

ARTIGO**Conhecimento Didático de Professores de Física num Estudo de Aula*****Didactic Knowledge of Physics Teacher's in Lesson Study***

Mauri Luís Tomkelski^a
mauriluis@gmail.com

Adriana Richit^b
adrianarichit@gmail.com

Mónica Baptista^c
mbaptista@ie.ulisboa.pt

RESUMO

Examinamos os contributos do estudo de aula para o desenvolvimento do conhecimento didático de professores de Física sobre o tópico curricular da Lei de Ohm. A investigação envolveu quatro professoras que ensinam Física no Ensino Médio em escolas públicas do Rio Grande do Sul, Brasil. O material empírico constitui-se das transcrições das gravações em áudio das sessões do estudo de aula, das entrevistas realizadas com as professoras, assim como dos materiais produzidos pelos alunos na aula de investigação. A análise qualitativa e interpretativa evidenciou que o desenvolvimento do conhecimento didático dos professores envolve o aprofundamento dos conhecimentos da Física para o ensino de um determinado tópico da Física, bem como das estratégias para o ensino em sala de aula. Nos conhecimentos da Física para o ensino, as evidências estão relacionadas ao conteúdo curricular e à contextualização dos conteúdos. Em relação às estratégias de ensino, destacam-se a importância da utilização de recursos didáticos, da relevância das investigações em sala de aula e da discussão coletiva no fechamento da aula.

Palavras-chave: Conhecimento Didático. Estudo de Aula. Ensino da Física. Lei de Ohm.

ABSTRACT

We examined the contributions of lesson study to the development of didactic knowledge among physics teachers about the curricular topic of Ohm's Law. The research involved four physics teachers in public high schools in Rio Grande do Sul state, Brazil. The empirical material consists of transcriptions of audio recordings of lesson study sessions, interviews carried out with teachers, as well as materials produced by students in the research lesson. A qualitative and interpretative analysis showed that the development of teachers' didactic knowledge involves deepening their knowledge of physics for teaching a specific physics topic, as well as strategies for teaching in the classroom. In relation to knowledge of physics for teaching, the evidence

^a Doutor em Educação, Universidade de Lisboa (ULisboa); Professor, Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul (SEDUC) – 15ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE), Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.

^b Doutora em Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Professora, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.

^c Doutora em Educação, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (IE-ULisboa); Professora, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (IE-ULisboa), Lisboa, Portugal.

is related to the curricular content and the contextualization of the content. In relation to teaching strategies, the importance of using teaching resources, the relevance of investigations in the classroom and collective discussion at the end of the class stand out.

Keywords: Didactic Knowledge. Lesson Study. Physics Teaching. Ohm's Law.

Introdução

O desenvolvimento profissional docente, processo que abrange dimensões intervenientes na atuação do professor na prática letiva e nas demais atividades profissionais, pressupõe, entre outras coisas, os conhecimentos profissionais, que compreendem domínios, tais como o *conhecimento curricular* e o *conhecimento didático* (Ponte, 1994). Em um trabalho pioneiro sobre os conhecimentos que orientam e sustentam o trabalho do professor, Shulman (1986; 1987) categorizou três domínios distintos: *content knowledge* (conhecimento do conteúdo), *curriculum knowledge* (conhecimento do currículo), *pedagogical content knowledge* – PCK (conhecimento pedagógico do conteúdo ou conhecimento didático). Tais conhecimentos são indissociáveis e complementares entre si, pelo que não são estáticos. Dessas categorias, Shulman destaca o PCK por seu potencial para aproximar o conhecimento do conteúdo específico e o conhecimento curricular.

A compreensão sobre estes conhecimentos e o modo como eles intervêm no desenvolvimento do professor têm apontado o desdobramento destes conhecimentos em outros subdomínios e desvelado aspectos basilares, tais como as estratégias e os recursos, conhecimento sobre os erros e as dificuldades dos alunos, entre outros (Richit, 2020). Esta categoria, que constitui o amálgama entre teoria e prática, é orientada para situações da prática letiva, relacionando-se aos diversos aspectos do conhecimento da vida escolar cotidiana com o conhecimento do contexto e sobre si mesmo enquanto professor (Ponte, 2012).

