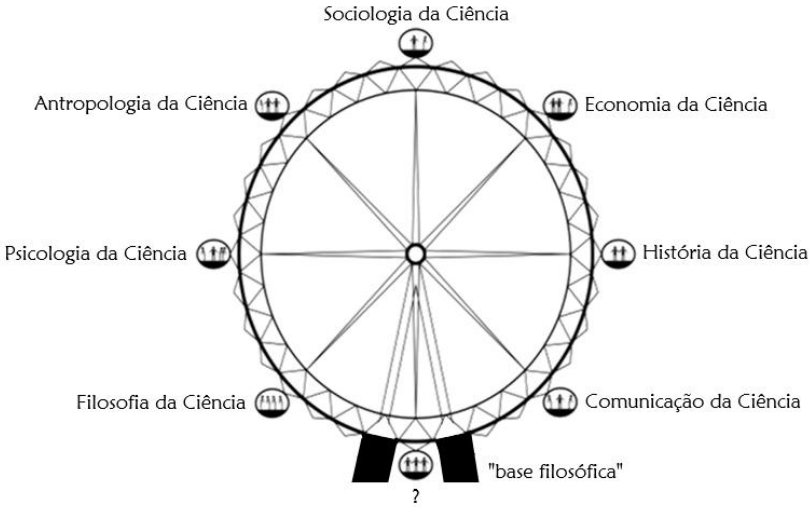


Figura 1. *Science Eye*: representação visual do MoCEC v.3.
Fonte: Santos, 2023, p. 230.

No Quadro 1, elencamos as sete áreas e suas siglas descritas no MoCEC v.2 e v.3, juntamente com os aspectos associados a cada uma delas. É importante destacar que as definições de cada área, bem como de cada um dos aspectos, são mais claramente detalhadas por Santos et al. (2020) e Santos (2023), respectivamente. No entanto, esse detalhamento não foi feito no referido quadro nem ao longo deste artigo devido à limitação de espaço e por fugir ao seu escopo.

Quadro 1. Resumo das áreas de conhecimento, siglas e seus respectivos aspectos de NdC do MoCEC v.2 e v.3.

Áreas de conhecimento/Siglas	Aspectos de NdC relacionados
Filosofia da Ciência (FC)	*Epistemologia*; *Ética*; *Lógica* - de especialistas.
Psicologia da Ciência (PC)	*Complexidade*; *Criatividade*; *Falibilidade*; *Incerteza*; *Influência motivacional*; *Inteligência*; *Limitação; Não linearidade do pensamento*; *Objetividade*; *Personalidade*; *Racionalidade*; *Representação; Subjetividade* - de especialistas.
Antropologia da Ciência (AC)	*Incomensurabilidade*; *Influência cultural* - de especialistas.
Sociologia da Ciência (SC)	*Aceitabilidade*; *Credibilidade*; *Falibilidade*; *Incerteza*; *Influência sociopolítica*; *Interações entre cientistas* - de especialistas.
Economia da Ciência (EC)	*Acesso ao conhecimento*; *Aplicabilidade*; *Competitividade*; *Fontes de financiamento*; *Investimento econômico*; *Produtividade*; *Publicidade*; *Viabilidade* - de especialistas.
História da Ciência (HC)	*Influência histórica*; *Multiplicidade*; *Não linearidade*; *Progressividade*; *Provisoriedade* - de especialistas.
Comunicação da Ciência (CC)	*Objetivos*; *Papéis*; *Modos de comunicação*; *Tipos de fontes*; *Garantia de confiabilidade* - de especialistas, não especialistas e público em geral.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2020, p. 603) e Santos (2023, p. 231).

As versões 2 e 3 do MoCEC oferecem suporte teórico ao planejamento de situações de ensino autênticas, além de servirem como ferramenta para análise dos dados coletados nessas situações.

Com base no entendimento e na categorização dos diversos aspectos, é possível identificá-los nos discursos de estudantes do Ensino Básico e de futuros professores (bem como de professores em exercício) durante as discussões em salas de aula. Isso torna o MoCEC útil para pesquisas empíricas, como esta, pois contribui para compreender melhor como esses sujeitos constroem o conhecimento científico e quais são suas visões sobre Ciências.

Metodologia

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994), pois busca compreender e analisar as percepções de NdC, seus significados, indo além de identificá-las e quantificá-las, em um contexto educacional desvinculado da rotina padrão curricular obrigatória, com uma amostragem restrita de estudantes em diferentes níveis de formação.

A metodologia pode ser dividida em quatro etapas, elencadas e descritas de maneira resumida na Figura 2.

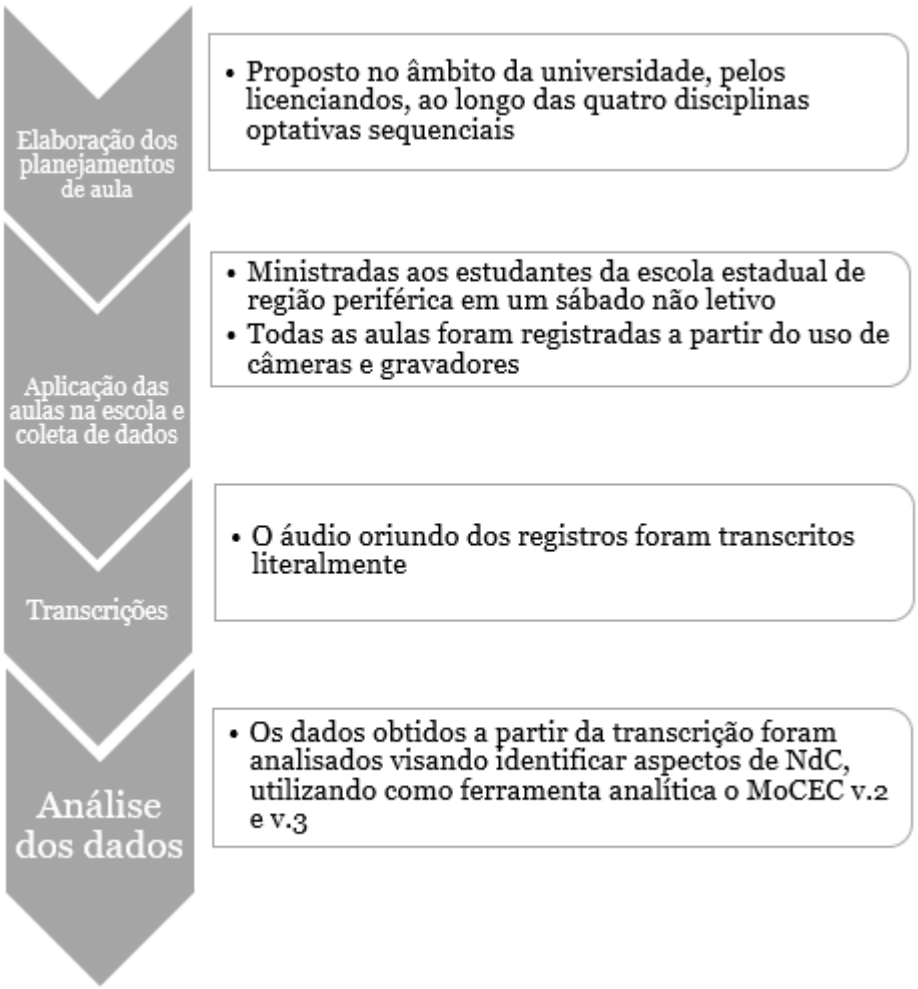


Figura 2. Fluxograma da Metodologia.

