

ARTIGO



ARTICULAÇÃO DO PCK PESSOAL E DO PCK EM AÇÃO DE UMA PROFESSORA EM FORMAÇÃO INICIAL EM CONTEXTO DE ENSINO DE QUÍMICA ENVOLVENDO ARGUMENTAÇÃO

Roberta Rochelle Souza André¹

<https://orcid.org/0009-0000-4000-8013>

Juliana Vieira Ferreira Ribeiro¹

<https://orcid.org/0009-0001-7648-4350>

Stefannie de Sá Ibraim¹

<https://orcid.org/0000-0001-5724-993X>

RESUMO:

Investigamos a articulação do PCK pessoal (pPCK) e em ação (ePCK) de uma professora em formação inicial ao planejar e conduzir pela primeira vez uma sequência de ensino de envolvendo argumentação. Analisamos dados de reuniões de planejamento, planejamento, aulas síncronas, questionários e entrevista. Por meio de uma análise de conteúdo qualitativa, utilizando o Modelo Consensual Refinado como lente teórica, identificamos a articulação entre pPCK-ePCK, e a ação dos filtros e amplificadores, relacionados à argumentação. Concluímos que o pPCK da PFI tinha um caráter teórico-prático e a experiência docente favoreceu a ampliação de seu pPCK; e, suas crenças e atitudes sobre argumentação amplificaram e filtraram suas ações nas aulas, ePCK, influenciando as articulações entre pPCK-ePCK. Como implicações apontamos as experiências reais de ensino para o desenvolvimento do pPCK e ePCK, e o uso de filtros e amplificadores para investigar as relações entre conhecimentos de argumentação e o PCK do professor.

Palavras-chave:

pPCK; ePCK;
Professor em
formação inicial;
Filtros e
amplificadores;
Argumentação

Articulación del PCK personal y del PCK en acción de un profesor en formación inicial en un contexto de enseñanza de la química que implica la argumentación

RESUMEN:

Investigamos la articulación del PCK personal (pPCK) y el PCK en acción (ePCK) de un profesor en formación inicial al planificar y llevar a cabo por primera vez una secuencia didáctica que implicaba argumentación. Se analizaron datos procedentes de reuniones de planificación, planificaciones, clases sincrónicas, cuestionarios y entrevistas. Mediante un análisis de contenido cualitativo, utilizando el Modelo Consensual Refinado como lente teórica, identificamos la articulación entre pPCK-ePCK, y la acción de filtros y amplificadores, relacionada con la argumentación. Concluimos que la pPCK de PFI tenía un carácter teórico-práctico y que su experiencia docente favoreció la expansión de su pPCK; y que sus creencias y actitudes sobre la argumentación amplificaron y filtraron sus acciones en clase, y ePCK, influyendo en las articulaciones entre pPCK-ePCK. Como implicaciones, señalamos las experiencias docentes reales para el desarrollo del pPCK y ePCK, y el uso de filtros y amplificadores para investigar la relación entre el conocimiento sobre argumentación y el PCK del profesor.

Palabras-clave:

pPCK; ePCK;
Profesor en formación
inicial; Filtros y
amplificadores;
Argumentación

¹ Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, MG, Brasil

Articulation of the personal PCK and the PCK in action of a pre-service teacher in a chemistry teaching context involving argumentation

ABSTRACT:

We investigated the articulation of a teacher in initial training's personal PCK (pPCK) and in action PCK (ePCK) when planning and conducting a teaching sequence involving argumentation for the first time. We analyzed data from planning meetings, planning, synchronous classes, questionnaires and interviews. Through a qualitative content analysis, using the Refined Consensual Model as a theoretical lens, we identified the articulation between pPCK-ePCK, and the action of filters and amplifiers, related to argumentation. We concluded that PFT's pPCK had a theoretical-practical character and that her teaching experience favored the expansion of her pPCK; and that her beliefs and attitudes about argumentation amplified and filtered her actions in class, and ePCK, influencing the articulations between pPCK-ePCK. As implications, we point to real teaching experiences for the development of pPCK and ePCK, and the use of filters and amplifiers to investigate the relationship between argumentation knowledge and the teacher's PCK.

Key words:

pPCK; ePCK; Pre-service teacher; Filters e amplifiers, Argumentation

INTRODUÇÃO

Na década de 80 foram intensas as discussões sobre a valorização e o reconhecimento da profissão docente (Shulman, 1986, 1987; Tardif, 2000; Tardif, 2014). Nesse contexto, Shulman (1986) defendeu que os professores são portadores de um conhecimento único, o qual não pode ser encontrado entre meros especialistas da área ou entre aqueles que são bons com as crianças (Shulman, 1986). Segundo o autor, o conhecimento profissional docente específico seria desenvolvido a partir de conhecimentos docentes de conteúdo e pedagógico geral (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986), sendo assim foi intitulado por conhecimento pedagógico de conteúdo, ou em inglês, *Pedagogical Content Knowledge* (PCK¹). Em outras palavras, o PCK pode ser pensado como o conhecimento mobilizado pelo professor para transformar o conteúdo em formas mais compreensíveis aos estudantes (Kam Ho Chan & Hume, 2019; Magnusson et al., 1999; Park & Oliver, 2008; Shulman, 1986). Nesse sentido, ele representa o conhecimento que o professor desenvolve ao longo de sua experiência docente e a partir de reflexões sobre processos de ensino de tópicos específicos para determinados estudantes, em contextos específicos, almejando a aprendizagem destes estudantes (Gess-Newsome, 2015; Shulman, 2015). Portanto, ele é definido como:

“o conhecimento de, o raciocínio por trás, e o planejamento para ensinar um tópico específico de uma maneira específica para uma finalidade específica para determinados alunos, com o objetivo de melhorar os resultados dos alunos” (Gess-Newsome, 2015, p. 36).

As discussões iniciadas por Shulman e colaboradores em relação ao PCK têm repercutido ao longo dos anos em diversos estudos sobre o tema (Berry et al., 2015; Berry et al., 2008; Hume et al., 2019; Kam Ho Chan & Hume, 2019; Loughran et al., 2006). Por exemplo, apoiado no PCK, os conhecimentos profissionais docentes têm sido objeto de intensas investigações, envolvendo pesquisas sobre o que os professores sabem e como eles mobilizam tais conhecimentos em situações de ensino (Kam Ho Chan & Hume, 2019). Tais estudos destacaram a necessidade de uma maior compreensão sobre o significado e como investigar o PCK em pesquisas que buscam analisar os conhecimentos docentes (Berry et al., 2015; Hume et al., 2019), o que mobilizou discussões entre pesquisadores da área, resultando na proposição de um Modelo Consensual (Gess-Newsome, 2015). Recentemente, o Modelo Consensual foi refinado, porque apesar de sua existência, ainda não havia clareza entre os pesquisadores sobre como utilizá-lo nas pesquisas e em programas de formação de professores (Hume et al., 2019). Assim, o Modelo Consensual Refinado, em inglês, *Refined Consensual Model* (RCM) (Carlson & Daehler, 2019) foi proposto.

O RCM de PCK está centrado sobre a prática de ensino de ciências que ocorre nas salas de aulas. O modelo descreve os complexos domínios de conhecimento e as experiências que formam e informam a prática

dos professores de ciências ao longo de suas jornadas que, por sua vez, são mediadas pelos resultados dos alunos. Conforme destacado por Carlson e Daehler (2019), uma das características-chaves desse modelo é a identificação de, e o reconhecimento da interação entre os três domínios de PCK: (i) PCK coletivo, em inglês *collective* PCK (cPCK), que representa o conhecimento profissional específico mantido por múltiplos educadores e professores no campo; (ii) PCK pessoal, em inglês *personal* PCK (pPCK), que diz respeito ao conhecimento profissional personalizado apresentado por um professor específico; e, (iii) PCK em ação, em inglês, *enacted* (ePCK), que está relacionado aos conhecimentos que o professor mobiliza em um ciclo pedagógico durante o planejamento de, o ensino de, e a reflexão sobre a lição.

De acordo com Carlson e Daehler (2019), o RCM de PCK avança nas discussões ao reconhecer que o desenvolvimento dos diferentes domínios de PCK são decorrentes das contribuições dos estudantes, professores e outros atores envolvidos nos contextos educacionais. Ademais, o modelo reconhece que: uma ampla base de conhecimento profissional é fundamental para o PCK do professor; o contexto de aprendizagem influencia a constituição do pPCK e ePCK; e, elementos pessoais e extra pessoais atuam como filtro e amplificadores na formação e manifestação dos diferentes domínios de PCK.

Diante disso, o RCM de PCK busca contribuir para as discussões sobre os diferentes tipos de PCK que um professor possui, visto que as pesquisas anteriores evidenciavam diferenças entre os conhecimentos declarados pelos docentes e sua atuação em sala de aula (Carlson & Daehler, 2019; Gess-Newsome, 2015; Kam Ho Chan & Hume, 2019; Park & Suh, 2019).

Para além da identificação dos conhecimentos, o RCM tem orientado pesquisas que visam discutir os processos de transformação e desenvolvimento dos domínios de PCK de um professor e o que influencia tais processos (Alonzo et al., 2019; Behling et al., 2022a; Buma & Nyamupangedengu, 2023; Cooper et al., 2022; Forsler et al., 2024a; Kulgemeyer et al., 2020; Mazibe, 2024; Sen & Demirdögen, 2023; Vollebregt et al., 2021), visto que o RCM não explicita como os conhecimentos docentes são desenvolvidos e/ou transformados (Carlson & Daehler, 2019). Por exemplo, a proposição de pPCK e ePCK, tem fomentado pesquisas que investigam o pPCK (Behling et al., 2022b; Buldu & Buldu, 2021; Carpendale & Hume, 2019; Forsler et al., 2024a; Henze & Barendsen, 2019) e ePCK (Buma & Nyamupangedengu, 2023; Buma & Sibanda, 2022; Coetzee et al., 2022; Mapulanga et al., 2023), bem como a articulação entre tais domínios (Behling et al., 2022a; Forsler et al., 2024a). Ainda, o RCM tem impulsionado pesquisas sobre estratégias metodológicas alinhadas às investigações dos domínios de PCK (Forsler et al., 2024a; Henze & Barendsen, 2019; Kam Ho Chan et al., 2019; Park & Suh, 2019; She & Kam Ho Chan, 2022). Apesar desses movimentos, o RCM é recente e os movimentos de articulação entre os domínios ainda não estão completamente esclarecidos, o campo carece de mais estudos que ajudem a compreender o processo de interação entre os domínios de PCK do professor (Alonzo et al., 2019; Coetzee et al., 2022; Sen & Demirdögen, 2023) e a identificar os componentes e as relações explicitadas no RCM em contexto reais de ensino (Forsler et al., 2024a).

Além das contribuições diretas para os estudos sobre PCK, temos como hipóteses que os novos entendimentos sobre os domínios de PCK, a interação entre eles, assim como o que influenciam tais interações, podem iluminar discussões sobre os conhecimentos docentes no contexto de ensino envolvendo às práticas científicas. A inclusão de práticas científicas no ensino de ciências tem sido defendido frente à necessidade de promover um ensino autêntico de ciências entendendo que o ensino conceitual envolve também o ensino dos domínios epistêmicos e sociais (Duschl, 2008; Osborne & Dillon, 2010), e a busca pelos conhecimentos docentes sobre práticas científicas está pautada na ideia de que um professor não pode ensinar algo que ele desconheça (Shulman, 1986).