As pesquisas sobre os conhecimentos profissionais de professores na área das Ciências têm favorecido a proposição de modelos teóricos distintos, os quais fornecem subsídios para a reestruturação de modelos e abordagens de formação de professores (Schneider; Plasman, 2011), bem como por se apoiar nos assuntos específicos, que incluem o modo de ensinar ideias difíceis e abstratas que são comuns na Ciência (Kind, 2009). Uma abordagem valorizada nas comunidades de pesquisa é o *estudo de aula*, que caracteriza o processo de desenvolvimento profissional com foco na prática letiva e apoiado em dois princípios fundamentais: a colaboração e a reflexão (Ponte *et al.*, 2016; Richit; Ponte; Tomkelski, 2020). Por centrar-se na prática letiva, o estudo de aula tem potencializado investigações sobre aspectos intrínsecos ao conhecimento didático, a exemplo dos processos de ensino e aprendizagem em Física (Conceição; Baptista; Ponte, 2020; Tomkelski; Baptista; Richit, 2022; Tomkelski; Baptista, 2023; Tomkelski; Baptista; Richit, 2023; Tomkelski, 2024). O estudo de aula favorece mudanças no ensino da Física (Conceição; Baptista; Ponte, 2020; Tomkelski, 2024) e possibilita o aprofundamento do conhecimento dos professores, especialmente em relação ao PCK (Lucenário *et al.*, 2016; Tomkelski, 2024).

Pesquisas sobre estudos de aula evidenciam contributos ao desenvolvimento profissional docente (e.g., Sims; Walsh, 2009; Rincón; Fiorentini, 2017; Juhler, 2018; Richit; Tomkelski, 2020; Richit; Ponte; Tomasi, 2021). Na Física, a investigação de Conceição, Baptista e Ponte (2020) reporta o desenvolvimento do conhecimento didático sobre a velocidade do som por professores do 8º ano, ao participarem de um estudo de aula. Como resultados, apontam que os professores desenvolveram conhecimento sobre a velocidade do som a partir do diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos e do planejamento da aula de investigação, bem como sobre os fenômenos físicos do tópico e sua natureza abstrata, sobre as dificuldades dos alunos e a necessidade de ampliar os conhecimentos prévios deles.

Considerando a possibilidade de compreender os contributos do estudo de aula para o desenvolvimento do conhecimento didático de professores de Física sobre a Lei de Ohm, realizamos uma investigação que envolveu, voluntariamente, quatro professoras que lecionam Física no 3º ano do Ensino Médio. As participantes atuam em escolas públicas vinculadas à 15ª Coordenadoria Regional de Educação do Rio Grande do Sul, as quais, considerando a sua experiência no ensino da Física, definiram de imediato que pretendiam estudar um tópico relacionado à eletricidade. No refinamento deste tema, optou-se pela Lei de Ohm por entenderem que este tópico possibilita aulas baseadas em estratégias diferenciadas, das quais optou-se pelo uso das potencialidades do desenvolvimento de tarefas de investigação e da exploração das múltiplas representações (MRs) (Tomkelski; Baptista; Richit, 2022; Tomkelski; Baptista, 2023; Tomkelski; Baptista; Richit, 2023; Tomkelski, 2024).

Na Lei de Ohm, para um condutor mantido a temperatura constante e independentemente da natureza do condutor, a intensidade da corrente elétrica que flui através de um condutor elétrico é diretamente proporcional à diferença de potencial elétrico aplicada em seus terminais. Estabelece, assim, a relação entre a diferença de potencial (U) e a corrente elétrica (I), resultando na resistência elétrica (R), isto é, $R = \frac{U}{I}$. A Lei de Ohm é válida para todos os condutores elétricos.

É um tópico fundamental do currículo da Física no estudo da eletricidade, especialmente na eletrodinâmica, constituindo a compreensão dos demais elementos presentes em circuitos elétricos. Este tópico é importante no ensino, visto que muitas das atividades diárias dependem do uso de energia elétrica e de aparelhos elétricos. Encontramos vários exemplos de uso para fins de iluminação (cidades, residências etc.), como forma de aquecimento (chuveiro elétrico, fogão elétrico, aquecedores, micro-ondas etc.), bem como para o funcionamento dos diversos modelos de eletrônicos (TV, celular, computador etc.) e eletrodomésticos (geladeira, máquina de lavar roupa, cafeteira, liquidificador etc.).

Conhecimento Didático

O conhecimento profissional do professor vem mobilizando investigações, que culminaram na consolidação de modelos teóricos distintos. Um modelo, amplamente disseminado nos diversos

domínios do conhecimento, é a tríade de conhecimentos proposta por Lee Shulman (1986). Segundo o autor, a profissionalidade docente estrutura-se sobre três categorias principais: conhecimento do conteúdo (*content knowledge*), conhecimento do currículo (*curriculum knowledge*) e conhecimento pedagógico do conteúdo (*pedagogical content knowledge - PCK*), denominado conhecimento didático (Ponte, 1994).