Explicando em detalhes cada uma, a etapa 1 consiste na elaboração do planejamento de aula, que ocorreu de maneira coletiva, pelos licenciandos, incluindo a primeira autora e o segundo autor deste artigo, como parte da ementa de quatro disciplinas optativas ofertadas pelo Departamento de Química de uma Universidade Federal situada no Sudeste do país e ministradas pela terceira autora deste artigo. Tais disciplinas foram elaboradas e ministradas de maneira sequencial visando oferecer a oportunidade aos licenciandos de aprender e ensinar Química a partir de visões contemporâneas.

Nas quatro disciplinas, os licenciandos vivenciaram atividades com o objetivo de introduzir aspectos de NdC de maneira *explícita*. A partir dessas atividades foi possível abordar e discutir diferentes aspectos relacionados a diversas áreas de conhecimento, conforme as versões 2 e 3 do MoCEC (propostas por Santos, Maia & Justi, 2020; Santos, 2023, respectivamente). Só após a vivência dessas atividades é que os licenciandos foram convidados a ler o artigo (MoCEC v.2) e o excerto da Tese (MoCEC v.3), ou seja, eles tiveram acesso à parte teórica apenas após a parte prática. Na primeira disciplina, os licenciandos iniciaram a elaboração do planejamento da aula temática, levando em consideração a nova abordagem que lhes foi apresentada. Na segunda, eles o ampliaram. Na terceira, eles aplicaram o planejamento elaborado no âmbito da universidade, em uma escola da Educação Básica, atuando como professores regentes.

A escola que participou dos projetos é da rede estadual de ensino, localizada em uma região periférica, atendendo majoritariamente estudantes de comunidades de baixa renda. Com algumas semanas de antecedência, os estudantes da referida escola foram convidados a participar de uma das quatro aulas elaboradas pela turma de licenciandos, intituladas: “Leis Ponderais: contribuições de Lavoisier e Proust a partir de uma história em quadrinhos” (explorada no presente artigo); “Que tal aprender sobre fissão e fusão nuclear a partir do filme ‘Oppenheimer’?”; “Lei dos Gases Ideais: contribuições de Boyle, Charles e Gay-Lussac a partir da resolução de um caso”; “O que podemos aprender a partir da revolta da vacina e da pandemia de Covid-19?”[2]. Todas foram ofertadas em um sábado não letivo e para se inscrever era preciso preencher um formulário on-line. Além disso, os estudantes foram comunicados de que as aulas seriam registradas para fins de pesquisa. Portanto, eles receberam duas cópias do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e, no caso dos menores de idade, duas cópias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assegurando os procedimentos exigidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)[3]. Durante as aulas, recolhemos e arquivamos uma cópia de cada um desses documentos, devidamente assinada por eles e pelos responsáveis.

Na quarta e última disciplina, os licenciandos olharam para os dados obtidos durante as aplicações e fizeram reflexões, pensando no processo de ensino e aprendizagem, e nas

[2] Todas essas proposições junto de outra (que foi elaborada depois) foram organizadas e publicadas em um livro que pode ser acessado pelo link: https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:US:7f8ef219-58a0-4ad9-bddd-0bdc88077e6f?viewer%21megaVerb=group-discover.

[3] A presente investigação faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, que foi submetido ao Comitê de Ética e seu parecer de aprovação tem o código CAAE: 66805717.8.0000.5149.

análises, levando em consideração o processo de iniciação à pesquisa na área de Educação em Ciências.

A aula temática intitulada “Leis Ponderais: contribuições de Lavoisier e Proust a partir de uma história em quadrinhos”, abordada no presente artigo, por se tratar do trabalho desenvolvido pela primeira autora e pelo segundo autor, tinha como objetivo mobilizar conceitos relacionados à Competência Específica 1 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e, provavelmente, as sete habilidades relacionadas a ela, de maneira integrada a alguns aspectos de NdC, conforme elencados no Quadro 2.

Quadro 2. Caracterizações dos aspectos de NdC relacionados às siglas das áreas de conhecimento previstos no planejamento da presente aula.

Siglas das áreas de conhecimento	Caracterizações dos aspectos de NdC
FC	*Epistemologia:* apresenta uma reflexão do todo, ou seja, em torno da natureza, objetivos, valores, critérios, processos e práticas científicas e/ou epistêmicas sendo, portanto, um aspecto que possibilita uma reflexão dos limites e alcances relacionados à construção do conhecimento científico.
SC	*Interação entre cientistas:* discute os diferentes modos de interação entre cientistas, por exemplo, parcerias, contribuições, discordâncias.
HC	*Influência histórica:* discute as influências que o contexto histórico pode sofrer e/ou exercer em relação aos processos de produção e uso de determinado conhecimento científico ao longo do tempo.
	Não linearidade: discute a não existência de um único caminho para o desenvolvimento do conhecimento científico, incluindo os resgates de ideias apresentadas em pesquisas anteriores, os imprevistos e as mudanças nas pesquisas sobre um determinado conhecimento científico que foram ocorrendo ao longo do tempo.
	Progressividade: discute o processo pelo qual um determinado conhecimento científico foi produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado, de maneira gradativa ao longo do tempo. Assim, fica evidenciado que o conhecimento não é construído de uma única vez e demanda um tempo necessário para que os processos de produção do conhecimento científico ocorram.
	Provisoriedade: discute a ocorrência de mudanças em um determinado conhecimento científico ao longo do tempo, havendo o abandono de algumas ideias em detrimento de novas construções, o que é consequência de o processo ser dinâmico, isto é, não linear e progressivo.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2020).

A aula foi ministrada por três professores (P1, P2 e P3). P1 participou da primeira até a terceira disciplina optativa, portanto iniciou a elaboração do planejamento da aula, concluiu e participou de sua aplicação. P2 e P3 (primeira autora e segundo autor) participaram das terceira e quarta disciplinas optativas, contribuindo para a conclusão do planejamento e sua aplicação em sala de aula (e depois, de posse dos dados, refletiram e analisaram, culminando no presente artigo).

A presente aula pressupunha duração de 150 minutos, com foco em estudantes a partir do 1º ano do Ensino Médio, devido ao conteúdo científico curricular abordado. Após adaptações, a estrutura da aula foi dividida em quatro momentos:

- O primeiro momento foi de contextualização e introdução. Foram explorados de maneira explícita aspectos de NdC no âmbito das descobertas científicas.
- Um segundo momento foi de leitura e interpretação de uma curta história em quadrinhos, na qual o personagem principal é Lavoisier, que baseado em seus testes no laboratório questiona a ideia do Flogisto como não mais adequada para explicar o comportamento da matéria naquela época.
- O terceiro momento foi destinado à apresentação e explicação das Leis de Conservação das Massas e Proporções Constantes ou Definidas.
- No quarto momento, os participantes fizeram a leitura de um texto relacionado com o conteúdo visto até aquele momento da aula e responderam algumas questões.

Na primeira parte da aula (momentos 1 e 2), o foco foi direcionado para discussões a respeito dos contextos envolvidos na formulação de pesquisas científicas, abordando aspectos de NdC e debates a respeito das concepções expressas pelos participantes. A discussão foi orientada através de perguntas feitas aos participantes por P1 e com base nas respostas, a aula era conduzida.

Na segunda parte da aula (momentos 3 e 4), regida por P2 e P3, buscou-se estabelecer uma conexão do debate anterior ao conteúdo científico curricular de Química, no caso, as Leis Ponderais, sendo abordadas as Leis de Lavoisier e Proust, conforme o planejamento final.