Em geral, o conhecimento docente sobre práticas científicas é fomentado em ações formativas específicas sobre as práticas, seja em contexto de formação inicial ou continuada. Assim, surge um hiato entre os conhecimentos docentes construídos no contexto formativo e o conhecimento docente mobilizado em situações de ensino reais, nas quais o professor precisa articular o conhecimento sobre às práticas aos seus conhecimentos sobre um tópico específico de conteúdo científico curricular, haja vista que ao ensinar ciências é desejável que o professor também ensine sobre ciências, isto é como os conhecimentos científicos são construídos (Duschl, 2008; Osborne & Dillon, 2010). Somado a isso, ao analisar os conhecimentos do professor sobre prática científica, autores recorrem ao construto PCK (por exemplo, Henze et al., 2008; Justi & van Driel, 2006; McNeill & Knight, 2013; Nelson & Davis, 2012; Sengul et al., 2020; Wang & Buck, 2016), por entender que ele representa os conhecimentos e as relações estabelecidas no processo de ensino, e definem elementos de

conhecimentos no contexto da prática específica, tais como os proposto em Magnusson et al. (1999). Dessa forma, são mapeados elementos de conhecimentos, tais como: o conhecimento dos estudantes sobre determinada prática, orientações para o ensino da prática e conhecimento sobre estratégias de ensino associado à prática.

Diante desse movimento, Ibraim e Justi (2021) chamam atenção para o fato de que ao focar sobre os conhecimentos docentes específicos de uma prática científica, os pesquisadores perdem a oportunidade de investigarem as relações entre a prática científica e o conhecimento de (tópico de) conteúdo científico curricular do professor. Além disso, as autoras destacam que as práticas científicas podem desempenhar diferentes papéis no processo de ensino a depender de como um professor mobiliza seus conhecimentos sobre a prática científica e a integra no processo de ensino. Por exemplo, a prática científica de argumentar pode ser associada ao conhecimento de estratégias de ensino quando o professor utiliza de processos argumentativos, como o trabalho com evidência, para facilitar a aprendizagem de um tópico específico de conteúdo; ou, pode representar a dimensão sintática do conhecimento de conteúdo do professor, que envolve a compreensão sobre como um conhecimento é desenvolvido no campo (Ibraim & Justi, 2021), e estaria alinhado às discussões sobre a inclusão das práticas científicas no contexto de ensino.

Além disso, ressaltamos que na maior parte dos contextos escolares reais, as práticas científicas são discutidas e ensinadas associadas aos tópicos de conteúdos científico curriculares e não como tópico de conteúdo em si (Ibraim & Justi, 2021, 2022), o que contribuir para a dificuldade de investigar os conhecimentos docentes sobre as práticas como um tipo específico e isolado de PCK (Ibraim & Justi, 2021). Ademais, reafirmamos que frente aos objetivos do ensino de ciências, estamos buscando um ensino envolvendo as práticas científicas alinhadas a construção do conhecimento científico, e não um ensino conceitual sobre a prática (Duschl, 2008).

Diante disso, defendemos que a dinamicidade inerente ao RCM, bem como as possibilidades de articulação entre os domínios, representam um caminho frutífero para ir além da identificação de elementos de conhecimento associados às práticas científicas, tal como tem sido feito na literatura (por exemplo, Henze et al., 2008; Justi & van Driel, 2006; McNeill & Knight, 2013; Nelson & Davis, 2012; Sengul et al., 2020; Wang & Buck, 2016). Assim, temos como hipótese que o RCM possibilita investigar o papel das práticas científicas frente aos domínios de PCK e nos processos de interação entre eles.

Buscando viabilizar a investigação, neste estudo, fazemos um recorte enfatizando a prática científica de argumentação, a qual está presente nos processos de construção de conhecimentos científicos (Kelly, 2008; Mendonça & Justi, 2013; Osborne & Dillon, 2010). A argumentação pode ser entendida como uma prática dialógica presente nos processos de avaliar e justificar afirmativas de conhecimento, enfatizando as relações entre evidência e justificativa, e de persuasão de uma audiência sobre a validade ou invalidade de uma afirmativa de conhecimento (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Em sala de aula, a argumentação pode contribuir para a aprendizagem do estudante tanto conceitual, quanto sobre ciência, assim como para o desenvolvimento de seu raciocínio crítico (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007).

Frente ao exposto, buscamos investigar a seguinte questão de pesquisa: como uma professora em formação inicial articula o PCK *pessoal* e o PCK *em ação* em sua primeira experiência docente em um contexto de ensino de química envolvendo argumentação? Optamos por investigar o contexto de formação inicial por entender que é fundamental compreender o PCK destes futuros profissionais e desenvolvê-lo, tendo em vista as suas contribuições posteriores para a formação dos estudantes (Coetzee et al., 2022).

MODELO CONSENSUAL REFINADO

O Modelo Consensual Refinado de PCK chamou a atenção dos pesquisadores interessados no campo ao apresentar, para além da base de conhecimento (na qual estão inseridos o conhecimento de conteúdo, o conhecimento sobre os estudantes, o conhecimento pedagógico, o conhecimento de currículo e o conhecimento de avaliação), três domínios de PCK: coletivo, pessoal e em ação. Isto porque essa divisão permitiu diferenciar os conhecimentos declarados pelo professor (cPCK e pPCK) dos conhecimentos em ação docente (ePCK) (Park, 2019).

Considerando as particularidades formativas e os conhecimentos compartilhados por grupos específicos, o PCK coletivo é concebido como um conhecimento específico sobre o ensino, o qual é articulado e compartilhado entre os grupos de profissionais da área, sendo um conhecimento público e mantido por várias

pessoas (Carlson & Daehler, 2019). Assim, este domínio reúne as contribuições de educadores da área, incluindo os próprios professores, e as compreensões e as discussões realizadas pelos diferentes atores da área de educação sobre a base de conhecimento profissional e de conhecimentos sobre um tópico específico de conteúdo ou aspectos relacionados a ele.

A passagem da dimensão coletiva para a pessoal se dá a partir das experiências de aprendizagem de um professor, as quais ocorrem em um contexto específico, espaço e tempo definidos (Carlson & Daehler, 2019). O contexto de aprendizagem atua como um filtro e/ou amplificador na constituição do pPCK do professor, de forma que as atitudes e crenças do professor (por exemplo, atitudes e crenças sobre os estudantes e o papel do professor e sobre a natureza do conhecimento científico) podem amplificar e/ou filtrar como o professor desenvolve seu pPCK para o ensino de ciências (Carlson & Daehler, 2019). Assim, o PCK pessoal diz respeito ao conhecimento desenvolvido e aprimorado pelo professor a partir de processos formativos, de suas experiências curriculares e de ensino, e trocas com outros colegas de profissão, pesquisadores, cientistas, especialistas da área e de todos os estudantes que o professor interagiu ao longo de sua vida profissional. Portanto, ele indica que o conhecimento de um professor é diferente do conhecimento de outros membros da comunidade e que os contextos de experiência docentes contribuem para a sua formação de forma particular. A partir disso, é possível situar e diferenciar os conhecimentos compartilhados entre uma comunidade de professores, cPCK, do conhecimento específico de um determinado docente, pPCK.

Tendo em vista que o conhecimento coletivo e pessoal do professor, o qual é declarado por ele, é diferente daquele manifestado por ele em situações de ensino, o PCK em ação, retrata os conhecimentos e as habilidades mobilizados em uma situação de ensino específica, considerando: um estudante ou grupo de estudantes particulares, a intenção de contribuir para a aprendizagem de tais estudantes sobre um conceito, uma disciplina ou um tópico específico (Carlson & Daehler, 2019). O ePCK, portanto, está relacionado ao raciocínio pedagógico do professor mobilizado no ato de planejar, ensinar e refletir sobre a ação docente. Dessa forma, ele reflete o contexto da escola, a sala de aula e os resultados de cada estudante com o qual o professor interage, a compreensão do professor sobre o conteúdo a ser ensinado, seus conhecimentos pedagógicos e suas crenças.

O ePCK ainda pode ser pensado a partir de suas subdivisões: em inglês *planning ePCK* (ePCKp), *teaching ePCK* (ePCKt) e *reflection ePCK* (ePCKr). O ePCK no planejamento (ePCKp) se manifesta no ato de planejar uma atividade de ensino, a partir da mobilização de conhecimentos sobre o que seja mais adequado para uma determinada turma frente à determinada instrução (Alonzo et al., 2019). O ePCK no ensino (ePCKt), representa o conhecimento manifestado nas decisões tomadas pelo professor em curso, durante as aulas, e, em geral, é mobilizado de forma tácita (Alonzo et al., 2019). Por fim, o ePCK na reflexão (ePCKr) representa as reflexões realizadas pelo professor sobre o processo de ensino ou no processo de ensino, as quais estão apoiadas em momentos ou aspectos específicos da aula (Alonzo et al., 2019).

Além disso, a percepção de que o PCK se manifesta de forma diferente no âmbito coletivo, pessoal e em ação levou os pesquisadores a discutirem sobre as transformações de PCK, em específico, os filtros e/ou amplificadores que atuam neste processo (Behling et al., 2022a; Henze & Barendsen, 2019; Sen & Demirdögen, 2023). Por exemplo, o PCK do professor pode ser impactado por fatores pessoais, como aspectos da identidade docente, e fatores extra pessoais, por exemplo, as situações de ensino, currículo e contexto escolar (Henze & Barendsen, 2019). Sendo assim, destacamos que a existência de filtros e amplificadores agindo sobre a articulação entre os domínios de PCK se mostra potencial para o contexto da nossa pesquisa, uma vez que reconhecemos que, em contextos reais de ensino, a argumentação se relacionada às diferentes dimensões de conhecimento do professor, logo é possível conceber filtros e/ou amplificadores relacionados ao contexto de aprendizagem argumentativo, uma vez que o pPCK do professor, bem como o ePCK, serão influenciados pelas crenças e atitudes do professor em relação ao ensino de ciências envolvendo argumentação, por exemplo, suas crenças sobre os estudantes ou sobre a natureza do conhecimento científico ciências (Sengul et al., 2020). Portanto, reforçamos o fato de que o RCM é uma ferramenta analítica poderosa para os fins dessa pesquisa.

Em resumo, a proposição do RCM de PCK tem contribuído para que os pesquisadores situem suas pesquisas nos diferentes domínios de PCK, assim como investiguem as articulações entre os domínios. Por exemplo, Boz e Can (2020) pesquisaram especificamente as contribuições de uma metodologia baseada em micro situações de ensino para o desenvolvimento do cPCK de solubilidade de professores em formação inicial. Dessa forma, o foco do estudo foi direcionado aos momentos de planejamento em grupo, entrevistas semiestruturadas e situações de ensino para o grupo de professores em formação, o que possibilitou analisar a

construção coletiva de um determinado grupo relacionado ao ensino de solubilidade. Ainda, a investigação do cPCK se deu a partir dos elementos de conhecimento proposto em Magnusson et al. (1999). Por outro lado, Vollebregt et al. (2021) estudaram como um processo de treinamento envolvendo um aparato científico contribuiu para o PCK sobre ondas de professores de física. Nesse caso, a investigação do pPCK e do ePCK dos professores ocorreu a partir da construção de uma rubrica específica e pela codificação de episódios de ensino. Assim, percebemos que diferente de Boz e Can (2020), os autores não adotaram um modelo pré-estabelecido na literatura para analisar os domínios de pPCK e ePCK.

Reconhecemos que nos estudos sobre o RCM, há uma tendência dos autores de adotarem o modelo para localizar o domínio de conhecimento que estão investigando, e utilizarem do modelo de Magnusson et al. (1999), o qual ao longo dos anos tem sido o mais utilizado na literatura (Gess-Newsome, 2015), ou de Park e Oliver (2008) ou a ideia de tópico específico de PCK de Mavhunga e Rollnick (2013), para conduzirem o processo de análise. Entretanto, há autores que adotam o próprio RCM como lente analítica, como Forsler et al. (2024a). As autoras investigaram as contribuições do instrumento de Representação de Conteúdo (o qual visa facilitar as reflexões do professor sobre o ensino de um determinado tópico de conteúdo), associado às reflexões baseadas em vídeos quando os professores planejam, ensinam e refletem sobre o ensino conduzido por eles no contexto de desenvolvimento sustentável para o desenvolvimento e captura do PCK de professores. Neste caso, as pesquisadoras realizam uma análise de conteúdo qualitativa, que possibilitou a investigação e a discussão do objetivo de pesquisa, enfatizando os movimentos de transformação de pPCK para ePCK e as contribuições da metodologia adotada para capturar os domínios de PCK dos professores.