O conhecimento didático tem se destacado como dimensão basilar da docência por caracterizar o conjunto de conhecimentos, competências e práticas específicas de cada campo disciplinar, e que dão forma à prática do professor (Van Driel; Verloop; De Vos, 1998; Shulman, 2004). Nessa perspectiva, o ensino se configura como um processo em que um conteúdo específico, complementado por recursos e estratégias, é transformado na prática do professor (Richit; Tomkelski, 2022), levando em consideração as dificuldades dos alunos, o contexto, os modos de avaliação, o currículo etc. (Fernandez, 2015).

Shulman (1986) descreve o PCK como uma “forma particular de conhecimento de conteúdo que incorpora os aspectos de conteúdo mais pertinentes à sua capacidade de ensino” (Shulman, 1986, p. 09) e, também, compreende “as formas de representar e formular o assunto que o tornam compreensível para os outros” (Shulman, 1986, p. 09). Essa categoria constitui a base de conhecimento para o ensino, porque pode contribuir na solução do “ponto cego”, resultado da relativa falta de investigação sobre os conteúdos ensinados (Shulman, 1986). O PCK envolve, também, a compreensão das dificuldades e facilidades dos alunos na aprendizagem de tópicos específicos, considerando-se as suas concepções e preconcepções, sem levar em conta as diferenças de idade e de origem (Shulman, 1986). Ou seja, se o aluno tiver formulado conceitos erroneamente, cabe ao professor utilizar o conhecimento sobre as diversas estratégias de ensino para auxiliá-lo em seu processo de aprendizagem e dispor de formas alternativas de representação e formulação (ideias, analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações), algumas derivadas de investigações e outras da sabedoria da prática.

Shulman (2004) acrescenta que embora os outros tipos de conhecimento tenham equivalentes em diferentes campos profissionais, o conhecimento didático permanece exclusivo dos professores, isto porque o conteúdo e a pedagogia são combinados na medida em que o professor organiza seu entendimento sobre um tópico, as estratégias e o conhecimento adicional para promover a aprendizagem do aluno. O conhecimento didático tem sido assumido como um conceito frutífero, porque tem potencial para promover mudanças na prática docente, constituindo-se em objetivo central na formação de professores.

Van Driel, Verloop e De Vos (1998) concebem o conhecimento didático como uma forma específica de conhecimento profissional do professor de Ciências, pois implica uma transformação do conhecimento do conteúdo para que possa ser desenvolvido no processo de comunicação entre professores e alunos em sala de aula. Assim, apresenta-se como conceito de interpretação e transformação do conhecimento dos professores com o objetivo de auxiliar a aprendizagem dos alunos, oferecendo a oportunidade de vincular a investigação sobre o ensino e as investigações

sobre aprendizagem. Os autores complementam que por referir-se a tópicos específicos, deve ser diferenciado do conhecimento da pedagogia, dos propósitos educacionais e das características do aluno num sentido geral, distinguindo-se do conhecimento do assunto em si.

Outro aspecto central do conhecimento didático, em particular na área das Ciências, refere-se ao uso de distintas representações no estudo de conceitos e fenômenos. Assumindo que “duas representações são melhores do que uma”, i.e., que o uso das múltiplas representações (MRs) é fundamental no ensino, Ainsworth (2006, p. 183) ressalta que os professores precisam desenvolver as MRs como forma de ampliar seus conhecimentos e melhorar a prática (Tomkelski, 2024).

O conhecimento didático, segundo Grossman (1990) está no centro do ensino, cercado por três categorias relacionadas: conhecimento de conteúdo, conhecimento pedagógico geral e conhecimento do contexto. Por fim, aponta quatro fontes potenciais, a partir das quais pode ser desenvolvido: (a) observação das aulas, tanto na visão do aluno como do professor; (b) educação disciplinar, que pode levar a preferências pessoais para propósitos educacionais ou tópicos específicos; (c) oficinas ou cursos específicos de formação docente; e (d) experiência de ensino em sala de aula.