Nos últimos minutos, os participantes foram orientados a escrever ou desenhar, de maneira criativa e individual, o que foi compreendido durante a aula e as informações que acharam mais relevantes, ou seja, fazer uma síntese da aula vivenciada por eles.

A turma foi constituída por seis participantes (apresentados no Quadro 3), sendo dois professores da Educação Básica e quatro estudantes do Ensino Médio, cujos nomes apresentados neste artigo foram substituídos por nomes fictícios. O estudante Miguel é um professor de Português com experiência como docente e diretor. Fernanda é docente na mesma escola, atuando como professora de Química para as três séries do Ensino Médio.

Vale ressaltar que ambos foram considerados como participantes desta pesquisa, uma vez que assumiram esse papel por livre e espontânea vontade, mesmo sendo professores. Contudo, o objetivo deles era diferente dos demais participantes – no caso os estudantes do Ensino Médio. Isso porque, diferente dos demais, eles visavam a formação continuada deles, poder aprender sobre uma nova abordagem, bem como outras estratégias e recursos de ensino a partir da vivência – o que motivou a nossa investigação, assim como torna nossos resultados interessantes de serem apresentados e discutidos (conforme fizemos na próxima seção).

Os estudantes Felipe, Gustavo, Larissa e Júlia são discentes do turno matutino, de turmas diferentes.

Quadro 3. Informações gerais sobre os participantes da pesquisa.

Identificação	Gênero	Idade	Experiência profissional ou Nível de escolaridade
Miguel	Masculino	60 anos	Professor de Português do Ensino Médio, 31 anos de experiência na rede estadual, sendo 22 na escola onde a aula foi ministrada (em anos anteriores ele também esteve como diretor da referida escola).
Fernanda	Feminino	31 anos	Professora de Química do Ensino Médio, sete anos de experiência na rede estadual, sendo dois anos na escola onde a aula foi ministrada.
Felipe	Masculino	15 anos	1° ano do Ensino Médio.
Gustavo	Masculino	16 anos	1° ano do Ensino Médio.
Larissa	Feminino	15 anos	1° ano do Ensino Médio.
Júlia	Feminino	17 anos	3° ano do Ensino Médio.

Fonte: Dados oriundos dos formulários de inscrição.

Notamos que o número de participantes (professores e estudantes) nesta aula, dentre as quatro, foi pequeno em comparação às outras aulas temáticas ministradas na escola no mesmo dia por licenciandos. Supomos que o nome dado a ela no formulário de inscrição pode não ter despertado tanto interesse nos estudantes frente aos títulos das outras três aulas, que envolviam exibição de trecho de filme, simulação de um caso no laboratório de informática e experimento e dinâmica em sala de aula, mais chamativos.

Todo o tempo de aula foi registrado em vídeo e áudio (Oliveira, 2010). Uma câmera foi posicionada ao fundo da sala de aula, de modo a capturar a imagem e o áudio dos seis participantes e dos três professores regentes. Um gravador de áudio foi posicionado inicialmente sobre a mesa do professor regente do momento da aula (momentos 1 a 4) e, posteriormente, movido para as carteiras onde os participantes estavam reunidos em grupo durante as discussões. Recolhemos também os registros por escrito de todas as atividades desenvolvidas pelos participantes e disponibilizamos, nos últimos minutos de aula, um *QR Code* que dava acesso à um formulário para tomarmos conhecimento do que cada um deles achou da aula vivenciada, bem como os estimulamos a falarem sobre isso nos momentos finais dela. Os registros por escrito não foram utilizados nesta pesquisa, devido ao fato de sua delimitação, isto é, da questão que a norteou.

Foi feita a transcrição literal de todos os dados obtidos pelo gravador. Primeiramente, os arquivos foram carregados, em arquivos de 30 em 30 minutos, no *site Turbo Scribe*. A transcrição obtida por essa ferramenta foi revisada e formatada no molde desejado enquanto ouvíamos os áudios referentes a cada trecho.

A ferramenta utilizada para analisar os resultados obtidos foi o MoCEC v.2 e v.3, o qual também foi utilizado como referencial teórico para a elaboração do planejamento da presente aula e, neste caso, metodológico para a análise dos dados oriundos da aplicação do referido planejamento. Identificamos em quais trechos da transcrição um ou mais participantes (professores e estudantes) falavam explicitamente sobre alguma característica dos processos que perpassam a construção do conhecimento científico e se nele(s) estava(m) presente(s) algum(ns) aspecto(s) de NdC. Por exemplo, no trecho a seguir, P1 faz uma pergunta e duas participantes estudantes respondem. A pergunta de P1 invoca um aspecto trazido no MoCEC

v.2, o fato de existir *Interação entre os cientistas* (SC) durante o processo de produção do conhecimento científico. As duas participantes estudantes respondem explicitamente à pergunta de P1, uma delas elabora brevemente sua resposta, indicando sua visão acerca desse aspecto.

> **P1:** E os cientistas, você acha que eles trabalham sozinhos?
> **Larissa:** Não.
> **Júlia:** Eu acho que tem uma equipe.

Por fim, os resultados foram apresentados e discutidos a partir de um estudo de caso do tipo intrínseco (descritivo) (Stake, 2000) de participantes de diferentes níveis, no qual a narrativa e a análise dos recortes selecionados foram apresentadas de maneira integrada. Trata-se de um estudo de caso, uma vez que foi realizado para compreender um fenômeno único: a compreensão de participantes (professores e estudantes) de diferentes níveis de formação sobre o processo de construção do conhecimento científico em um contexto específico e fundamentado também em um referencial específico. Assim, esse fenômeno pode ser compreendido tanto sob a perspectiva dos sujeitos investigados quanto dos pesquisadores – à luz do referencial teórico-metodológico adotado nesta pesquisa.

Resultados e Discussões

Para apresentação e discussão dos resultados, optamos por inicialmente apresentar as interações entre os participantes, oriundas da transcrição dos registros em áudio. Em seguida, discutimos esses resultados à luz do referencial teórico-metodológico adotado neste estudo e em diálogo com a literatura da área de Educação em Ciências.

> **P1:** Como que vocês acham que acontecem as descobertas científicas?
> **Gustavo:** Com o tempo?
> [...]
> **P1:** Quando eu falo "descoberta" o que vocês entendem sobre isso?
> **Larissa:** De estudar.
> **Miguel:** É algo novo que... É... Que alguém... Percebeu que tem... Que parece que tem que... É... Descobrir aquilo ali.
> [...]
> **Fernanda:** É, tudo, né? Que a gente vivencia que não é... Que não é proveniente da natureza, vamos dizer assim, não é Deus que fez pra gente, né? [...] E tudo que o ser humano transforma é uma descoberta.
> **P1:** [...] Essa descoberta, você acha que é algo que estava escondido ou foi achado?
> **Gustavo:** Acho que alguém plantou lá.
> **Larissa:** Foi achado.
> **Miguel:** Na verdade tudo está escondido, cê tem que encontrar.
> **P1:** Mas aí essa descoberta, ela já existia e alguém encontrou por quê?
> **Larissa:** Pra evoluir mais?
> **P1:** Por quê?
> **Gustavo:** Causar evento.
> **Felipe:** Ou ele estava sem nada que fazer...
> **Miguel:** O curioso!