Diante do exposto, sinalizamos que há diferentes possibilidade de se investigar os domínios de PCK compreendidos no RCM, inclusive utilizando o próprio RCM como lente analítica. Sendo assim, considerando que estamos interessadas em analisar as articulações entre o pPCK e o ePCK de uma professora em formação inicial, quando esta planeja, ensina e reflete sobre o ensino de química envolvendo argumentação, optamos por adotar o próprio RCM como referencial teórico-metodológico por entender que a abertura oferecida pelo modelo pode contribuir para o reconhecimento das articulações estabelecidas pela professora e as ações de filtros e amplificadores relacionados à argumentação neste processo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo, adotamos os princípios da pesquisa qualitativa (Creswell, 2013), principalmente, ao valorizar o processo investigado e ao realizar uma análise indutiva. Além disso, nos pautamos na metodologia de estudo de caso (Creswell, 2013), em especial, produzimos um estudo de caso instrumental, visando que o caso possa prover *insights* sobre uma questão específica, o que significa contribuir para a compreensão dos processos envolvidos na articulação dos domínios de PCK de uma professora em formação inicial em um contexto de ensino envolvendo argumentação.

Contexto de Pesquisa

A fim de situar o leitor em termos do contexto mais amplo da coleta de dados, destacamos que esta ocorreu no âmbito do Programa Residência Pedagógica (PRP) de Química de uma universidade pública federal de Minas Gerais, regido pelo edital CAPES nº 1/2020. De acordo com o edital, o PRP seria dividido em três módulos de seis meses cada, sendo que cada módulo deveria envolver atividades de elaboração de planos de aula e regência em sala de aula com acompanhamento do preceptor (professor orientador na escola campo). Assim, este contexto possibilitava a vivência dos professores em formação inicial (PFI) das etapas de planejamento, atuação em sala de aula e de reflexão, o que se alinha ao desenvolvimento e mobilização de pPCK e ePCK.

O PRP-Química ocorreu no período da pandemia, o que trouxe uma situação inédita para todos os atores da Educação, visto que o ensino remoto emergencial (ERE) implicou em dinâmica e estabelecimento de relações ímpares. Assim, respeitando as orientações para o ERE, todas as reuniões com os PFI, preceptores e orientadora (professora da instituição de ensino superior, e terceira autora) ocorreram de forma síncrona, via plataforma de videoconferência *online*. No caso das ações do PRP nas escolas, realizadas em 2021, estas também ocorreram de forma síncrona, utilizando a mesma plataforma de reuniões *online*.

Diante do contexto pandêmico, a imersão nas escolas campo, prevista pelo programa e que facilitaria o contato prévio com os estudantes, não pôde ser realizada, uma vez que, em Minas Gerais, os estudantes não tiveram aulas presenciais² ou síncronas e os preceptores interagiram com eles unicamente usando uma plataforma *online*. Na teoria, o acesso dos estudantes a dimensão conceitual foi atribuído a vídeo-aulas televisionadas e a um Plano de Estudo Tutorado. Assim, os PFI interagiram diretamente com os estudantes apenas nos momentos de aulas síncronas planejadas e agendadas como atividades de ensino.

Para fins de contextualização, destacamos que o primeiro módulo (10/2020 - 03/2021) foi destinado a conhecer a realidade do ERE, a elencar estratégias para se aproximar dos estudantes (como, a criação de uma página em uma rede social) mesmo que de maneira limitada devido ao contexto, estudar sobre estratégias de ensino possíveis e adequadas ao contexto ERE (por exemplo, oficinas temáticas (SEE-SP, 2007)) e, planejar-realizar-refletir sobre uma oficina temática conduzida de forma síncrona pelos PFI com os estudantes da escola.

A partir das experiências e discussões no módulo I, somada às trocas estabelecidas com os preceptores, a orientadora e demais colegas, os PFI conheceram as especificidades do contexto de aprendizagem remoto (por exemplo, como organizar uma aula síncrona com os estudantes) e a estratégia de ensino experimental. A estratégia de experimentação se justifica por esta ser uma prática presente em muitos processos de produção de conhecimento químico (Silva et al., 2019), por ter suas contribuições reconhecidas na área de Educação (Giordan, 1999) e por motivar os estudantes (Galiazzi & Gonçalves, 2006).

Os dados discutidos neste artigo são provenientes do módulo II do PRP-Química (04/2021 – 09/2021), no qual os PFI vivenciaram discussões sobre o ensino de ciências envolvendo argumentação, em especial (i) aspectos conceituais sobre argumento, produto, e argumentação, processo; e, (ii) aspectos pedagógicos relacionados a como ensinar ciências envolvendo argumentação. O foco na argumentação se justifica pelas intensas discussões na literatura sobre a inclusão de práticas científicas no ensino de ciências (Driver et al., 2000; Duschl, 2008) e a necessidade de os professores apresentarem conhecimentos básicos para planejar e conduzir situações argumentativas no contexto escolar (Berland & Hammer, 2012; Ibraim & Justi, 2016; McNeill & Knight, 2013). Somado a isso, os PFI foram encorajados a promover o ambiente argumentativo nas aulas síncronas a partir da experimentação, visto que essa é uma estratégia potencial para favorecer a prática de argumentação (Mendonça & Ibraim, 2019).

Especificamente, em duplas ou trios, os PFI foram convidados a elaborar uma sequência didática, utilizando como abordagem de ensino a argumentação para o ensino de um tópico de conteúdo químico, e tendo a experimentação como estratégia de ensino. O uso da argumentação como abordagem de ensino foi orientado considerando que em sala de aulas reais, os professores têm como objeto de ensino, recorrentemente, os tópicos específicos de conteúdos disciplinares, assim há pouco espaço para o ensino explícito de argumentação, (isto é, como um tópico de conteúdo) (Ibraim & Justi, 2022). Ainda, consideramos que por ser uma prática epistêmica da ciência a argumentação deve ser promovida de forma a possibilitar um ensino de ciências balanceado em termos de seus domínios conceitual, epistêmico e social (Duschl, 2008)

Diante das limitações na aprendizagem conceitual resultantes do ERE, os preceptores recomendaram que fossem elaboradas sequências envolvendo qualquer tópico de conteúdo, isto porque os PFI poderiam formulá-las para o ensino do tópico ou para a revisão dele. Assim, em um primeiro momento, os PFI selecionaram um experimento que consideraram adequado para o ensino de um determinado tópico de conteúdo no contexto de ERE. Esse experimento, além de estar relacionado ao tópico de conteúdo, deveria ser planejado para ser demonstrado aos alunos durante a aula síncrona, seja por meio de vídeo ou pela execução ao vivo.

Inicialmente, foi realizada uma reunião com os PFI explicitando possíveis limitações e adequações dos planejamentos considerando o contexto ERE, a experimentação e a promoção da argumentação. Baseando nessas discussões, os PFI iniciaram o planejamento da sequência de ensino. A partir das reuniões de planejamento em duplas/trio, foram elaboradas versões preliminares dos planos de aula, as quais foram apreciadas pela orientadora, preceptores e outros PFI, visando contribuir para reflexões sobre as decisões tomadas para a execução das aulas, possíveis resultados dos estudantes e inseguranças relacionadas à futura prática de ensino. Por fim, os PFI construíram a versão final dos planos de aula, que foi utilizada por eles como um orientador para a ação docente.

Após o planejamento, os PFI conduziram com estudantes da Educação Básica, de forma síncrona, as sequências didáticas planejadas. Durante o período de condução das aulas, todos os 19 PFI participantes do PRP foram convidados a responderem questionários pré (Apêndice 1) e pós aula (Apêndice 2), via mensagem de áudio em um aplicativo de mensagem instantânea. A intenção dos questionários pré aula era fomentar a reflexão dos PFI, sondando suas expectativas, receios e anseios em relação às suas respectivas aulas que seriam ministradas no dia. Em contrapartida, os questionários pós-aula visavam os processos reflexivos, a partir da seleção de episódios relacionados aos resultados dos estudantes ou a sua condução durante a aula síncrona, e sondar possíveis alterações no planejamento para a aula seguinte, assim como reflexões sobre a argumentação.

Por fim, buscando mais uma vez envolver os PFI em reflexões sobre sua prática, foi realizada uma entrevista semi-estruturada (Apêndice 3) que tinha por objetivo investigar as percepções dos sujeitos sobre o ciclo pedagógico envolvendo argumentação, e todo o processo de aprendizagem relacionado à argumentação vivenciado por ele no módulo II do PRP-Química.

Participante

A partir dos 19 PFI que participaram do PRP, selecionamos a PFI Laís³, porque ao analisarmos as aulas ministradas pelos PFI, percebemos que houve uma maior participação dos estudantes nas aulas síncronas conduzidos por ela e sua dupla em comparação com as demais duplas/trios, e isso poderia implicar em maiores movimentos argumentativos na aula. Ressaltamos que a frequência dos estudantes não foi constante nas aulas conduzidas pela maioria das duplas e dos trios, o que prejudicou o processo ensino-aprendizagem e, em especial, os processos argumentativos. Entre Laís e sua dupla, a primeira foi selecionada em virtude das respostas apresentadas nos questionários (Apêndice 1 e 2) e na entrevista (Apêndice 3), porque ela elaborou e expressou suas reflexões relativas ao ciclo pedagógico e às contribuições do processo para a sua formação. Assim, os dados produzidos por Laís poderiam possibilitar análises mais detalhadas sobre a articulação entre as dimensões do pPCK e ePCK.

Coleta de Dados

De forma geral, os dados discutidos neste trabalho envolvem: (i) às gravações de áudio e vídeo de sete reuniões *online* de planejamento da dupla de Laís; (ii) o arquivo texto do planejamento da sequência didática para o 2º ano do Ensino Médio; (iii) às gravações em áudio e vídeo de quatro aulas ministradas pela dupla; (iv) às gravações de áudio das respostas dos questionários pré-aula e de pós-aula respondidos por Laís; e, (v) à gravação em áudio e vídeo da entrevista realizada ao final do módulo II do PRP. Todos os dados provenientes de registro em áudio e vídeo foram transcritos pela primeira e segunda autora, e a transcrição foi conferida pela terceira autora.

Especificamente, nas reuniões de planejamento que tiveram em média 2h de duração, Laís e sua dupla discutiram sobre: a seleção do melhor experimento frente ao ERE; o objetivo de ensino do tópico conceitual, solubilidade e polaridade; como fomentar o ensino envolvendo argumentação; as concepções dos estudantes sobre o tópico conceitual; como viabilizar a atividade experimental e as aulas de forma remota; e, a construção dos *slides* para as aulas. Especificamente, as PFI decidiram abordar o tópico de densidade e solubilidade a partir de duas atividades experimentais e planejaram ministrar três aulas de 100 minutos cada.

Reconhecemos que o planejamento elaborado poderia ser revisitado pelas PFI entre as conduções das aulas, em decorrência dos resultados dos alunos e do próprio andamento da aula. Ainda, essas alterações poderiam ser fomentadas a partir dos movimentos de reflexões proporcionados pelos questionários pré e pós-aula. Assim, o planejamento foi assumido pelas PFI como um guia da ação docente e não como um roteiro a ser cumprido. Diante disso, destacamos que, durante a aplicação, as PFI não conseguiram concluir a discussão proposta, porque as discussões previstas para a primeira aula se alongaram, sendo concluída apenas na segunda aula. Com isso, como um efeito cascata, foi necessário realizar mais uma aula, de forma que a sequência didática passou a ter quatro aulas de 100 minutos cada. Dessa forma, considerando os objetivos apresentados no planejamento confeccionado pelas PFI e o ocorrido durante as aulas, apresentamos no Quadro 1 um panorama da sequência didática, contemplando a aula extra, quarta aula.