Na área das Ciências, há um crescente movimento de investigações sobre o desenvolvimento do conhecimento didático na formação de professores, destacando-se a relevância de proporcionar aos docentes, nos distintos momentos da sua trajetória, contextos de aprendizagem profissional sobre o ensino (Nilsson, 2008; Tomkelski; Baptista, 2023). Por exemplo, Shamsudin, Abdullah e Yaamat (2013) afirmam que o professor precisa realizar aprendizagens profissionais sobre os objetivos de cada conteúdo curricular e sobre como preparar os alunos para lidar com as mudanças e os desafios da vida.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999) propuseram um modelo de conhecimento didático (PCK) para o ensino de Ciências, no qual os conhecimentos para o ensino – conhecimento do currículo de ciências, compreensão dos alunos sobre ciência, estratégias de ensino e avaliação – foram conceitualizados como elementos constituidores das orientações para o ensino, com impacto no desenvolvimento do conhecimento didático dos professores. O desenvolvimento do conhecimento didático é determinado pelo conteúdo a ser ensinado, o contexto no qual o conteúdo é ensinado e a forma como o professor reflete sobre suas experiências de ensino, de modo que a reflexão surge como um elemento importante no desenvolvimento profissional docente (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999). Os autores acrescentam a avaliação como um importante aspecto do conhecimento didático, considerando que o professor, ao planejar aulas, conhecendo a ciência que será examinada, pode ajustar suas estratégias de ensino de acordo com as necessidades eminentes, ajustando os métodos de avaliação para descobrir o que os alunos aprenderam.

Além desses, há outros elementos que compõem o conhecimento didático de professores que ensinam Física, aspecto esse que evidencia a relevância desta investigação. Vale destacar, porém, que os modelos atuais têm buscado inserir aspectos não destacados na categorização de Shulman (1986), tais como a metacognição, a afetividade, dentre outros.

Estudos de Aula

O *estudo de aula*, em japonês *jogyou kenkyuu* e em inglês *lesson study*, é uma abordagem de desenvolvimento profissional docente amplamente praticada no Japão¹, sendo considerada a principal responsável pela melhoria do ensino naquele país (Yoshida, 1999; Richit; Tomkelski, 2020). Esta abordagem² consolidou-se como um processo para preparar os professores para desenvolverem suas práticas (Lewis, 2002) e tornou-se amplamente difundida naquele país (Yoshida, 1999), disseminando-se para o ocidente a partir do final dos anos 1990 (Stigler; Hiebert, 1999; Richit; Tomkelski, 2020).

Uma das características do estudo de aula é que constitui-se em um trabalho que se desenvolve de maneira colaborativa por um pequeno grupo de professores (Lewis; Tsuchida, 1999; Yoshida, 1999), consistindo em um processo reflexivo e colaborativo de desenvolvimento profissional centrado na prática letiva (Yoshida, 1999; Lewis, 2002; Richit; Ponte; Tomkelski, 2024). Devido às características deste modelo, os professores desenvolvem conhecimento sobre tópicos curriculares e sobre como ensiná-los, bem como sobre as aprendizagens dos alunos (Stigler; Hiebert, 1999) e as aprendizagens dos professores (Richit; Tomkelski, 2020).

O estudo de aula desenvolvido no Japão apresenta uma estrutura nuclear comum, que se compõe de quatro etapas: *definição de objetivos*; *planejamento colaborativo*; *aula de investigação* e *reflexão pós-aula* (Lewis, 2002; Richit; Ponte; Tomkelski, 2019).

A *definição de objetivos* à aula de investigação leva em conta as necessidades e dificuldades dos alunos no tópico curricular escolhido pelos professores no estudo de aula. No *planejamento*, que se desenvolve em torno da elaboração da aula de investigação a partir dos objetivos previamente definidos, pressupõe um criterioso trabalho colaborativo e reflexivo em que se busca prever os modos de pensar dos alunos, as suas estratégias de resolução para tarefas propostas, as suas dificuldades, aquilo que vão dizer durante as atividades da aula etc. Durante a execução da *aula de investigação*, um dos membros da equipe leciona voluntariamente a aula planejada para uma turma de alunos e os demais, incluindo a equipe que coordena o processo, observam e registram as ações dos alunos na resolução das tarefas propostas. Na *reflexão pós-aula* o grupo se reúne para discutir e refletir sobre aquilo que foi observado em relação à aula, favorecendo a autocrítica profissional (Richit, 2020; Richit; Ponte; Tomkelski, 2019). Se desejável, o ciclo pode ser repetido outras vezes para promover o

¹ Surgiu no Japão no início do século XX, no governo de Meiji, quando mudanças no sistema educativo fizeram-se necessárias e urgentes. A Era Meiji constituiu-se na primeira época do Império no Japão, entre os anos de 1868-1912. Foi extremamente importante para o desenvolvimento do Japão, uma vez que o tornou uma das grandes potências mundiais capitalistas. Foi marcada por um período de transformações políticas, econômicas e sociais, dentre eles a promulgação do Código de Educação (1872), que instituiu as escolas normais (Richit; Ponte; Tomasi, 2021).