A transcrição acima refere-se a um momento do início da aula, após uma apresentação inicial de cada um dos professores regentes (P1, P2 e P3) e dos participantes professores e estudantes (Miguel, Fernanda, Felipe, Gustavo, Larissa e Júlia), com objetivo de deixá-los mais à vontade para o diálogo. O primeiro tópico abordado foi sobre as descobertas científicas. Gostaríamos de saber o que cada um dos participantes presentes entendia sobre o tema e como eles acham que essas descobertas acontecem. P1 faz uma pergunta direta: "Como que vocês acham que acontecem as descobertas científicas?". A primeira característica mencionada por Gustavo foi o fator "tempo", o que nos remete ao aspecto *Progressividade* (HC) trazido no MoCEC v.2 (Santos et al., 2020), que discute sobre como os processos de produção de determinado conhecimento científico são submetidos a várias etapas como produção, comunicação, avaliação, revisão e validação. Assim sendo, necessitam do tempo para que ocorram, sendo, portanto, um processo gradativo. Parte da fala da Fernanda nos remete ao aspecto *Influência sociopolítica* (SC) que discute as influências que a sociedade na qual os cientistas estão inseridos pode sofrer e/ou exercer durante o processo de produção do conhecimento científico: "tudo que *o ser humano transforma* é uma descoberta (grifo nosso)". Esse trecho evidencia que ela entende que as descobertas científicas se caracterizam pelas intervenções e interpretações humanas. Na mesma linha de pensamento, Miguel destaca a curiosidade por trás da busca pelas descobertas científicas diretamente relacionada ao aspecto *Criatividade* (PC), que discute a capacidade que um cientista possui para criar, produzir e/ou inventar algo novo, não apenas quando fala: "O curioso!", mas principalmente quando diz que: "É algo novo".

Catarino e Reis (2021) reforçam em seu trabalho um debate que vem sendo feito na literatura há algum tempo: a importância do entendimento de que a Ciência é um produto cultural humano e que, portanto, deveria ser vista como tal. Não é algo pronto, disponível e escondido na natureza (ou é ela a própria natureza) à espera de que alguém a encontre, como indicado na fala de Miguel: "verdade tudo está escondido, cê tem que encontrar", mas simplesmente um processo humano produzido a partir da nossa tentativa de compreensão do mundo, que se dá a partir do desenvolvimento de processos, da construção de modelos etc.

> **P1:** O que vocês pensam quando eu falo cientista? Vamos começar por aí.
> **Júlia:** Alguém esperto.
> **Gustavo:** Inteligente.
> **Felipe:** Curioso.
> **Gustavo:** Que quer descobrir mais do que aquelas outras coisas.

Avançando na discussão, P1 instiga os participantes a pensarem sobre os indivíduos por trás das descobertas: os cientistas. O aspecto *Inteligência* (PC) discute as características intelectuais de um cientista, com a intenção de que seja possível pensar nesses sujeitos com inteligências "regulares", isto é, romper com o estereótipo em torno da figura "genial" de quem produz Ciências. Na referida discussão, é possível imaginar que talvez esse estereótipo estivesse presente na turma, pois a característica intelectual é a primeira a ser mencionada por Júlia e Gustavo nesse momento. Na sequência, Felipe aponta um outro fator, a curiosidade, mencionada por Miguel no início da aula. Corroborando sua própria fala trazida no trecho anterior, Gustavo complementa a fala de Felipe ao dizer que o cientista é aquele

que: “quer descobrir mais”, ou seja, alguém que, segundo sua visão, possui uma espécie de desejo pelo saber e pelo conhecimento. Como ressaltado por Raicik e Peduzzi (2016), a abordagem histórica das descobertas científicas, trazidas em livros didáticos, muitas vezes acaba reforçando esse tipo de visão, ao construir um cenário de “gênio isolado”, desconsiderando os erros que ocorreram no processo e os outros cientistas que contribuíram para a mesma descoberta.

> **P1:** Cê gosta dessa área... Científica?
> **Gustavo:** Às vezes.
> **P1:** Às vezes? Por quê? O quê que dificulta pra não ser sempre?
> **Gustavo:** Matemática.
> **P1:** A Matemática? Cê acha que os cientistas trabalham com Matemática? Como que a Matemática está presente ali?
> **Felipe:** Equações químicas... Deus que me livre!

Desafiados por P1 a lembrar-se de importantes descobertas científicas que geraram impacto na sociedade, os participantes mencionaram diversas vacinas, tratamentos e curas de doenças. Gustavo expõe uma hipótese pessoal sua sobre um avanço científico que ele imagina para o futuro e Miguel, percebendo seu interesse, logo o estimula a buscar uma faculdade de Medicina para que ele mesmo possa contribuir para tal avanço. Gustavo se mostra um pouco relutante e, nesse contexto, visando incentivá-lo, P1 questiona: “Cê gosta dessa área... Científica?” e ele confessa uma dificuldade pessoal: a Matemática. Muitas vezes, durante o processo de produção e uso do conhecimento científico, os cientistas podem ter dificuldades devido à sua *Complexidade* (PC). Portanto, apesar de demonstrar certo interesse pela área, no início da conversa, logo depois, ele aponta a Matemática como um fator de dificuldade para que ele desenvolva uma possível pesquisa, como Miguel sugere anteriormente. Outro estudante, Felipe, também manifesta uma possível dificuldade própria ao dizer: “Equações químicas... Deus que me livre!”. Como percebido nas conclusões de Johnston e Akerson (2025), é possível que estudantes se beneficiem de abordagens que utilizam NdC, para melhor compreender os conteúdos de Química. Tal metodologia poderia vir a ser uma importante aliada na jornada de estudos de Gustavo e Felipe.

> **P2:** Quando ele [cientista] cria uma teoria, como vocês acham que ele faz pra comprovar ou descartar essa teoria? O que vocês acham que ele faz?
> **Júlia:** Ahn... Pesquisa.
> **Larissa:** Pesquisa fazendo cálculos.
> **P1:** Vocês querem sugerir algum exemplo? Por exemplo, o que o professor [Miguel] tinha comentado das vacinas, você acha que surge como? A primeira ideia, a primeira hipótese?
> **Gustavo:** Depois de muito experimento.

Estabelecido o que seriam as “descobertas”, buscamos elaborar com a turma sobre os processos antes e depois delas acontecerem. Lima et al. (2021) evidenciam que, com as questões científicas e tecnológicas cada vez mais presentes em nossa sociedade, cresce a importância de que os estudantes aprendam sobre os processos de construção, divulgação e legitimação envolvidos na produção desses conhecimentos. Como citado anteriormente, o desenvolvimento do conhecimento científico demanda tempo, não sendo produzido de uma

só vez, mas passando por momentos de avaliação, revisão e validação antes de ser disponibilizado para a sociedade. Esse aspecto, descrito como *Progressividade* (HC), é identificado, de maneira parcial, nas falas de Júlia, Larissa e Gustavo no trecho anterior: "*pesquisa*" "pesquisa *fazendo cálculos*" "depois de *muito experimento*" [grifos nossos].

> **P1:** E esses experimentos são... Eles se dão de que forma? Quando eu falo de que forma, eu quero que vocês é... Pensem não só laboratorial, no sentido de pegar um material genético e analisar, mas o que mais também que faz parte desses experimentos?
> **Fernanda:** Eu acho que inicialmente cê precisa ter um referencial, né? Teórico... Estudar, tipo assim, o quê que as pessoas, né, já estudaram sobre aquilo... Então, tem que ter esse estudo do quê que já existe, o quê que já se sabe sobre aquilo. E, depois disso, aí a pessoa vai criar um projeto, né? O quê que ela pretende fazer com base no referencial que ela estudou. E...
>
> **Miguel:** Aí vem uma... Sempre eu falo isso, é... Nem tudo é tão... Tão, é... Nem tudo é tão original quanto se parece... Né? [...] Porque cê precisa de alguém [que] já viu isso lá atrás e você vai dar uma continuidade.
> **P1:** E isso é algo que vai acontecendo ao longo do tempo? Ao longo dos anos?
> **Miguel:** [...] Do tempo, é, ao longo dos anos, né? Desde quando existe ser humano nós estamos sempre voltando lá pra buscar e trazer.