Quadro 1: Panorama da sequência didática produzida por Laís

Aula	Data	Objetivos
1	30/08/21	- Investigar a formação de uma coluna de líquidos em um recipiente a partir da adição de água, glicerina e óleo, e levantar hipóteses sobre o comportamento do sistema frente a variação na ordem de adição dos materiais. Este experimento foi realizado ao vivo e os estudantes apresentaram as ordens que gostariam que cada um dos materiais fosse adicionado, sendo construído com eles ‘diferentes’ sistemas. - Discutir os conceitos de densidade, massa e peso. - Investigar o sistema ‘café e leite’, que consistia em um recipiente com café e leite, em que esses componentes se encontravam separados após serem adicionados lentamente ao recipiente. - A partir de modelos construídos pelos estudantes, apresentar o conceito de tensão superficial, e engajar os estudantes em reflexões sobre como romper a tensão superficial de um sistema.
2	1/9/21	- Dividir os estudantes em grupo para que eles avaliassem as hipóteses levantadas individualmente e sobre o que aconteceria com o sistema se este fosse agitado. - Realizar a agitação do sistema e questionar os estudantes sobre o resultado do experimento. - Expor o conceito de densidade eletrônica e polaridade. - Levantar junto aos estudantes hipóteses sobre como tornar o sistema completamente miscível.
3	3/9/21	- Dividir os estudantes em grupo para que eles discutissem sobre as suas hipóteses para tornar o sistema completamente miscível. - Possibilitar que cada grupo apresentasse para a turma a sua proposta de resolução para o problema. - Discutir e analisar qual material seria mais adequado para romper a tensão superficial do sistema.
4	8/9/21	- Retomar o conceito de solubilidade e concluir as discussões.

Fonte: Autoras (2025)

Ressaltamos que ao longo de todas as aulas planejadas pelas PFI, era previsto que as discussões em sala contribuíssem para a argumentação dos estudantes, seja por meio da análise das evidências experimentais, discussão e avaliação das hipóteses apresentadas, ou da construção de argumentos científicos.

Reafirmamos que visando contribuir para as reflexões da PFI e dar mais visibilidade ao raciocínio pedagógico envolvido no ciclo planejar-ensinar-refletir, antes de cada uma das aulas, a PFI respondeu o questionário pré e, ao fim da aula, o questionário pós, ocasionando um ciclo caracterizado por questionário pré aula, aula e questionário pós (Quadro 2). A entrevista final foi realizada somente após a realização de todas as aulas, visando sondar a reflexão sobre todo o processo vivenciado.

Quadro 2: Etapas da coleta de dados

Etapas da coleta	Métodos empregados na coleta
Planejamentos das aulas	Gravações em áudio e vídeo das reuniões, e transcrição das gravações e planejamento escritos produzido pelas PFI
Questionários pré	Resposta em áudios das questões do questionário coletadas via aplicativo de mensagem instantânea e transcrição (Q1-Q4)
Aulas	Gravações em áudio e vídeo das aulas síncronas, seguida de transcrição.
Questionários pós	Resposta em áudios das questões do questionário coletadas via aplicativo de mensagem instantânea e transcrição (Q5-Q11).
Entrevista final	Gravações de vídeo e áudio e transcrição (E1-E19).

Fonte: Autoras (2025)

Análise de Dados

Para a análise dos dados realizamos uma análise de conteúdo qualitativa (ACQ), que é um método de análise sistemática, flexível e de redução de dados (Schreier, 2014). A partir da ACQ, analisamos todo o material coletado (transcrições das reuniões de planejamento, das aulas ministradas pela PFI, das respostas aos questionários, e da entrevista; e, planejamento da sequência didática) e definimos como ele se encaixava no nosso quadro de codificação, o qual estava pautado nas definições apresentadas no RCM para pPCK, ePCK e filtros e amplificadores.

Ademais, por ser um método flexível, a ACQ nos possibilitou realizar adaptações na estrutura de codificação, visando descrever as especificidades do nosso material. Dessa forma, adotamos a codificação de filtros e amplificadores no contexto de ensino envolvendo argumentação, e trabalhamos com a subcodificação de crenças e atitudes sobre os estudantes, sobre o papel do professor no ensino envolvendo argumentação e sobre a natureza da prática argumentativa.

Por fim, a ACQ contribui para a redução dos dados, concentrando a análise em aspectos selecionados, o que implicou na análise de aspectos relevantes para responder a nossa questão de pesquisa. Assim, apesar de reconhecer a possibilidade de ação de outros filtros e amplificadores sobre a prática da PFI, analisamos apenas aqueles relacionados à argumentação, uma vez que estamos interessadas na articulação entre o pPCK e ePCK no contexto de ensino envolvendo argumentação. A ACQ assume um nível mais alto de abstração no processo de codificação quando comparado a outros métodos de análise de conteúdo (Schreier, 2014), o que é coerente com a nossa intenção de valorizar o processo de articulação do PCK da PFI em sua primeira vivência do ciclo pedagógico, e com a adoção do RCM como lente analítica.

Diante disso, inicialmente, todas as autoras realizaram a leitura dos dados a fim de se familiarizarem com o material. Em um segundo momento, considerando as dimensões de pPCK, ePCK e de filtros e amplificadores discutimos o conjunto de dados que possibilitaria investigar a articulação do pPCK e ePCK no contexto de ensino envolvendo argumentação. Para subsidiar esta discussão, individualmente, cada uma das autoras buscou identificar nos dados o pPCK, ePCK e os filtros e amplificadores relacionados à argumentação que foram mobilizados pela PFI. Os dados identificados nesta etapa foram discutidos e rediscutidos até que um consenso fosse estabelecido sobre os indícios de pPCK, crenças, atitudes e expectativas manifestadas e/ou articuladas por Laís nos momentos de planejamento, durante as aulas síncronas, e que estivessem relacionadas às suas reflexões. Neste momento, visando a redução dos dados, foi definido que seriam analisadas as 4 primeiras reuniões de planejamento, visto que na 5ª, 6ª e 7ª as PFI discutiram apenas elementos de dimensão prática, como a organização dos *slides*. Além disso, decidimos analisar as aulas 1 e 2, pois as aulas 3 e 4 tiveram menos interação com os estudantes, havendo maior predomínio da exposição do conteúdo pelas PFI. Consequentemente, definimos como objeto de análise os questionários pré e pós aula referentes às aulas 1 e 2. No caso da entrevista, optamos por analisar todas as questões, uma vez que as reflexões da PFI poderiam extrapolar o comando da entrevistadora.

Em geral, destacamos que o pPCK, ePCKp e os filtros e amplificadores foram identificados nos dados provenientes das quatro primeiras reuniões de planejamento, do planejamento escrito da sequência didática e dos questionários pré, visto que a partir desses dados tivemos acessos as declarações da PFI (pPCK), ao conhecimento mobilizado por ela para o planejamento da sequência didática (ePCKp) e aos amplificadores, isto é crenças ou atitudes que ampliaram as ações da PFI, ou aos filtros, o que representa crenças e atitudes que limitam as ações da PFI (Figura 1). Na Figura 1, salientamos que a partir das aulas, identificamos o conhecimento em ação mobilizado pela professora (ePCKt) e os filtros e amplificadores mobilizados durante a ação docente. Por fim, a partir do questionário pós tivemos acesso ao ePCKr, quando a PFI expressava suas reflexões sobre os momentos vivenciados na aula ou para a sua futura prática docente, e validamos os filtros ou amplificadores identificados em outros momentos, isto quando esses eram alvo de reflexão ou discussões pela PFI (Figura 1).

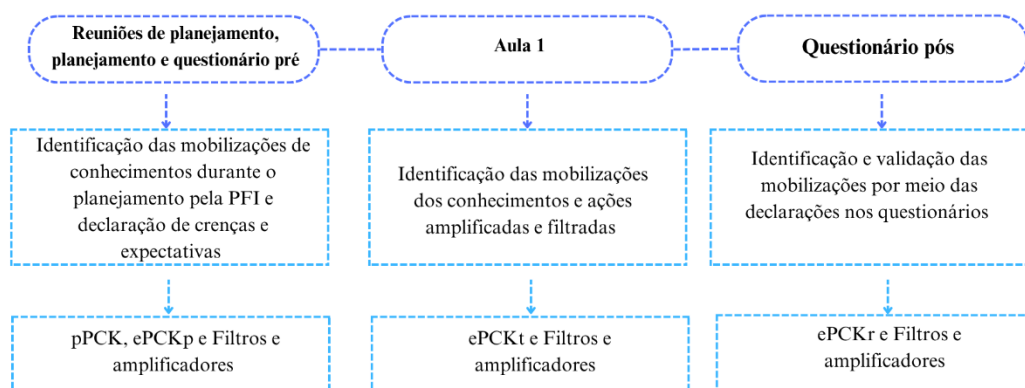


Figura 1: Exemplo do processo de análise realizado na aula 1. Fonte: Autoras (2025).

Além disso, nos questionários pós (Figura 2) também identificamos pPCK da PFI, isso ocorreu em momentos que ela demonstrava ter aprendido algo a partir da vivência anterior.

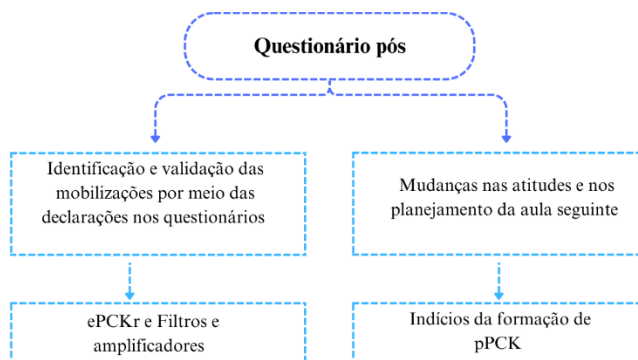


Figura 2: Exemplo da análise dos dados coletados via questionário pós-aula. Fonte: Autoras (2025).

Assim como no questionário pós, na entrevista (Figura 3) também analisamos pPCK, e filtros e amplificadores relacionados a argumentação.

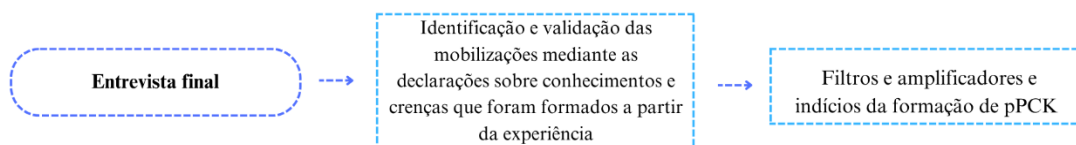


Figura 3: Exemplo da análise de dados coletados por meio de entrevista. Fonte: Autoras (2025).

Em síntese, o pPCK foi identificado em situações que a PFI declarava seus conhecimentos relacionados ao contexto de ensino, o ePCK nos momentos em que ela apresentava conhecimentos relacionados à situação de ensino, e os filtros e amplificadores quando ela mencionava dimensões sobre o ensino envolvendo argumentação que ampliaram ou limitaram suas ações docentes durante à prática. No que diz respeito a articulação pPCK-ePCK, destacamos que após a identificação de pPCK e ePCK passamos a discutir possíveis relações entre os dados. Assim, triangulando os dados das diferentes fontes identificamos situações em que o pPCK mobilizado pela PFI tinha relação direta com o seu ePCK mobilizado na aula. Em um segundo momento, buscamos compreender como os filtros e amplificadores agiram sobre esses momentos de articulação entre os domínios de PCK. Portanto, os dados discutidos neste artigo dizem respeito as articulações pPCK-ePCK, nas quais ficaram explícitas as ações dos filtros e amplificadores relacionados à argumentação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a dimensão do artigo, apresentamos exemplos de situações em que observamos a manifestação do pPCK de Laís, e na sequência como este se articulou ao ePCK da PFI, destacando as ações dos filtros e/ou amplificadores relacionados à argumentação em suas ações docentes.