² A disseminação do estudo de aula em países do ocidente ocorreu a partir do final dos anos de 1990 sobretudo mediante a divulgação do livro *"The Teaching Gap"* que creditou à estrutura de resolução de problemas do estudo de aula japonês e especialmente ao processo de desenvolvimento profissional ao qual todos os professores japoneses estão envolvidos, o sucesso dos alunos em matemática no TIMSS – *Trends in International Mathematics and Science Study* (Stigler; Hiebert, 1999).

aprofundamento sobre um determinado conteúdo ou iniciar um novo conteúdo (Fujii, 2016). Assim, o estudo de aula incorpora sistematicamente o desenvolvimento profissional docente em sala de aula, ancorado na ideia de que uma única aula contém muitos (se não todos) componentes críticos que os professores necessitam considerar para melhorar a sua formação (Sims; Walsh, 2009).

A literatura na área do Ensino da Física (e.g., Juhler, 2018; Rodrigues, 2019; Conceição; Baptista; Ponte, 2020; Melo *et al.*, 2020; Tomkelski, 2024) reporta pesquisas, as quais apontam que o estudo de aula promove aprendizagens profissionais relativas à elaboração de tarefas sobre determinados tópicos do currículo de Física (Conceição; Baptista; Ponte, 2020; Tomkelski; Baptista; Richit, 2022) e possibilita aos professores discutirem o ensino do tópico com base nos resultados dos alunos, além de oportunizar abordagens de sala de aula que favorecem a aprendizagem dos alunos.

Metodologia

Natureza e objetivos. A investigação³ qualitativa refere-se à forma como os problemas de pesquisa são abordados, levando o investigador a procurar métodos e procedimentos apropriados para estudá-los (Bogdan; Biklen, 1994). A pesquisa se caracteriza como qualitativa porque visa compreender os contributos do estudo de aula para o desenvolvimento do conhecimento didático de professores de Física sobre o tópico curricular da Lei de Ohm. Os dados foram recolhidos em um estudo de aula, que envolveu quatro professoras que lecionam Física no 3º ano do Ensino Médio em escolas públicas vinculadas à 15ª CRE (Coordenadoria Regional de Educação, do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil), as quais participaram voluntariamente desse processo. A seleção dos participantes foi viabilizada por convite ou conveniência, i.e., proximidade com o investigador.

Participantes. As participantes (Jô, Mel, Roberta e Sol⁴) com idades compreendidas entre 38 e 52 anos, lecionam na rede pública de ensino e possuem entre 8 e 25 anos de experiência profissional na Educação Básica⁵, especificamente no Ensino Fundamental (anos finais) e Ensino Médio. As professoras possuem formação inicial em licenciatura em Matemática, com habilitação em Física, duas professoras também possuem especialização (*lato sensu*) na área e uma professora possui mestrado (*stricto sensu*) no Ensino de Matemática e Física.

Estudo de Aula. Constituído por dezoito sessões, cada uma com duração de duas horas e meia, foi organizado em cinco etapas: (1) constituição teórica da abordagem dos estudos de aula e análise dos documentos legais da legislação educacional brasileira vigente; (2) análise de tarefas

³ Aprovado pela Comissão de Ética do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa – Portugal. Número do Parecer: 4328 de 22/10/2018.

⁴ Todos os nomes referidos neste trabalho são fictícios de modo a seguir as condições de confiabilidade e respeito aos participantes.

⁵ No Brasil a Educação Básica, obrigatória e gratuita, ocorre dos 4 (quatro) aos 17 (dezessete) anos, sendo formada pelos seguintes níveis: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. O Ensino Infantil, pré-escola, com duração de 2 (dois) anos; o Ensino Fundamental, com duração de 9 (nove) anos e o Ensino Médio, com duração de 3 (três) anos. O Ensino Fundamental está organizado em “fundamental anos iniciais” (1º ao 4º ano) e “fundamental anos finais” (5º ao 9º ano) (Brasil, 1996).

de investigação para sala de aula; (3) planejamento do plano de trabalho da primeira aula de investigação, reflexões e refinamento da atividade; (4) realização da primeira aula de investigação em sala de aula, reflexões pós-aula e revisão do planejamento do plano de trabalho e (5) realização da segunda aula de investigação, reflexão pós-aula e finalização do plano de trabalho. Quinze sessões ocorreram nas dependências da 15ª CRE e as demais sessões nas Escolas de atuação profissional das professoras. As duas aulas de investigação, cada uma de 100 minutos, incidiram no mesmo tópico de Física, sendo a primeira lecionada por Jô e a segunda por Sol.