Dando prosseguimento na discussão anterior, o aspecto *Não linearidade* (HC) é explorado na fala de Fernanda, ao evidenciar sobre como os conhecimentos prévios são importantes: "Eu acho que inicialmente cê precisa ter um referencial, né? [...] o quê que as pessoas, né, já estudaram sobre aquilo. [...] E, depois disso, aí a pessoa vai criar um projeto, né? [...]". Tal aspecto discute a não existência de um caminho único para o desenvolvimento científico, incluindo resgate de ideias antigas, imprevistos e mudanças nas pesquisas ao longo do tempo, evidenciado pela importância do referencial teórico para a elaboração de novas hipóteses e pela passagem do tempo. Essa fala, juntamente com a de Miguel, traz uma reflexão que seria importante para um momento futuro da aula: "Nem tudo é tão original quanto se parece... Né?", ou seja, um único cientista não desenvolve uma teoria fundamental para as Ciências completamente sozinho. É esta a ideia central que buscamos demonstrar aos participantes apresentando as teorias do Flogisto e a Lei da Conservação das Massas de Lavoisier. Consideramos importante problematizar concepções como a apresentação de Lavoisier como "o pai da Química". Nesse sentido, estamos alinhados com a análise trazida por Prado e Carneiro (2018). Esse personagem histórico é apresentado com tal título tanto em sites de busca quanto nos próprios livros didáticos, desconsiderando assim que seu trabalho contou com a ajuda de sua esposa, seus estudantes, bem como de seus antecessores, além da sua boa condição econômica, cultural e social.

> **P1:** Qual que é a importância que vocês veem deles [os cientistas] comunicarem os trabalhos para a sociedade?
> **Gustavo:** Para facilitar a vida das pessoas.
> **P1:** E cês acham que acontece como? A sociedade tem uma demanda e o cientista soluciona? Ou o cientista apresenta uma solução para uma demanda que talvez não existia?
> **Gustavo:** Não existia.
> **Fernanda:** Uma demanda que não existia de forma consciente, eu acho, para a população...

Mas, para ele, como cientista, ela existia. Eu acho que as duas formas existem.
Larissa: Eu acho que só uma existe.
P1: Só uma? Qual que você acha?
Larissa: A última que cê falou.

Neste trecho, P1 pergunta sobre a importância da comunicação dos trabalhos científicos para a sociedade, e Gustavo responde: "Para facilitar a vida das pessoas". Logo na sequência, P1 busca conduzir o diálogo para quais seriam as motivações por trás desses trabalhos. O MoCEC v.2 descreve a *Influência motivacional* (PC) como as motivações (internas ou externas) às quais os sujeitos estão submetidos durante os processos e uso do conhecimento científico. Nota-se que os três participantes, Gustavo, Fernanda e Larissa, acreditam que a demanda para o desenvolvimento científico parte primeiro da vontade dos próprios cientistas e não da sociedade. Embora Fernanda ressalte em sua fala que os dois casos podem existir, acreditamos que essa crença demonstrada pelos três possa estar relacionada com uma ideia de que a Ciência é algo distante da própria sociedade e não um produto da mesma, como evidenciado no MoCEC na área de AC.

P1: Quando existe algo que era [há] muito tempo, todo mundo concordava que era aquilo, que era aquilo, que era aquilo. Aí chega a Júlia e fala "isso não está certo, vou provar que tá errado". Ela começa e vai, aí o quê que ela tem que fazer para provar que ela [algo] tá errada? O quê que vocês acham que tem que acontecer?
Júlia: Ah, ela deveria procurar outras formas de descobrir mais coisas.
P1: Ir mais a fundo. E aí depois que ela descobre esse a mais, ela vai fazer o que?
Júlia: Expõe.
P1: Isso... Aí depois ela faz o que, depois que ela expõe? Ela expõe para quem primeiro?
Gustavo: Para o público.
Júlia: Para o povo que discordou dela, eu acho.
P1: Aí eles vão discutir?
Júlia: Sim.
P1: E aí você ganhou. O quê que acontece?
Gustavo: Fica feliz.

Dando continuidade às discussões, em determinado momento da aula, P1 explorou o aspecto *Provisoriedade* (HC) ao abordar um assunto que seria trabalhado com os participantes: o contraponto à teoria do Flogisto, estabelecido pela Lei da Conservação das Massas de Lavoisier. Esse aspecto discute a ocorrência de mudanças em determinados conhecimentos científicos ao longo do tempo, devido a novas descobertas e, consequentemente, ao abandono de conceitos anteriormente aceitos. Esse processo acontece, como apontado pelos participantes, com grande *Interação entre cientistas* (SC). Quando P1 pergunta: "ela vai fazer o que?" Júlia sugere: "Expõe" e, em seguida: "Para o povo que discordou dela, eu acho". Dessa maneira, percebe-se o início da elaboração da ideia de que, para que um novo conhecimento possa ser estabelecido, ele precisa ser comunicado e validado entre os pares (*Progressividade* - HC). Nos processos de investigação científica, os pesquisadores elaboram hipóteses, testam, erram, podem passar por situações inusitadas, precisam interpretar os resultados e ao final podem ou não descobrir algo novo, sendo preciso justificar os dados oriundos da pesquisa desenvolvida, como sintetizado por Raicik e Peduzzi (2016).

> **P1:** E os cientistas, vocês acham que eles trabalham sozinhos?
> **Larissa:** Não.
> **Júlia:** Eu acho que tem uma equipe.

No trecho acima, no mesmo contexto de discussão sobre o debate ocorrido entre a teoria do Flogisto e a Lei de Lavoisier, surge novamente a oportunidade de explicitar a *Interação entre cientistas* (SC), identificada anteriormente.

> **P3:** Então, por exemplo, vamos pegar assim, nos esportes... [...] Se algum técnico faz uma coisa muito boa, que dá muito certo, os outros técnicos não vão querer ver como funcionou e aprimorar? A mesma coisa, por exemplo, na Ciência. Se alguém fez algo novo e tem mais pra melhorar em outras áreas, por que eu não vou aproveitar? Por isso que é importante as interações entre os cientistas.
> **Fernanda:** E aí vem o Berthollet, que ele já vem com a questão do questionamento, né? De retrucar o que ele [Lavoisier] falou. E isso é extremamente importante na Ciência. Alguém vim e retrucar, né? Porque com base nesse questionamento você vai procurar mais, estudar mais, pra ter resposta, diante daquele questionamento.
> **Miguel:** Na Ciência também tem política! Na Ciência também tem política! Hehe debatido, né?

Na segunda parte da aula, aparece o aspecto *Aceitabilidade* (SC) na fala de Fernanda: "E aí vem o Berthollet, que ele já vem com a questão do questionamento, né? De retrucar o que ele [Lavoisier] falou. E isso é extremamente importante na Ciência.". A revisão e validação entre os pares, abarcada nesse aspecto, é extremamente importante para que o conhecimento produzido seja aceito como científico. Destacamos também que P3 usa o exemplo dos esportes como estratégia para engajar Felipe, que estava menos participativo nas discussões desde o início da aula, comparado aos outros participantes. Observando isso, P2 pergunta diretamente a ele o que pensa sobre a conversa, se concordava ou não com a fala dos outros, e ele acaba contando que não se identifica com "assuntos de Ciência" e que gosta mesmo de basquete. Mais tarde, P3 usa essa informação para tentar conectar o interesse dele à conversa. Miguel responde ao comentário de Fernanda citando a presença da política na Ciência (*Influência Sociopolítica* - SC), no sentido de que ocorrem debates, quando ele diz: "debatido, né?". Portanto, nos parece que ele reconhece que há uma troca de ideias, opiniões, posicionamentos.