Uma mobilização de pPCK foi observada quando, durante a 2ª reunião de planejamento, Laís destacou que frente ao conceito de densidade os estudantes tendem a confundir os conceitos de massa e peso, o que se trata de uma concepção alternativa (Pozo & Crespo, 2009) e que foi destacado pelos preceptores e orientadora durante o momento de discussão sobre os experimentos escolhidos pelos PFI. O fato de Laís declarar ter esse conhecimento sobre os estudantes é uma evidência de que isso passou a fazer parte de seu pPCK. Ademais, essa evidência foi reforçada quando, durante o momento de planejamento, observamos a interação pPCK-ePCKp frente a proposição de Laís que a diferença entre os conceitos fosse abordada durante a aula:

E aí, a questão da densidade? Eu acho que seria legal a gente falar, a gente fazer. Colocar nos *slides*, pelo menos sobre peso, diferença de peso e massa, porque normalmente a argumentação de densidade ela é voltada para isso. Os meninos, eles tendem a confundir. Os meninos tendem a confundir peso e massa. É claro que no dia a dia a gente usa igual. Então, a gente pode dar uma breve introdução sobre isso, só para não deixar solto. (2ª reunião de planejamento, grifo nosso)

Ao planejar como a discussão sobre a diferença entre massa e peso ocorreria na aula síncrona, Laís propôs que isso fosse feito a partir da apresentação de um contra-argumento, o qual visa diminuir a validade de um argumento (Kuhn, 1991). Neste caso, para contra-argumentar a ideias dos estudantes de que peso e massa são equivalentes, Laís sugeriu que fosse utilizado um caso em que um astronauta apresenta pesos diferentes na Lua e na Terra, e tem a mesma massa. Portanto, a partir do exemplo, era previsto que os estudantes analisassem as evidências (não há ganho de massa para o homem, as unidades utilizadas para massa e peso são diferentes, e o peso é diferente nos dois cenários) e percebessem que os conceitos são diferentes:

A gente pode deixar eles falarem um pouco, pode trazer a questão do homem na Lua, se necessário, mas nada que fique muito tempo... Não é o foco. (4ª reunião de planejamento, grifo nosso)

Diante disso, identificamos que a articulação pPCK-ePCKp foi filtrada pela crença de Laís sobre como os estudantes receberiam o exemplo apresentado por elas, no sentido de que ela não propôs uma discussão sobre o contra-argumento (evidenciado por sua fala grifada), acreditando que os estudantes seriam persuadidos sobre a não equivalência dos conceitos. Assim, a sua ação docente foi planejada considerando apenas a apresentação do contra-argumento:

Com o deságue do momento de argumentação e utilização do contra-argumento sobre homem na lua, será apresentado aos alunos a diferença entre peso e massa e como isso se relaciona com o conceito científico de densidade. (Planejamento da sequência didática)

Diante da primeira aula síncrona, percebemos que apesar de Laís ter planejado não se alongar na discussão sobre massa e peso, o contra-argumento apresentado se tornou alvo de uma grande discussão, porque os estudantes não conseguiam compreender as informações e o próprio problema, como exemplificado pela última fala de Ícaro (Quadro 3).

Quadro 3: Transcrição de trecho da aula 1 relacionado ao conceito de massa e peso.

Sujeito	Transcrição
Laís	Então, vamos pensar sobre isso. Passa mais um <i>slide</i> , por favor. Temos um exemplo de um homem na Lua, um astronauta que tem 70kg, possui pesos diferentes estando na Terra e estando na Lua. Na Terra o homem tem um peso de 700N, na Lua de 112N. E aí?
Manoela	É porque a massa dele fica menor, fica mais leve.
Ícaro	Calma aí, eu acho que eu já vi essa questão em alguma prova também, não sei de onde vocês estão tirando isso. Mas enfim, eu acho que eu já vi isso aí, eu lembro de ser alguma coisa da gravidade da Terra, não lembro se era maior ou menor, que a da Lua, lembro que era alguma coisa do fato da gravidade mudar, alterar, o peso do cara, não era o peso, mas fazer, tipo mudar a massa, tipo assim, alguma coisa do tipo.
Laís	Você acha que é por causa da gravidade, Ícaro?
...[Continuação dos questionamentos aos estudantes sobre seus posicionamentos]	
Ícaro	Eu não estou entendendo até agora. A gente tem que saber o porquê que na Terra ele pesa mais do que na Lua, correto?

Fonte: Autores (2025)

Frente a não compreensão dos estudantes, observamos que a interação ePCKp-ePCKt não se deu de forma linear, pois o planejamento proposto por Laís, de apenas apresentar o exemplo do homem na Lua como contra-argumento, foi alterado durante o ensino, fazendo com que ela adotasse uma postura de conduzir os estudantes a partir de questionamentos sobre os dados do problema, resultando na avaliação de suas conclusões a partir das evidências (Quadro 4).

Quadro 4: Transcrição da aula 1 da continuação da discussão sobre os conceitos de massa e peso.

Sujeito	Transcrição
Laís	Primeiro é a questão da densidade que a Manoela falou e segundo é a questão da gravidade que o trio falou. Vamos lá para a Manoela. A Manoela falou que esse astronauta ele pode sofrer de alguma forma, a massa dele pode alterar por causa da densidade da Lua. Aí, a Gisele havia falado com a gente que a densidade dependia da massa e do volume. Só que na questão, o astronauta tem 70kg. A gente falou que ele emagreceu?
Gisele	Não.
Laís	Não. Se ele não emagreceu, ele mudou o volume do corpo dele?
Gisele	Não. O que mudou foi o ambiente.
Laís	O que mudou foi o ambiente, certo Manoela? Então, essa coisa da densidade, se a massa do astronauta não mudou e o volume dele também não mudou, a densidade mudou, gente?
Manoela	Não, eu que viajei mesmo.

Fonte: Autores (2025)

Considerando o ocorrido, observamos a articulação entre ePCKp-ePCKt-ePCKr, uma vez que Laís alterou as suas ações em sala de aula a partir dos resultados dos estudantes. Durante a reflexão pós-aula 1, Laís afirmou que as alterações do planejamento foram provocadas pelos resultados dos alunos, o que evidencia a manifestação de ePCKr durante a própria aula:

A gente estava esperando que o exemplo do homem na Lua fosse um contra-argumento e não fosse um ponto para eles argumentarem, pensarem e refletirem, porque para a gente estava muito dado. Só que a gente viu que existiam algumas dúvidas conceituais mais profundas do que a gente esperava, então eles estavam com dificuldade no próprio conceito de massa e peso. Que a gente pensou que seria uma discussão mais rápida, que a gente não ia ficar muito na coisa da densidade, que não era nosso foco, nosso foco é polaridade e tensão superficial. E acabou que a gente demandou bastante tempo nisso. (Questão 3-questionário pós-aula 1, grifo nosso)

Além disso, identificamos que a mobilização do ePCK de Laís na aula 1, e consequentemente a articulação pPCK-ePCK, foi amplificada por sua crença sobre o papel do professor no contexto de ensino envolvendo argumentação. Segundo a PFI:

...quando você quer fazer uma atividade argumentativa e quer montar esse caminho de fato, você tem que montar um ciclo ou você tem que já trazer os elementos para botar lenha na fogueira, entendeu? Porque a fogueira ela tem que continuar queimando. E por ser uma atividade que envolve muito o aluno e que envolve muita energia, né? É o tempo todo ele falando, ele pensando e argumentando e tudo mais, envolve também muito do professor. Se a gente não tiver uma motivação e se o professor não pensar em elementos que motivem o aluno e que motivem o professor a continuar naquele ciclo, não vai ter como. (Questão 3 -Questionário pré-aula 1, grifo nosso)

Em sua fala, Laís sinalizou a intencionalidade do professor ao utilizar a abordagem argumentativa, ressaltando a necessidade de estudantes e professor verem sentido em participarem da prática argumentativa. Logo, a crença de Laís de que o professor deve estimular e envolver os estudantes no processo argumentativo até que eles atinjam o objetivo de aprendizagem contribuiu para que, frente a não compreensão dos estudantes sobre o problema do astronauta, ela amplificasse suas ações e passasse a questioná-los sobre as suas conclusões, conduzindo o processo de avaliação das evidências.

A partir da vivência do ciclo pedagógico (planejar-ensinar-refletir) relacionado a primeira aula, apontamos que Laís refletiu sobre a argumentação desenvolvida pelos estudantes:

Eles colocavam hipóteses opostas. Por exemplo, fala uma coisa, outro fala outra coisa. Mas eles não argumentavam entre si, sabe? De tentar se convencer, de tentar falar o porquê que eles estavam corretos um para o outro. E aí eu acredito que existiram situações argumentativas no geral e foram boas. Os meninos levantavam o que eles estavam pensando ou jogavam conceitos. Às vezes eles não sabiam explicar, mas eles estavam tentando pensar sobre aquilo, mas a situação argumentativa entre eles, especificamente, eu acho que não teve muita ocorrência a meu ver. (Questão 2 - Questionário pós-aula 1, grifo nosso)

A avaliação da PFI sobre como os estudantes argumentaram durante a aula é uma evidência da mobilização de seu ePCKr. Somado a isso, identificamos a articulação ePCKr-pPCK quando Laís declarou no questionário pós-aula 1 que contextos controversos são mais favoráveis ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Portanto, a partir da experiência docente (ePKC) relacionada às dificuldades dos estudantes em se envolverem em contextos argumentativos que não são naturalmente controversos, Laís afirmou (pPCK) que contextos controversos favorecem mais a argumentação, apesar de serem menos comuns nas salas de aulas, o que vai ao encontro do que é apontado na literatura (Chiaro & Leitão, 2005; Leitão, 2011). Ademais, a articulação ePCK-pPCK foi amplificada pela crença de Laís sobre o papel do professor no contexto de ensino envolvendo argumentação, visto que, para além do que foi declarado por ela no questionário pré-aula 1, ela declarou no questionário pós-aula 1 qual é o papel do professor na criação das situações argumentativas:

Eu vejo que a situação de argumentação entre os alunos é mais difícil de ser provocada. Eu penso que ela vai ser mais provocada quando eles elaborarem alguma coisa e terem que expor. Que aí expondo, eles vão ter que pensar nas ideias e nas justificativas deles e vai ter que julgar a do outro. Aí seria como uma disputa, né? Eu não sei... Eu penso que essa troca entre os alunos talvez ela surja em ocasiões onde eles sintam que há uma disputa. O que eu não consigo pensar numa forma dela acontecer de maneira fluida em sala de aula. A gente tem aluno que fala assim: “não concordo com o que tal pessoa pensou”. Eles nem falam assim, eles falam assim: “aí eu acho que é isso!”. E um outro fala: “eu acho que é isso”, mas eles não tentam argumentar entre si. Eles não tentam virar para tal pessoa e falar assim: “Aí, eu acho que é isso por causa disso”. Mas daí, o professor também pode entrar e falar: ‘Tá! Então explica para tal pessoa porque você discorda dela’. Pode ser uma coisa pra gente pensar. Talvez trazer isso para aluno, né? Pedir ele para explicar o porquê que ele não concorda com o colega partindo do que o colega disse. [pausa de pensamento] Se de alguma forma a gente conseguir jogar essas ideias num *slide* talvez ajude eles, porque aí eles vão ver o quê que eles estão falando. Então, talvez ele fale: “discordo do que o