Material empírico e análise de dados. A investigação, por sua natureza e por incidir sobre o conhecimento didático de professores, adotou a triangulação de instrumentos de recolha de dados, como forma de capturar distintos aspectos relativos a essa categoria de conhecimentos. O material empírico constitui-se das notas de campo do investigador (NC) e Diário de Bordo das professoras (DB); registros em áudio (RA) e transcritos; acervo documental (AD) das produções escritas das professoras e os registros dos alunos produzidos durante a aula; e entrevistas (E) com as professoras. As sessões foram observadas pelo investigador, primeiro autor do artigo, que adota um papel de observador-como-participante (Cohen; Manion; Morrison, 2011).

As entrevistas, realizadas após o término do estudo de aula, foram transcritas, textualizadas e incorporadas ao material empírico da investigação.

As categorias emergiram a partir da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), delineadas por subcategorias, conforme ilustra a Quadro 1.

Quadro 1: Categorias e subcategorias de análise do PCK das professoras de Física

Categoria	Subcategoria
Conhecimento da Física para o Ensino	Conteúdo curricular; Dificuldades sobre o conteúdo curricular.
Estratégias para o Ensino em Sala de Aula	Utilização de materiais; Realização de investigação; Discussão coletiva

Fonte: Autores.

Após a análise do material, os aspectos evidenciados foram agrupados nas categorias e subcategorias correspondentes, sendo os dados difíceis de categorizar, discutidos entre os autores com o objetivo de chegar a um consenso. Os dados que não tiveram consenso não foram utilizados.

Resultados

Cada categoria constitui-se por conjuntos aglutinadores de aspectos do conhecimento didático desenvolvidos no estudo de aula, os quais foram denominadas subcategorias. Esse processo indutivo fez emergir elementos do conhecimento didático das professoras sobre o ensino do tópico da Lei de Ohm. Ressaltamos, ainda, que o desenvolvimento de aspectos do conhecimento didático

em estudos de aula é um processo dinâmico, complexo e plural, de modo que a análise não pode ser desconectada do movimento do próprio estudo de aula, sob pena de tornar-se estéril. Ou seja, os aspectos do conhecimento didático não podem ser extirpados da dinâmica do estudo de aula para o propósito da análise apresentada.

Conhecimento da Física para o Ensino

No estudo de aula, as participantes experienciaram momentos de discussão e reflexão sobre conceitos físicos, em especial sobre a Lei de Ohm, os quais promoveram a mobilização e o aprofundamento de aspectos do conhecimento didático relativos ao ensino do tópico.

As professoras desenvolveram **conhecimentos sobre o Ensino da Física**, envolvendo principalmente os *conteúdos curriculares* abordados em sala de aula e as possibilidades de promover a *contextualização dos tópicos curriculares*.

Relativamente aos *conteúdos curriculares*, as professoras citam algumas fragilidades da formação inicial no que diz respeito ao desenvolvimento do conhecimento didático e, ao mesmo tempo, destacam a importância das atividades práticas, a exemplo das atividades em laboratório, para a compreensão dos conceitos físicos e para a formação docente.

Quando a gente estava na faculdade, o professor tinha os experimentos [...] e mostrava: “Olha, vocês fazem assim, assim”, porque lá nós estávamos sendo preparadas para ser professoras; “Olha, você vai fazer assim, assim e assim”, receita de bolo pronto (Jô, E).

e agora aqui, quando tu estás ensinando-os [alunos], você aprende primeiro o conceito físico, o que está acontecendo realmente ali no experimento da Física (Roberta, RA).

Jô e Roberta refletem sobre o papel da formação inicial no desenvolvimento do conhecimento didático, especialmente para as aprendizagens sobre os conteúdos curriculares da Física, que são essenciais para o ensino. Ao referir-se ao desenvolvimento de aulas práticas, Jô considera que a sua formação inicial foi direcionada para um aprendizado sequencial de conteúdos, apoiado em etapas de demonstração/comprovação. Roberta complementa que a aprendizagem profissional do professor é diferente quando ele assume a docência.

O que a gente não aprendeu na graduação, agora aprende [na prática]. Então, na verdade, quando tu [professor] vais ensinar o aluno é que tu realmente aprendes o que está acontecendo (Roberta, RA).