> **P1:** [...] Quando alguém descobre alguma coisa, essa coisa é só da pessoa ou é de toda uma comunidade?
> **Miguel:** É... É, dados públicos ou fica bem individualizado?
> **P1:** É... Pois é! E aí, o que vocês acham? [...] Se conhecimento científico for individualizado, como que a gente estaria hoje?
> **Miguel:** É porque... Toda descoberta e.... Essa parafernália toda é para o bem público. Não é para o individual, para o cientista. Ele trabalha em prol daquilo que ele descobriu ou que está realizando. É em prol da comunidade.
> **P1:** [...] Quando uma vacina é descoberta, ela normalmente é feita, algumas tecnologias de vacina, é com o RNA dos vírus. Pega um RNA mensageiro lá, ativa alguma coisa, uma proteína que causa a doença, gera aquela vacina, injeta na pessoa e a pessoa produz anticorpos. Se o cientista chega e só fala a gente pegou um RNA, recombinou, tirou a...

> Inativou a enzima[4], produzimos um soro[5] e vai ser aplicado na população. Será que a população ia receber essa informação como? Ia ficar todo mundo ok? Ia ficar "vamo vacinar"? Ou ia ficar assim "quem esse cara tá pensando que é?"
> **Miguel:** Eu acho que depende... Depende do público que vai receber.
> **Gustavo:** Ficar preocupado, e... Desconfiança.
> **P1:** Mas a maioria do público é como?
> **Fernanda:** Depende...
> **Miguel:** A maioria das pessoas, a maioria do público é... Não consegue perceber isso aí e vai achar que tá tudo bem. Tem outro público que já vai colocar alguns obstáculos aí para saber mais sobre isso, né? Porque o que você falou, a Covid, por exemplo, a vacina veio! Mas muitas pessoas...
> **Gustavo:** Se recusaram.
> **Miguel:** É. Umas recusaram por questões políticas, espirituais etc. E outras é... Tomaram a vacina, mas... Melhorou com a Covid, mas tiveram os problemas.
> **Fernanda:** Eu acho assim, que depende de quem publica. Quem é essa pessoa? É um órgão que eu confio? Porque se foi um órgão que eu confio eu sei que passou por um estudo científico verdadeiro, né? Agora, se não foi... Claro que tem todas essas questões sociais envolvidas aí né, mas eu penso assim, quem tá falando isso, né? Realmente foi um órgão que estudou sobre isso, validou e tá tudo certo? Ou não? É um "zé ninguém" que tá falando qualquer coisa? Eu acho que depende muito disso, sabe? Pra quem, assim... É claro que tem outras coisas envolvidas, igual o Miguel falou, né? Mas eu acho que isso é o principal para mim, pelo menos, sabe?

No que se refere aos debates entre os cientistas, surge um questionamento por parte do Miguel que acabou possibilitando o surgimento de alguns aspectos da CC, trazidos pelo MoCEC v.3 (Santos, 2023). Miguel afirma: "Não é para o individual, para o cientista. Ele trabalha em prol daquilo que ele descobriu ou que está realizando. É em prol da comunidade.", explicitando o que ele acredita ser um dos *Objetivos* dos cientistas (ou especialistas, como nomeado na CC). É possível problematizar essa visão romantizada da produção científica trazida por Miguel, afinal, os cientistas podem trazer seus interesses pessoais na condução de suas pesquisas. O movimento antivacina, por exemplo, conta com a participação de cientistas, como o médico britânico Andrew Wakefield.

P1 propõe um exemplo para induzir os participantes a continuarem a pensar sobre como as informações científicas são divulgadas, como a linguagem e o público-alvo afetam o entendimento dessas informações. A resposta de Fernanda nos remete a *Garantia de confiabilidade* do público em geral, quando ela diz: "Quem é essa pessoa? É um órgão que eu confio? Porque se foi um órgão que eu confio eu sei que passou por um estudo científico verdadeiro, né? [...] Realmente foi um órgão que estudou sobre isso, validou e tá tudo certo? Ou não? É um 'zé ninguém' que tá falando qualquer coisa?". A fala de Fernanda remete a duas dimensões socioculturais do PDCC discutidas por Bonfim e Strieder (2024): a credibilidade e a dependência epistêmica. Ao questionar: "quem é essa pessoa? É um órgão que eu confio?",

[4] Normalmente não são utilizadas enzimas, como exemplificado por P1, mas sim *trechos* que vão codificar uma proteína localizada externamente ao vírus.
[5] A palavra *soro* foi usada de forma inadequada no exemplo dado por P1, visto que soro e vacina são coisas distintas. As vacinas estimulam a produção de anticorpos específicos no nosso organismo, enquanto no soro os anticorpos estão "prontos", sendo utilizado, por exemplo, no tratamento de acidentes ofídicos.

a participante condiciona a aceitação de uma informação científica não à avaliação dos dados ou dos procedimentos que a embasam, mas à autoridade da instituição responsável por divulgá-la. Trata-se do mesmo argumento de autoridade identificado pelas autoras nas publicações de *fact-checking* analisadas, nas quais expressões como "estudos sérios" e "cientificamente comprovado" cumprem a função de legitimar a informação sem que seus fundamentos metodológicos sejam de fato explicitados.

Assim como o leigo tende a confiar no especialista por não dispor de condições para avaliar tecnicamente suas afirmações, conforme discutido por Bonfim e Strieder (2024) a respeito da dependência epistêmica, a fala de Fernanda parece reproduzir essa mesma lógica de confiança mediada pela instituição, e não pelo conteúdo científico em si.

Em relação à colocação de Miguel, ao atribuir a descoberta científica à comunidade e não ao cientista isoladamente, aproxima-se da dimensão institucional discutida ainda pelas mesmas autoras, particularmente no que se refere ao caráter coletivo da validação do conhecimento. O excerto sugere, portanto, que a compreensão dos participantes acerca de NdC não se limita a questões sobre como o conhecimento é produzido, envolvendo também julgamentos sobre em quem se pode confiar para reconhecê-lo como válido.

> **P3:** É, o quê que cê entendeu? O quê que a Lei de Proust fala? [...]
> **Júlia:** Ah, eu não sei explicar.
> **P3:** Então, pode contar uma reação que você entendeu... Por exemplo, o que a Lei de Lavoisier te contou? Que a massa inicial é igual a massa final.
> **Júlia:** É para dizer o que eu entendi desde o começo lá? Do primeiro horário?
> **P3:** Se lembrar, sim. [...]
> **Júlia:** Ah entendi... Eu entendi [a] questão do tempo!
> **P2:** Tempo é importante. Você pode, por exemplo, desenhar uma linha do tempo de evolução. Tipo assim...
> **Júlia:** Eu pensei isso!

A partir das falas registradas nos momentos finais da aula, durante a proposta de que os participantes registrassem, de maneira livre (através de esquemas, desenhos, mapas mentais etc.), o que entenderam da aula vivenciada, o fator tempo apareceu novamente, dessa vez por parte de outra participante, a Júlia. Ao longo da aula, tal fator foi explicitado por outros participantes. Pelas falas desse momento e pelos *feedbacks* registrados, notamos que os aspectos de NdC parecem ter sido mais facilmente assimilados do que os conceitos da disciplina de Química.