Ícaro falou” ou “discordo do que Nina falou”. Acho que tem a questão da linguagem. (Questão 6 - Questionário pós-aula 1, grifos nossos)

Sendo assim, a vivência do ciclo de raciocínio pedagógico contribui para o pPCK de Laís, principalmente, quando ela destacou ações que podem ser realizadas pelos professores para envolver os alunos em movimentos de persuasão, como ressaltado no segundo grifo de sua fala. Nesse sentido, no questionário pré-aula 2, Laís mobilizou o pPCK ao expressar a intenção de realizar ações favoráveis à argumentação na aula 2, evidenciando uma tomada de decisão a longo prazo e a articulação entre o pPCK-ePCKp, amplificada por sua crença sobre o papel do professor:

Vou tentar colocar em prática a questão que eu citei em alguma resposta do pós da primeira aula, que é sobre os alunos, de eles conversarem mais entre si, fomentar mais essa conversa entre eles. Então, dizer ‘fulano por que você acha que a ideia de beltrano estaria errada?’, ‘por que você acha que é ideia de beltrano não é bem assim?’, ‘como você pensa?’ e tal. Então, jogar essa discussão mais para eles, e fazer com que essa discussão fique mais para eles. (Questão 3 - Questionário pré-aula 2, grifos nossos)

Identificamos evidências da interação pPCK-ePCKp-ePCKt na aula 2, a partir da mudança na forma como Laís conduziu as discussões com os estudantes. Por exemplo, ao retomar a discussão sobre a ideia de peso e massa como equivalente, a PFI propôs que os estudantes avaliassem uma nova situação, na qual duas caixas de mesmo volume estavam completamente preenchidas, sendo uma com metal e outra com algodão (Quadro 5). Neste caso, diferente do que foi planejado para o contra-argumento do astronauta na primeira aula, a PFI apresentou o exemplo como um problema a ser discutido, como mostra a sua pergunta na segunda linha do Quadro 5. Ainda, ressaltamos que a discussão deste problema não estava contemplada no planejamento da sequência didática, e foi incluída considerando os resultados dos estudantes na aula 1, evidenciando a relação pPCK-ePCKp-ePCKt.

Quadro 5: Recorte da aula 2 relacionado à discussão sobre a densidade de dois materiais diferentes.

Sujeito	Transcrição
Laís	A pergunta é qual é mais denso?
Breno	Metal, eu acho que o metal é ponto. É o metal eu acho.
Laís	Então, você acha que a massa da caixa de metal é maior que a da caixa de algodão?
Breno	É, sim.
Laís	Porque se a massa é maior e o volume está constante, a densidade é maior.
Breno	Hurum.
Laís	E aí Manu, o que você pensou sobre isso tudo? Concorda ou discorda do Breno? Briga com ele.
Manoela	Eu não sei o que pensar, eu estou ainda estou pensando.

Fonte: Autores (2025)

Na primeira linha da Tabela 5, Laís fez um questionamento aos alunos sobre a diferença de densidade dos materiais. Em seguida, em sua última intervenção, ela se dirigiu a outra aluna a fim de incentivá-la a avaliar o que seu colega havia dito e discutir com ele, o que ela endossou a partir de “briga com ele”. Diante disso, observamos que ela realizou um movimento para incentivar uma ‘disputa’ entre os estudantes, promovendo a argumentação via persuasão, expressando seu ePCKt e a repercussão do clique pedagógico ocorrido na aula 1 sobre a articulação pPCK-ePCKp.

Em resumo, a partir do ciclo de raciocínio pedagógico vivenciado por Laís entre as aulas 1 e 2, observamos que após a primeira aula, Laís refletiu sobre suas crenças sobre o papel dos estudantes e do professor no desenvolvimento da argumentação em situações regulares de ensino. Em seguida, ela sinalizou uma mudança para a aula 2, amplificando suas ações. Diante disso, entendemos que o fato de Laís tomar uma decisão imediata para a condução da próxima aula foi uma evidência da articulação do ePCK-pPCK, repercutindo em seu ePCKp e ePCKt manifestados na aula 2.

Além disso, na entrevista, notamos que as experiências docentes relacionadas à argumentação influenciaram as crenças de Laís sobre o papel da argumentação no ensino de ciências, sinalizando contribuições para o seu pPCK:

Então, eu acredito que, de certa forma, eu consigo visualizar com muito mais facilidade hoje como que essa argumentação ela é um processo natural e que vai vir a ocorrer em metodologias alternativas diversas ou até mesmo no modelo mais tradicional. Mas que ela acontece em sala de aula, então acho que tem uma grande influência nessa forma de eu enxergar o processo educativo, sabe? (Questão 9 - Entrevista)

Em síntese, a partir da vivência do ciclo pedagógico, relacionado a aula 1, identificamos a interação pPCK-ePCK e que elas foram filtradas pelas crenças da PFI sobre os estudantes e, depois amplificadas pelas crenças e atitudes da PFI sobre o papel do professor relacionadas à argumentação. Portanto, sinalizamos que houve um primeiro movimento de pPCK para ePCK (Figura 4), evidenciado nas decisões tomadas por Laís no planejamento da aula (ePCKp), durante a realização das aulas (ePCKt) e nas reflexões no questionário pós (ePCKr) (Primeira linha da Figura 4). A vivência deste processo contribuiu para modificações no pPCK de Laís, visto que a reflexão sobre a experiência de ensino fez com que ela ampliasse seu repertório docente (Segunda linha da Figura 4), evidenciado por sua declaração sobre a necessidade de contextos controversos para promover a argumentação. Por isso, na Figura 4, visando simbolizar as alterações no pPCK a partir da experiência de ensino, representamos o ciclo pedagógico junto e ao fundo do pPCK e, além disso, adotamos a grafia pPCK' para enfatizar a diferença do seu pPCK anterior, o qual tinha origem mais teórica, advindo apenas das experiências dos contextos formativos vivenciado por ela. Em outras palavras, uma vez que Laís não havia criado e conduzido situações de ensino em contexto reais, seu ePCK era espelhado na dimensão teórica de seu pPCK (Primeira linha da Figura 4). Por outro lado, a articulação ePCK-pPCK' esteve presente ao longo do ciclo (questionário pós aula 1, questionário pré aula 2, aula 2, questionário pós aula 2) e foi influenciada pelas vivências de Laís na aula 1 e amplificada por crenças relativas à argumentação. Assim, passamos a observar outra interação pPCK'-ePCKp'-ePCKt'-ePCKr' (Segunda linha da Figura 4). Assim, a partir dos ciclos pedagógicos vivenciados por Laís destacamos que o pPCK de um PFI tende a ser beneficiado pelas experiências docentes, uma vez que ele pode ampliar/modificar seus conhecimentos teóricos frente à reflexão de seus limites e alcances nos contextos de aprendizagem (Coetzee et al., 2022).

Ademais, na Figura 4 as setas duplas representam os mecanismos de articulação entre os domínios de PCK, os quais são mobilizados a partir de ações de filtros e/ou amplificadores (Behling et al., 2022a), por isso são representados entre os domínios de pPCK e ePCK mobilizados e articulados em um mesmo ciclo de raciocínio pedagógico, como na aula 1. Considerando que as experiências práticas podem modificar o pPCK do professor, representamos a articulação ePCK-pPCK' apenas por uma seta unidirecional, de forma que o pPCK' irá repercutir, a partir na reflexão para e sobre ação, apenas sobre o ePCK'. Portanto, observamos a importância das ações dos filtros e amplificadores sobre a articulação pPCK-ePCK, inclusive a partir da complexificação da crença de Laís sobre o papel do professor no contexto de ensino envolvendo argumentação, porque inicialmente a PFI atribuiu ao professor a ação genérica de estimular a fala dos estudantes, “botar lenha na fogueira”, mas depois da vivência com os estudantes ela reelaborou a sua crença e atitudes sinalizando de que forma o professor deveria conduzir a discussão para a envolver os estudantes na argumentação.

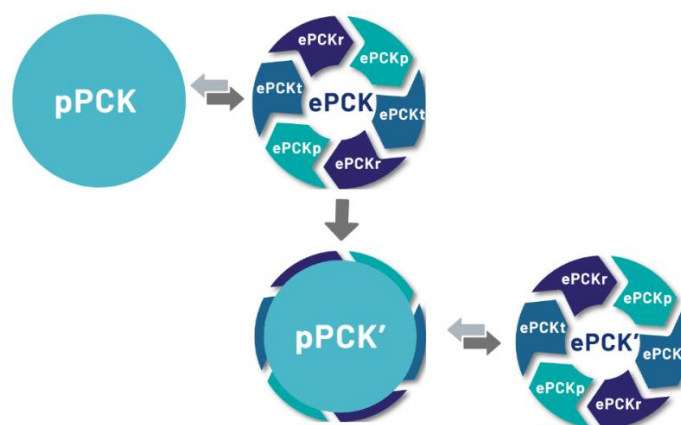


Figura 4: Interação entre pPCK e ePCK, resultando na constituição de pPCK'.

Fonte: Autoras (2025).

Apesar dos nossos achados, reconhecemos que nem todas experiências práticas podem resultar diretamente na modificações de pPCK, pois fatores internos e externos influenciam a interação entre esses domínios (Alonzo et al., 2019; Henze & Barendsen, 2019), assim como a complexidade das reflexões realizadas pelos professores frente às situações de ensino.

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A partir do conjunto de dados composto por reuniões de planejamento, planejamento, questionários pré e pós aula, gravações das aulas síncronos e entrevista, investigamos a articulação dos domínios de conhecimento pPCK e ePCK, bem como as ações de filtros e amplificadores relacionados à argumentação, de uma professora em formação inicial em sua primeira experiência docente em um contexto de ensino de química envolvendo argumentação. Em síntese, apresentamos evidências em relação as especificidades do pPCK e ePCK de professores em formação inicial, algo ainda pouco explorado na literatura (Coetzee et al., 2022; Forsler et al., 2024a; Kulgemeyer et al., 2020). A partir da ação de filtros e amplificadores, sinalizamos os mecanismos empregados pela PFI na articulação de seu pPCK e ePCK, a dependência do pPCK com o contexto formativo e a importância dos contextos reais sob a articulação pPCK-ePCK.

Nossos resultados reiteram que, no contexto de formação inicial, o pPCK é fortemente influenciada pelo repertório construído pela PFI durante sua formação e pelo conhecimento compartilhado com os formadores, o que constituiria o cPCK. Nesse sentido, o pPCK tem um caráter teórico-prático, uma vez que a sua constituição se dá principalmente por meio das experiências discente. Em contrapartida, ao vivenciar a prática docente, a PFI teve oportunidade de mobilizar seu ePCK e de refletir sobre as experiências vivenciadas e sobre os resultados dos estudantes frente ao ensino promovido por ela, o que passou a integrar seu pPCK, ampliando ou modificando seu repertório de conhecimento. Somado a isso, a articulação ePCK-pPCK contribuiu para uma nova ação docente, mobilização de ePCK, a qual foi amplificada pelas experiências anteriores.