Ou seja, mesmo tendo feito a graduação [formação inicial], mesmo tendo feito estágio de Física [etapa obrigatória da formação]; dei aula de Física para o primeiro ano [...] mas eu aprendi Física, eu aprendi sobre esses conceitos; e aí, eu fui ouvindo as explicações, e também me recordei o que é tensão, o que é corrente, essas coisas todas foram tomando, novamente, corpo na minha cabeça de professora; mas sim, o fato de parar, discutir e de ouvir vocês falando, para mim foi um curso de Física – sobre um tópico específico – eu fui aprendendo Física aqui (Mel, DB).

Ao refletirem sobre o ensino de tópicos curriculares da Física em sala de aula, visando favorecer a aprendizagem dos alunos, Roberta e Sol destacam que o professor precisa mobilizar conhecimento daquele tópico e a importância do planejamento de aula para abordá-lo.

Primeiro você tem que conhecer o conteúdo que tu vais ensinar. As práticas pedagógicas, tu tens que saber qual viés você vai tomar para desenvolver a aula (Roberta, RA).

Planejamento! [No estudo de aula] conforme íamos construindo o planejamento íamos construindo o conhecimento (Roberta, E).

[o planejamento] é fundamental porque para tudo que [vamos] fazer precisamos de um objetivo! Se [fizemos] qualquer coisa sem objetivo, não temos para quem ensinar e nem eles para que aprender (Sol, E).

As professoras ressaltam a importância do planejamento para o desenvolvimento do conhecimento didático pelo fato de desafiá-las a aprender coisas novas, rever teorias, aprofundar conceitos e, por conseguinte, propor ações para a sala de aula. O estudo de aula favoreceu o desenvolvimento do conhecimento didático relativamente à Lei de Ohm mediante a partilha de experiências de sala de aula. Sol relata a importância do planejamento em conjunto no estudo de aula para o entendimento dos conceitos Físicos sobre o tópico estudado, que foram essenciais para o desenvolvimento da tarefa sobre a Lei de Ohm.

Eu acho que conseguir relacionar tudo – a corrente elétrica e a diferença de potencial – dentro do circuito, [entender] porque os LED ligavam ou não ligavam, fazer dobrar a corrente. Eu acho que [a tarefa] relacionou um monte de coisa [conceitos] e que, posteriormente, pode seguir. Eu acho que abre um leque muito grande (Sol, E).

Ao refletir sobre as contribuições do estudo de aula para o aprofundamento de aspectos sobre o tópico curricular da Lei de Ohm tópico, Mel diz:

Eu sabia que os eletrodomésticos, as lâmpadas em geral, têm um limite máximo de corrente que elas suportam, mas nunca me dei conta que existe um limite mínimo. Quando o professor disse “nós estamos com esse problema: esses LED aqui só ligam a partir de “x” volts, um ponto oito (1,8) ou dois (2,0) volts”, é que me dei conta. Então, para mim, esse foi um aprendizado no campo da própria eletricidade; além de muitos outros que eu tive nessa experiência! (Mel, E).

O planejamento da tarefa tomando por contexto uma atividade prática com LED⁶ oportunizou as professoras desenvolverem aspectos do conhecimento didático relativos à Lei de Ohm, às leis fundamentais da eletricidade e ao funcionamento dos aparelhos elétricos.

⁶ LED (*light emitter diode*) – diodo emissor de luz – é um componente eletrônico semicondutor que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz.

As professoras reportaram outros aspectos do conhecimento didático desenvolvidos a partir da aula de investigação e da reflexão pós-aula, nomeadamente sobre os circuitos elétricos, atividades práticas de sala de aula, erros e dificuldades dos alunos, utilização de múltiplas representações e organização da aula na perspectiva investigativa.

Os circuitos simples, eu confesso que eu aprendi ali a montar. Para mim, foi essa a parte principal, a parte prática! De fazer os alunos trabalharem, de aprendermos junto (Sol, E).

Aprendi a trabalhar com circuito de uma luminária e fazer testes com lâmpadas de LED (Roberta, E).

Eu não dava muita importância às representações, mas com certeza agora vou dar mais enfoque nisso nas minhas aulas (Roberta, RA).

A aula de investigação iniciou com a construção de um circuito simples (fios, lâmpadas e pilhas), perpassou a análise e interpretação do conceito físico, ancorado em tarefas planejadas, articulando formas de representação (múltiplas representações). Em relação às *dificuldades dos alunos sobre o tópico curricular*, as professoras destacam a aprendizagem de conceitos e a resolução de problemas.

[Os alunos] têm dificuldade em compreender os conceitos de carga elétrica, intensidade de corrente elétrica. Eles não entendem o que é intensidade de corrente elétrica. [...] correntes alternadas, contínuas (Sol, RA).