Ademais, foi possível observar a evolução das participações dos sujeitos investigados no decorrer da aula, sendo evidente a progressão dos participantes com menor experiência conforme a aula prosseguia. As impressões foram definidas de maneira consensual entre a primeira autora e o segundo autor com base em suas observações durante a condução da aula e ao tratar os dados oriundos dos registros em áudio. Elas foram organizadas e apresentadas de maneira comparativa entre o início e o final da aula (Quadro 4).

Quadro 4. Impressões dos professores regentes durante a aula temática.

Identificação	Início da aula	Final da aula
Miguel	O mais participativo desde o início. Muitas vezes, trazia elementos novos para a discussão, expressando dúvidas ou concepções individuais.	Se envolveu um pouco menos no momento da exposição do conteúdo de Química, mas contribuiu citando exemplos do cotidiano.
Fernanda	Dava espaço aos outros participantes para que se expressassem primeiro, antes de fazer seus apontamentos, reforçando em alguns momentos que eles já sabiam o conteúdo que estava sendo abordado pelos professores regentes.	Ao longo da aula, se envolveu mais nas discussões e contribuiu com informações sobre o conteúdo de Química e sua vivência em salas de aula.
Felipe	Demonstrou pouco interesse na aula e participação limitada e dispersa durante as interações em grupo.	Com a insistência dos professores regentes retornou à atenção aos colegas e, a partir disso, seguiu com algumas contribuições de sua vivência e percepções sobre a Química e o cotidiano, realizando as atividades propostas.
Gustavo	Foi o primeiro a chegar à sala de aula e sua participação se manteve relativamente constante ao longo de toda a aula. Se interessava pelos assuntos em discussão, mas demonstrava dificuldade em articular suas ideias.	
Larissa	Demonstrou timidez e receio de participar e se expressar.	Se comunicou com mais clareza e menos timidez.
Júlia	Única estudante do 3° ano e menos participativa que os demais. Se inscreveu na aula junto com uma amiga, mas a amiga não apareceu.	Convidada a participar da discussão várias vezes por um dos professores regentes, participou do debate no primeiro momento, mas se envolveu menos quando o assunto se voltou para o conteúdo de Química.

Fonte: Dados oriundos da observação dos professores regentes e dos registros em áudio.

Conclusões

Retomando a questão apresentada no início deste artigo – *quais visões estudantes de diferentes níveis expressam ao participar de uma discussão sobre os processos envolvidos na construção do conhecimento científico durante uma aula de Química integrada à Natureza da Ciência?* – e considerando os dados coletados, tratados, selecionados, apresentados e discutidos à luz da literatura da área de Educação em Ciências, é possível tecer algumas reflexões finais. O Quadro 5 apresenta as siglas das áreas de conhecimento do MoCEC e os respectivos aspectos de NdC identificados na análise:

Quadro 5. Aspectos de NdC relacionados às siglas das áreas de conhecimento identificados nos trechos selecionados da transcrição da presente aula.

Siglas das áreas de conhecimento	Aspectos de NdC
PC	*Complexidade*; *Criatividade*; *Influência motivacional*; *Inteligência*
SC	*Aceitabilidade*; *Influência sociopolítica*; *Interação entre cientistas*
HC	*Não linearidade*; *Progressividade*; *Provisoriedade*
CC	*Garantia de confiabilidade* (do público em geral); Objetivos (dos especialistas)

Foram identificados 12 aspectos de NdC associados a quatro áreas de conhecimento diferentes. A área com a maior quantidade de aspectos identificados foi PC, com quatro aspectos identificados. As segunda e terceira áreas, ambas com três aspectos cada uma, foram SC e HC. Por fim, identificamos dois aspectos da CC, contemplando dois dos três grupos de indivíduos específicos.

Quando comparado ao Quadro 2, nota-se que: *Não linearidade*, *Progressividade* e *Provisoriedade* (os três da HC) e *Interação entre cientistas* (SC) aparecem em ambos. Outros aspectos também emergiram, como *Aceitabilidade* e *Influência Sociopolítica* (os dois da SC), *Complexidade, Criatividade, Influência motivacional* e *Inteligência* (os quatro da PC). Uma área que não esperávamos foi identificada durante a análise da transcrição: CC, e outra que esperávamos sua expressão, não foi mencionada de maneira *explícita* pelos seis participantes ou três professores regentes: FC.

No que diz respeito ao uso do MoCEC v.2 e v.3 como ferramenta analítica, salientamos que, enquanto analistas, não tivemos dificuldades. Acreditamos que isso se deve ao fato de ter uma definição para cada um dos aspectos de NdC que foram utilizados como categorias, e nesse caso bem definidas. Assim sendo, essa característica do MoCEC o torna efetivo em suas duas funções: suporte teórico para o planejamento de situações de ensino autênticas e ferramenta para análise dos dados coletados em tais situações.

Como esperado, os participantes com maior nível de formação, no caso os dois professores, demonstraram uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Sendo que Fernanda, a professora de Química, demonstrou uma visão mais fundamentada sobre o desenvolvimento do conhecimento científico em relação a Miguel, professor de Português. No entanto, é válido mencionar que, devido a sua maior experiência, ambos possivelmente apresentam maior facilidade em se comunicar e, portanto, expressar mais abertamente suas visões durante a aula, do que os demais participantes.

Os estudantes participaram de forma consistente na primeira parte da aula, na qual os conceitos de NdC estavam sendo abordados de maneira *contextualizada*. Durante a explicação do conteúdo específico, as Leis Ponderais, a participação deles diminuiu de maneira significativa, demonstrando possivelmente uma dificuldade. Tais observações corroboram com aquelas obtidas por Johnston e Akerson (2025), em seu estudo de caso, no qual concluíram que há uma forte relação com os estágios iniciais de desenvolvimento de habilidades dos estudantes, a retenção de conceitos científicos e a compreensão de como a Ciência funciona. Além do fato de que a apresentação dos dois conceitos abstratos simultaneamente (Química e NdC) poderia ser de difícil assimilação.

Ao ouvirem uns aos outros, os estudantes complementavam suas falas, enriquecendo a discussão e, possivelmente, ampliando as visões de cada um deles *sobre* Ciências. Júlia, estudante do 3° ano do Ensino Médio, embora não tendo participado tão ativamente durante a discussão, mencionou ao final da aula, quando questionada sobre o que aprendeu, o fator tempo, associado ao aspecto *Progressividade* (HC) trazido por Gustavo, outro estudante do Ensino Médio, porém do 1° ano do Ensino Médio, no início da discussão sobre as descobertas científicas e reforçado pelos professores regentes e por outros participantes no decorrer de toda a aula.

Como todo estudo desenvolvido em um contexto educacional específico, a proposta de aula apresentada, ministrada e analisada, neste artigo, apresenta limitações que precisam ser consideradas na interpretação dos resultados. O número restrito de participantes constitui uma restrição do estudo, especialmente no que diz respeito à generalização nas interpretações dos dados obtidos. Entretanto, tal característica é coerente com a natureza qualitativa da pesquisa, que busca compreender em profundidade as dinâmicas pedagógicas e as concepções mobilizadas durante a aula investigada.