Destacamos que a interação entre os domínios pPCK e ePCK foram favorecidas pelos movimentos de reflexão, sinalizados na mobilização de ePCKr, visto que o que foi explicitamente alvo de reflexão da PFI implicou em modificações ou alterações de sua ação docente na aula seguinte. Nesse sentido, a longo prazo, as reflexões sobre as experiências de ensino podem contribuir para construção de crenças e atitudes de PFI, as quais poderão agir como filtros e ampliações em situações futuras de ensino. Logo, concordamos com Coetzee e colaboradores (2022) sobre a importância de PFI vivenciarem experiências práticas para a formação de seu ePCK e pPCK e enfatizamos a necessidade deste processo ser intensamente reflexivo, porque a partir disso podemos ter a oportunidade de investigar como alguns filtros e amplificadores são formados por parte do docente, o que nos permite ir além da identificação de como eles agem na articulação entre os domínios (Henze & Barendsen, 2019; Sen & Demirdögen, 2023)

Tal como proposto na literatura, destacamos que há uma estreita relação entre o ePCK e pPCK, havendo transformações e trocas entre eles, de forma que aspectos do domínio mais amplo, pPCK, são acessados e

mobilizados pelo professor durante o ciclo pedagógico, ePCK. A aproximação entre o pPCK e ePCK tem contribuído para que o ePCK seja concebido com um subconjunto do pPCK, e a sua mobilização um caminho para os pesquisadores investigarem o pPCK do professor (Park & Suh, 2019). Por outro lado, as experiências de ensino do professor, as quais envolve o ePCK, iluminadas pelo raciocínio pedagógico e pelos resultados dos estudantes, contribuem para a ampliação do repertório de conhecimento do professor, potencializando o seu pPCK. Nesse caso e diante dos nossos resultados que sinalizam que a PFI modificou o seu pPCK, a partir da ação do amplificador relacionado ao como envolver os estudantes em processos argumentativos em sala de aula, sinalizamos como implicação desse estudo que, principalmente, para professores em formação inicial que estão desenvolvendo o pPCK, é inadequado tomar o ePCK apenas como um subconjunto do pPCK, isso porque os conhecimentos gerados nas situações de ensino e frente aos resultados dos estudantes podem ser novos, e inacessíveis em contextos formativos que não contemplam situações de ensino com estudantes reais.

Diante do exposto, nosso estudo corrobora a literatura evidenciando que o espaço da sala de aula é um poderoso percursor de desenvolvimento de conhecimentos ímpares, tornando o ePCK um conhecimento específico e não apenas um recorte ou espelhamento de pPCK (Coetzee et al., 2022; Forsler et al., 2024a). Essa consideração ecoa sobre discussões na literatura que advogam em prol da construção de um espaço comum de formação de professores (Nóvoa, 2009, 2017), entendendo a formação como uma formação profissional, a qual deve ter características mais fortes do campo de atuação. Nesse sentido, entendemos que o fortalecimento da formação de professores perpassa o desenvolvimento de seu ePCK em contexto reais de ensino, e o desenvolvimento de seu pPCK à luz do contato real com o contexto de aprendizagem, seu futuro campo de trabalho. Portanto, esse estudo tem como implicação a busca por espaços comuns de formação de professores para além de programas institucionais, tal como o PRP, para que possa ser acessível a todos professores em formação inicial.

Apesar de provê indício positivo em termos da influência do ePCK para a constituição de pPCK, o que foi observado, por exemplo no estudo de Forsler e colaboradores para professores experientes (Forsler et al., 2024a), reconhecemos que o fato de investigarmos apenas a experiência de ensino relacionada a uma sequência de ensino, não possibilitou a construção de evidências mais robustas sobre a formação do pPCK e a interação do novo pPCK com o ePCK. Logo, reforçamos a necessidade de novos estudos em contexto de formação inicial envolverem diferentes ciclos de raciocínio pedagógico. Portanto, destacamos a importância de serem realizados estudos longitudinais que possam avaliar detalhadamente as relações entre as experiências docentes, manifestação de ePCK, constituição de pPCK, assim como as ações dos filtros e amplificadores nesse processo.

Ao investigar a articulação dos conhecimentos docentes um contexto de ensino envolvendo argumentação a partir do RCM, esse estudo lança luz sobre as relações entre a argumentação e o PCK. Em geral, o fato de o contexto de aprendizagem ser um contexto que envolve a argumentação fez com que a PFI filtrasse ou amplificasse as suas ações em prol da argumentação no processo de ensino-aprendizagem, evidenciando que suas crenças e atitudes relacionadas à argumentação impactam sobre o seu pPCK e ePCK. Logo, frente ao estudo, levantamos indícios de que o conhecimento do professor sobre argumentação irá agir sobre os filtros e amplificadores mobilizados por ele quando este articula seu pPCK e ePCK em contexto de ensino de tópico científico curricular, podendo impactar a mobilização dos conhecimentos docentes sobre estratégias, sobre avaliação, sobre os estudantes e sobre currículo. Porém, como não investigamos as ações dos filtros e amplificadores frente a um referencial que abordar os elementos de conhecimentos atrelados ao PCK (tal como, Magnusson et al (1999), Park e Oliver (2008) e Mavhunga e Rollnick (2013), assim como realizado por Sen e Demirdogen (2023), esse trabalho tem como limitação a impossibilidade de estabelecer o efeito dos filtros e amplificadores relacionados à argumentação sobre cada um dos elementos de conhecimentos imbricados no PCK do professor. Dessa forma, sinalizamos como uma implicação para a pesquisa a realização de estudos que se debrucem sobre essa problemática.

Ainda no que tange as ações dos filtros e amplificadores relacionados à argumentação, para além das razões apresentadas por Ibraim e Justi (2021) para a não existência de PCK de práticas científica, destacamos que frente às discussões sobre o papel das práticas na construção do conhecimento científico fica evidente que o ensino sobre práticas científicas nos contextos de sala de aula não pode ser um ensino desvinculado do próprio conhecimento científico (Duschl, 2008), um ensino conceitual sobre a prática, o que invalida a possibilidade de se mapear PCK de prática científica em contexto de sala de aula, e reforça a ideia de que os conhecimentos docentes sobre as práticas mobilizam filtros e amplificadores que agem sobre o pPCK e ePCK de professores, evidenciando a validade do RCM como lente teórica para investigações nesses contextos. Por outro lado,

reconhecemos que a título de formação de professores, ainda se faz necessário o ensino de e sobre as práticas científicas, visto que um professor não pode ensinar algo que ele desconheça (Shulman, 1987). Entretanto, como destacado, é preciso que esse ensino avance em direção ao desenvolvimento do ePCK à luz de contextos de ensino reais e autênticos.

Por fim, no que diz respeito ao desenho metodológico da pesquisa, apontamos o uso de questionários pré-aula e pós-aula como fontes promotoras de reflexões pelos professores, incidindo sobre a articulação entre os domínios de PCK. Nesse sentido, o uso de questionários que apresentam questões que guie ou estimule a reflexão do professor antes e pós aula podem ser fontes poderosas para captura o pPCK, ePCKp e ePCKr. Reconhecemos que na literatura pesquisadores têm sinalizado o uso da ferramenta de Representação de Conteúdo para fomentar reflexões de professores em contexto que se busca investigar o PCK sobre um tópico específico de conteúdo (Por exemplo, Buldu & Buldu, 2021; Forsler et al., 2024a, 2024b). Apesar de concordar com os apontamentos da literatura, ressaltamos que o uso de questionários mais aberto possa ser benéfico para capturar filtros e amplificadores mobilizados pelo professor quando este articula o pPCK e o ePCK, por serem mais simples, não exigindo um domínio do professor sobre a ferramenta, e poderem ser respondidos de forma mais rápida pelo professor, capturando suas intencionalidades, reflexões associadas ao conhecimento e objetivos de ensino-aprendizagem.

NOTAS

1. A sigla em inglês será utilizada em função de sua ampla divulgação na literatura mundial. Isso será feito para todas as siglas que remetem ao modelo de PCK e aos domínios de PCK.
2. Ao longo do ensino remoto emergencial, as atividades de ensino foram mantidas via teleaulas disponibilizadas em canal de televisão, aplicativo de celular no qual eram disponibilizados os *slides* das aulas, materiais de ensino – Planos de Estudo Tutorados, e pela plataforma Google Sala de Aula, na qual os alunos podiam entrar em contato com o professor da disciplina. Essas estratégias tinham um baixo potencial de interatividade entre professor e alunos. E, ainda mais agravante para o processo de ensino, o uso delas pelos estudantes foi extremamente comprometido pela falta de acesso à *internet* e pelas fragilidades dos contextos familiares e sociais. Em 2021, esse cenário não sofreu grandes alterações, exceto pelas tentativas ao final do ano de retomar o ensino presencial. Entretanto, o processo de retomada não teve grande adesão dos estudantes. Logo, todos os dados tratados nesse artigo referem-se ao ERE.
3. Preservando os princípios éticos da pesquisa em Humanidades e as garantias apresentadas nos termos de consentimento/assentimento livre e esclarecido, utilizamos nomes fictícios ao longo do artigo para preservar a identidade dos participantes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e a FAPEMIG pelos auxílios concedidos para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Alonzo, A. C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 271-286). Springer.
- Behling, F., Förtsch, C., & Neuhaus, B. J. (2022a). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Detecting Filters between the Realms of PCK. *Education Science*, 12, 1-21.
- Behling, F., Förtsch, C., & Neuhaus, B. J. (2022b). Using the Plan–Teach–Reflect Cycle of the Refined Consensus Model of PCK to Improve Pre-Service Biology Teachers' Personal PCK as Well as Their Motivational Orientations. *Education Science*, 12(10), 1-17. <https://doi.org/10.3390/educsci12100654>
- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for Scientific Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94. <https://doi.org/10.1002/tea.20446>

- Berry, A., Friedrichsen, P., & Loughran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Routledge.
- Berry, A., Loughran, J., & van Driel, J. (2008). Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(1), 1271-1279. <https://doi.org/10.1080/09500690801998885>
- Boz, Y., & Can, H. B. (2020). Do Pre-service Chemistry Teachers' Collective Pedagogical Content Knowledge Regarding Solubility Concepts Enhance any teachers' collective PCK regarding solubility concepts enhance after participating in a microteaching lesson-study? *Science Education International*, 31(1), 29-40. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i1.4>
- Buldu, E., & Buldu, M. (2021). Investigating Pre-Service Early Childhood Teachers' cPCK and pPCK on the Knowledge Used in Scientific Process Through CoRe. *Sage Open*, 11(2), 1-16. <https://doi.org/10.1177/21582440211025564>
- Buma, A., & Nyamupangedengu, E. (2023). Investigating the Quality of Enacted Pedagogical Content Knowledge by Mapping Out Component Interactions: A Case Study of a Teacher Educator Teaching Basic Genetics. *Journal of Science Teacher Education*, 34(8), 820-840. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2158267>
- Buma, A., & Sibanda, D. (2022). In-Service and Pre-Service Science Teachers' Enacted Pedagogical Content Knowledge about the Particulate Nature of Matter. *Education Science*, 12(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/educsci12090576>
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer.
- Carpendale, J., & Hume, A. (2019). Investigating Practising Science Teachers' pPCK and ePCK Development as a Result of Collaborative CoRe Design. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (Vol. 223-250). Springer.
- Chiaro, S. D., & Leitão, S. (2005). O Papel do Professor na Construção Discursiva da Argumentação em Sala de Aula. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 18(3), 350-357. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722005000300009>
- Coetzee, C., Rollnick, M., & Gaigher, E. (2022). Teaching Electromagnetism for the First Time: a Case Study of Pre-service Science Teachers' Enacted Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*, 52, 357-378. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09948-4>
- Cooper, R., Fitzgerald, A., & Carpendale, J. (2022). A Reading Group for Science Educators: an Approach for Developing Personal and Collective Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(1), 117-139. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10260-y>
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry & Research Design*. SAGE.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Forsler, A., Nilsson, P., & Walan, S. (2024a). Capturing and Developing Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Sustainable Development Using Content Representation and Video-Based Reflection. *Research in Science Education*, 54. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10149-y>