Consoante a isso, a falta de acompanhamento pós-aplicação é um fator a ser considerado. A investigação concentrou-se na análise das interações, produções e discursos mobilizados durante a aplicação da proposta, o que impossibilita avaliar a permanência, a ressignificação ou a evolução das concepções expressas e/ou construídas durante a aula em questão ao longo do tempo. Além disso, pensando no fato de a turma ser mista, esse acompanhamento seria restringido por ter sido uma aula em contexto atípico, diferente dos cenários usuais encontrados em salas de aula.

Apesar das limitações apontadas, os resultados, deste estudo, de natureza qualitativa, evidenciam implicações relevantes e potencialidades do trabalho desenvolvido em uma turma mista, uma vez que a diversidade de perfis, níveis de formação e experiências dos participantes constituiu-se como um elemento analiticamente produtivo para a compreensão aprofundada das interações e dos sentidos atribuídos por eles durante o processo de ensino e aprendizagem ao longo do desenvolvimento da proposta.

A experiência trazida pelos participantes professores, Miguel e Fernanda, docentes da escola na qual foi feita a aplicação, contribuiu para o desenvolvimento dos outros participantes estudantes, ou seja, de suas percepções sobre o processo de construção do conhecimento científico, e seria um fator a ser explorado em contextos semelhantes, por exemplo, que fogem dos cenários usualmente encontrados em salas de aula.

Ademais, o ensino de NdC pode ser uma estratégia no combate ao negacionismo científico, pois permite que os estudantes compreendam a Ciência como um processo dinâmico, construído por evidências, argumentação e validação coletiva, e não como um conjunto de verdades absolutas e inquestionáveis. O uso dessa abordagem possibilita que os estudantes desenvolvam ferramentas para identificar discursos pseudocientíficos e resistir a narrativas negacionistas, sobretudo em ambientes digitais.

Por fim, os resultados deste estudo indicam a pertinência de dar continuidade a investigações que explorem o ensino de Química articulado à NdC em contextos de turmas mistas. Ainda que essa configuração envolva desafios para sua implementação, os resultados evidenciam implicações relevantes e potencialidades. Assim, pesquisas futuras nesse âmbito podem contribuir para o aprofundamento teórico na área da Educação em Ciências e para a consolidação de práticas pedagógicas sensíveis à diversidade e à complexidade dos contextos escolares.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (PROCESSO: APQ-05645-23) e à Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (PRPq/UFMG) (EDITAL: 10/2024), pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dos dois projetos ao qual este estudo está inserido; assim como a primeira autora agradece à FAPEMIG, pela bolsa de Iniciação Científica PRPq/UFMG (EDITAL: 11/2024). Ademais, os autores agradecem à escola, aos participantes professores e estudantes (e seus responsáveis) por permitirem que tal pesquisa fosse realizada; bem como aos avaliadores anônimos da IENCI, pela leitura crítica da versão inicialmente submetida do artigo e apontamentos que contribuíram para a produção desta versão.

Referências

Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Towards a coherent framework for synergistic research and development. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (p. 1041–1060). Springer.

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education, 95*(3), 518–542. https://doi.org/10.1002/sce.20432

Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science:* Perspectives & Resources. SHiPS Educational Press. https://doi.org/10.1002/sce.21131

Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 17*(1), 18–26. https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education, 94*(4), 617–639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

Azevedo, N., & Scarpa, D. (2017). Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 17*(2), 579–619. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579

Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto Editora.

Bonfim, C. S., & Strieder, R. B. (2024). Enfrentamentos para o negacionismo científico: explorando a natureza da ciência a partir de *fact-checking*. *Investigações em Ensino de Ciências*, *29*(3), 101–124. https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n3p101

Borba, O. V., Franco, R. M., & Spohr, C. B. (2025). Abordagens Históricas e Investigativas para o Ensino da Natureza da Ciência: uma Revisão Sistemática. *Investigações em Ensino de Ciências*, *30*(3), 103–128. https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n3p103

Catarino, G. F. C., & Reis, J. C. O. (2021). A pesquisa em ensino de ciências e a educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre natureza da ciência e interdisciplinaridade. *Ciência & Educação, 27*(e21033), 1–16. https://doi.org/10.1590/1516-731320210033

Chandrasegaran, A. L. (2004a). *Representational systems and chemical reactions diagnostic instrument, RSCRDI*. (Unpublished Diagnostic Inventory), Curtin University of Technology, Science and Mathematics Education Centre, Arulsingam.

Chandrasegaran, A. L. (2004b). *Diagnostic instrument of secondary students' use of three levels of representation to explain simple chemical reactions* [Tese (Doutorado), Curtin University of Technology, Science and Mathematics Education Centre].

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. *Science & Education*, *28,* 205–248. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education:* scientific knowledge, practices and other family categories. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education, 20*(7–8), 591–607. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4

Irzik, G., & Nola, R. (2014). New Directions for Nature of Science Research. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (p. 999–1021). Springer.

Irzik, G., & Nola, R. (2022). Revisiting the foundations of the Family Resemblance Approach to nature of Science: Some new ideas. *Science & Education, 32*(5), 1227–1245. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00375-7

Johnston, M. F., & Akerson, V. L. (2025). What chemistry students of differing ability levels learn about NOS within inaccessible chemistry concepts: A case study. *International Journal of Research in Education and Science, 11*(1), 1–32. https://doi.org/10.46328/ijres.3572

Justi, R., & Erduran, S. (2015). *Characterizing Nature of Science:* A supporting model for teachers. Paper presented at the Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group, Rio de Janeiro, Brazil.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz. (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(6), 497–521. https://doi.org/10.1002/tea.10034

Lima, M. M., Ibraim, S. S., & Santos, M. (2021). ANÁLISE DE ASPECTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA EXPRESSOS POR UMA PROFESSORA EM FORMAÇÃO INICIAL NO CONTEXTO DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA DA QUÍMICA. *Ensaio: Pesquisa em Educação e Ciências, 23* (e24345), 1–19. https://doi.org/10.1590/1983-21172021230104

Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". C*aderno Brasileiro de Ensino de Física, 32*(3), 703–737. http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703

Matthews, M. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research:* Concepts and Methodologies (p. 3–26). Springer.

Millar, R., & Osborne, J. (1998*). Beyond 2000:* Science education for the future. King's College and London School of Education.

Oki, M. C. M., & Moradillo, E. F. (2008). O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência & Educação, 14*(1), 67–88. https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MVJ3vF8LZsVwm8dpqTcWjgt/?format=pdf&lang=pt

Oliveira, M. M. (2010). *Como fazer pesquisa qualitativa*. Vozes.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(7), 692–720. https://doi.org/610.1002/ tea.10105

Portugal, K. L, & Broietti, F. C. D. (2020). Visões acerca da natureza da Ciência de formandos em licenciatura em Química. *ACTIO, 5*(1), 1–18. https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/10402/7527

Prado, L. D., & Carbone Carneiro, M. (2018). O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces, 18*, 153–180. http://dx.doi.org/10.23925/2178-2911.2018v18p153-180.

Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2016). A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 9*(2), 149–176. https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p149

Santos, M. (2023). *Conhecimentos de Natureza da Ciência mobilizados e relacionados a outros conhecimentos por um futuro professor de Química em situações de ensino autênticas* [Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais]. https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/e2d88b3a-ab46-4293-8b2f-1b7bd5ec7f43/content

Santos, M., Lacerda, R. (2026). *Conhecimentos de Natureza da Ciência mobilizados e relacionados a outros conhecimentos por futuros professores e professores de Química em proposições de situações de ensino autênticas*. UFMG.

Santos, M., Maia, P., & Justi., R. (2020). Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 20*(u), 581–616. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u581616

Stake, R. E. (2000). Case studies. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research* (p. 435–454). Sage.