- Forsler, A., Nilsson, P., & Walan, S. (2024b). Collective pedagogical content knowledge for teaching sustainable development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22, 1197-1214. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10421-7>
- Galiazzi, M. C., & Gonçalves, F. P. (2006). Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(219-238). https://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n2/v11_n2_a4.htm
- Gess-Newsome, J. (2015). Model of teacher professional knowledge. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). Routledge.
- Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de ciências *Química Nova na Escola*(10), 43-49. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>
- Henze, I., & Barendsen, E. (2019). Unravelling Student Science Teachers' pPCK Development and the Influence of Personal Factors Using Authentic Data Sources. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (Vol. 201-221). Springer.
- Henze, I., van Driel, J., & Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342. <https://doi.org/10.1080/09500690802187017>
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (2019). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer.
- Ibraim, S. S., & Justi, R. (2016). Teachers' knowledge in argumentation: contributions from explicit teaching in an initial teacher preparation programme. *International Journal Science Education*, 38(12), 1996-2025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1221546>
- Ibraim, S. S., & Justi, R. (2021). Discussing paths trodden by PCK: an invitation to reflection. *Research in Science Education*, 51, 699-724. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09867-z>
- Ibraim, S. S., & Justi, R. (2022). Actions that contribute to science teaching involving argumentation and their relationships with pedagogical content knowledge. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 388-414. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p388>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 3-27). Springer.
- Justi, R., & van Driel, J. (2006). The use of the Interconnected Model of Teacher Professional Growth for understanding the development of science teachers' knowledge on models and modelling. *Teaching and Teacher Education*, 22, 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.11.011>
- Kam Ho Chan, K., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 3-76). Singapore.
- Kam Ho Chan, K., Rollnick, M., & Gess-Newsome, J. (2019). A Grand Rubric for Measuring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (Vol. 251-270). Springer.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practices. In R. A. Duschl & R. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 99-117). Sense Publishes.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. Cambridge University.
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., & Vogelsang, C. (2020). Professional knowledge affects action-related skills: The

- development of preservice physics teachers' explaining skills during a field experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 57, 1554-1582. <https://doi.org/10.1002/tea.21632>
- Leitão, S. (2011). O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In S. Leitão & M. C. Damianovic (Eds.), *Argumentação na Escola: O Conhecimento em Construção*. Pontes Editores.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers pedagogical content knowledge*. Sense Publishers.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge - The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Kluwer.
- Mapulanga, T., Ameyaw, Y., Nshogoza, G., & Sinyangwe, E. (2023). Improving Secondary School Biology Teachers' Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge: Evidence from Lesson Studies. *Journal of Baltic Science Education*, 22(1), 20-36. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.20>
- Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1-2), 113-125. <https://doi.org/10.1080/10288457.2013.828406>
- Mazibe, E. N. (2024). Pedagogical Factors Affecting the Translation of Pedagogical Content Knowledge About Electrostatics into Practice. *Journal of Science Teacher Education*, 35(3), 302-319. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2262841>
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Scientific Argumentation: The Impact of Professional Development on K-12 Teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972. <https://doi.org/10.1002/scs.21081>
- Mendonça, P. C. C., & Ibraim, S. S. (2019). Argumentação no Ensino de Química. In W. L. P. Santos, O. A. Maldaner, & P. F. L. Machado (Eds.), *Ensino de Química em foco* (pp. 217-235). Unijuí.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 13(1), 187-216. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4257/2822>
- Nelson, M. M., & Davis, E. A. (2012). Preservice Elementary Teachers' Evaluations of Elementary Students' Scientific Models: An aspect of pedagogical content knowledge for scientific modeling. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1931-1959. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.594103>
- Nóvoa, A. (2009). *Professores: Imagens do futuro presente*. Educa.
- Nóvoa, A. (2017). Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. *Caderno de Pesquisa*, 47(166), 1106-1133. <https://doi.org/10.1590/198053144843>
- Osborne, J., & Dillon, J. (2010). How science works: what is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understanding? In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good Practice in Science Teaching: what research has to say* (pp. 20-46). Openup.
- Park, S. (2019). Reconciliation Between the Refined Consensus Model of PCK and Extant PCK Models for Advancing PCK Research in Science. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 117-128). Springer.
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Park, S., & Suh, J. K. (2019). The PCK Map Approach to Capturing the Complexity of Enacted PCK (ePCK) and Pedagogical Reasoning in Science Teaching. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (Vol. Springer, pp. 185-200). Singapore.

- Pozo, J. I., & Crespo, M. A. G. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (6 ed.). Morata.
- Schreier, M. (2014). *Qualitative Content Analysis in Practice*. SAGE Publications.
- SEE-SP. (2007). *Oficinas temáticas no ensino público: formação continuada de professores*. CENP-SEE-SP.
- Sen, M., & Demirdögen, B. (2023). Seeking Traces of Filters and Amplifiers as Pre-service Teachers Perform their Pedagogical Content Knowledge. *Science Education International*, 34(1). <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i1.8>
- Sengul, O., Enderle, P. J., & Schwartz, R. S. (2020). Science teachers' use of argumentation instructional model: linking PCK of argumentation, epistemological beliefs, and practice. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1068-1086. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1748250>
- She, J., & Kam Ho Chan, K. (2022). Situated and dynamic versus declarative and static forms of pedagogical content knowledge: An evaluation of the differences in test reactions and performance. *Journal of Research Science Teaching* 60(2), 568-607. <https://doi.org/10.1002/tea.21810>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 1-21.
- Shulman, L. S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 3-13). Routledge.
- Silva, R. R., Machado, P. F. L., & Tunes, E. (2019). Experimentar sem medo de errar. In O. A. Maldaner & P. F. L. Machado (Eds.), *Ensino de química em foco* (pp. 195-216). Ed. Unijuí.
- Tardif, M. (2000). Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. *Revista Brasileira de Educação*(13), 05-24. <http://educa.fcc.org.br/pdf/rbedu/n13/n13a02.pdf>
- Tardif, M. (2014). *Saberes docentes e formação profissional*. Editora Vozes.
- Vollebregt, B. R., Gaigher, E., & Coetzee, C. (2021). Development of Science Teachers' PCK About Waves Through Training in the Use of the Ripple Tank Apparatus. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 25(12-26). <https://doi.org/10.1080/18117295.2021.1892331>
- Wang, J., & Buck, G. A. (2016). Understanding a High School Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Argumentation. *Journal of Science Teacher Education* 27(5), 577-604. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9476-1>

APÊNDICES

Apêndice 1

Orientação:

- É necessário que você responda este questionário antes da aplicação da aula em forma de áudio.
- As respostas são individuais e podem ser bem sinceras e espontâneas.
- Sugerimos que gravem os áudios como se estivessem respondendo a uma entrevista (pausas para pensamento, reformulação da ideia etc., são muito bem-vindas).
- Solicitamos que responda uma questão por áudio.

Obrigada pelas respostas.

QUESTIONÁRIO PRÉ-AULA

Imaginando o desenvolvimento do encontro junto aos alunos, por favor, reflita sobre as seguintes questões:

1. Quais são as suas expectativas para essa primeira aula presencial/remoto (Por favor, sinalize em relação ao que, ou sobre quais aspectos, suas expectativas estão relacionadas e explique)?
2. Quais são seus receios, suas dúvidas, suas inseguranças ou angústias em relação ao desenvolvimento dessa aula presencial/remoto?
3. Pensando nas situações argumentativas em sala de aula, quais são as suas expectativas e receios para essa aula (Por favor, sinalize em relação ao que, ou sobre quais aspectos, suas expectativas e receios estão relacionados e explique)?
4. Como você imagina contribuir, ou quais suporte você pensa em oferecer, para que ocorra argumentação entre os alunos nessa aula? Por quê?

Apêndice 2

QUESTIONÁRIO PÓS-AULA

UMA VISÃO GERAL SOBRE A AULA

1. Como você avalia a sua prática durante essa aula? Por favor, explique sua resposta.
2. Você sente necessidade de alterar algo na sua prática para a próxima aula? O que? Por quê?
3. Diante das interações com os alunos e das respostas apresentadas por eles, você pretende realizar alguma alteração no planejamento para a próxima aula? Quais? Por quê?

REFLETINDO SOBRE A ARGUMENTAÇÃO

4. Durante a aula, você considera que houve momentos de argumentação? Por quê?
5. Descreva um momento dessa aula em que houve argumentação citando elementos que a caracterize.
6. Como você avalia a sua contribuição, ou suporte, para a ocorrência de situações argumentativas e da argumentação entre os alunos nessa aula? Por favor, explique sua resposta.
7. Em relação a argumentação entre os alunos, você sente necessidade de alterar algo na sua forma de conduzir as discussões para a próxima aula? Por quê?

Caso queiram incluir outras reflexões, sintam-se à vontade!

Apêndice 3

PROTOCOLO DE ENTREVISTA SOBRE O MÓDULO II

1. Sobre a sequência didática:
 - a. Como foi o processo de planejamento da sequência didática no módulo 2?
 - b. Como foi o processo de realização da sequência didática em sala de aula?
2. Em relação às sequências didáticas elaboradas e desenvolvidas no módulo 2, esse processo foi influenciado por alguma experiência anterior, seja na graduação ou outra experiência docente (PIBID e ensino)? Qual seria a influência? E de que forma ela influenciou?
3. Em especial sobre o módulo 1, ele teve algum tipo de influência sobre o que você estava planejando? Qual seria a influência? E de que forma ela influenciou?
4. Quais temas/conhecimentos/conceitos foram trabalhados na sequência? Por que você escolheu esse tema/conhecimento/conceitos?

5. Como foi o processo de ‘transposição’ (ensinar o tema/conteúdo para alunos de uma determinada série) de seus conhecimentos sobre temas/conceitos para a educação básica? O que você levou em consideração para realizar essa ‘transposição’?
6. Sobre o uso da estratégia de experimentação, como foi o processo de escolha do experimento frente ao objetivo da sequência? O que influenciou na escolha desse experimento? Quais fatores foram considerados?
7. Ainda sobre o planejamento, quais aspectos sobre os alunos você levou em consideração? Quais foram as suas maiores preocupações nesse sentido?
8. Em termos da avaliação, como você avaliou os alunos? Por que você fez dessa forma? Qual é a importância da avaliação na aula?
9. Como as discussões sobre argumentação realizadas no módulo II contribuíram para, ou influenciaram, seus conhecimentos de argumentação?
10. Em relação à sequência de ensino, como foi o processo de planejá-la envolvendo argumentação?
11. Em termos da argumentação, qual era o objetivo da sequência didática? Por quê?
12. Considerando a argumentação dos alunos:
 - a. (Se ainda não for mencionado) Qual era o objetivo pensado para os alunos? Isto é, o que eles deveriam aprender/vivenciar sobre argumentação.
 - b. E o que foi mais difícil para você? Por quê?
13. Considerando todo o processo, quais foram os maiores desafios ao utilizar/adotar a argumentação em sala de aula? Por quê?
14. Depois das experiências vividas na RP no módulo 2, quais são seus sentimentos em relação à condução da sequência de ensino envolvendo argumentação no módulo III de forma presencial? Por quê?

Roberta Rochelle Souza André

Licenciada em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do Núcleo de Estudos sobre Formação Docente e Educação em Ciências.

E-mail: robertarochelleandre@gmail.com

Juliana Vieira Ferreira Ribeiro.

Graduanda em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Analista em Crescimento no Centro de Escalonamento de Tecnologias e Modelagem de Negócios.

Email: julianavfr@hotmail.com

Stefannie de Sá Ibraim (adicionar apenas ao final do processo de avaliação)

Licenciada em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto, mestre e doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do Departamento de Química da UFMG e do Programa de Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de

Educação da UFMG. Líder do grupo de pesquisa Núcleo de Estudo sobre Formação Docente e Educação em Ciências.

Email: stefannieibraim@ufmg.br

Declaração de conflito de interesse

A autoria declara não haver conflitos de interesse envolvidos na publicação deste manuscrito.

Declaração sobre disponibilização de dados

O conjunto de dados de pesquisa não está disponível devido a questões de confidencialidade.

Editor Responsável

Glauco dos Santos Ferreira da Silva

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistaepec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.