Eles [alunos] têm muita dificuldade na compreensão de eletricidade, de corrente elétrica, do potencial. Então, [essa aula explorou] essas definições para eles conseguirem entenderem as relações da Lei de Ohm (Sol, E).

Jô acrescenta que o estudo de aula propiciou compreensões sobre os erros dos alunos.

Relacionado ao erro do aluno, muitas vezes, eles tentavam nos dar informações a respeito da tarefa. O que a gente pôde perceber é que cada grupo tinha uma resposta um pouco diferente do grupo ao lado, ou grupo à frente, porque a forma como cada grupo [pensou] foi diferente. A gente pôde perceber que não existe uma única forma de resolução [...] da forma que eles tentam e tentam trazer a resposta [...] e que é errando que acertam (Jô, E).

Ressalta a importância de o professor dedicar um tempo da aula para analisar os erros dos alunos, sejam conceituais ou operatórios, considerando isto como um importante aspecto no desenvolvimento do conhecimento para o Ensino da Física.

Eu aprendi muita coisa no sentido de olhar para o erro do aluno, coisa que a gente muitas vezes não faz. Olhando para o erro do aluno leva a perguntar: “Por que ele chegou a essa resposta? Dessa forma?”. [...] nós percebemos grupo a grupo as suas dificuldades, então eu acho que sim, traz muito conhecimento para nós professores, nós melhoramos muito como professores [...] (Jô, E).

O planejamento precisa prever momentos durante a execução da aula para que o professor possa observar os alunos, compreender o raciocínio e as dúvidas deles, buscando estratégias para saná-las. Jô destaca o contributo do estudo de aula para que pudessem observar e compreender os erros dos alunos.

[No estudo de aula tivemos] uma visão diferente de planejar uma aula, da importância de olhar para o erro do aluno [...]. E eu nunca tinha pensado nisso. Eu dizia: [...]. “Ah, ele errou!”. E pronto, encerrava ali. Hoje, eu olho para o erro e me pergunto: “Se ele chegou ao conceito, o que faltou para ele acertar? É um erro de sinal, um erro de tabuada, interpretação? (Jô, RA)”.

Ao planejar a aula, o professor precisa considerar a organização dos conteúdos previstos no currículo, como uma forma de promover uma abordagem mais integrativa e preparar os alunos para os tópicos seguintes.

Esse estudo de aula fez com que a gente consiga analisar isso e ver o que eu devo trabalhar antes e o que eu devo trabalhar depois, se eu devo seguir ou se não devo seguir (Sol, E).

Outro aspecto do conhecimento didático evidenciado prende-se à *contextualização da tarefa para a aula*. Definir um contexto instigante para a tarefa é uma forma de favorecer a interação entre os alunos, incentivando-os a explorar conceitos físicos e estabelecer conexões entre conteúdos e situações do cotidiano.

Eu vejo hoje que, sem dúvida, tarefas contextualizadas elevam a compreensão dos alunos. Os alunos entendem melhor quando a questão é contextualizada e quando eles trabalham em duplas, trios, grupos onde eles podem interagir. Esse tipo de atividade leva o aluno a compreender o fenômeno físico, a parte teórica da Física que é abstrata (Roberta, E).

Sol enfatiza a importância de se promover um contexto que favoreça o trabalho autônomo dos alunos sobre a tarefa.

Cabe ao professor criar ambientes favoráveis para realizar as investigações e incentivar os alunos diante das dificuldades, porque as dificuldades vão surgir já que a tarefa é um desafio, pois tira o aluno da acomodação (Sol, DB).

Outros aspectos envolvendo a *contextualização dos conteúdos* foram destacados: estratégias de ensino, definição de objetivos claros e generalização pelos alunos. Jô destaca a importância de relacionar o conteúdo curricular ao contexto dos alunos, facilitando a aprendizagem.

Sempre que o professor consegue relacionar o conteúdo com assuntos do cotidiano, percebe que os alunos ficam estimulados a participar da aula. Também observa

melhores resultados no entendimento dos conceitos físicos, visto que os alunos conseguem aprender mais facilmente e explicar o mundo ao redor (Jô, DB).

A análise aponta que os objetivos definidos para a aula precisam estar alinhados com o contexto da tarefa e com os objetivos de aprendizagem dos alunos.

Então, a ideia é fazer o [planejamento] focado no aluno, nos interesses dele. [...]. Ou seja, precisamos de uma aula bem planejada e com objetivos claros para conseguir cumprir o currículo (Mel, RA).

Mel acrescenta aspectos relativos às estratégias de ensino, ao desenvolvimento do conhecimento curricular baseado nas experiências em sala de aula.

É diferente porque nós estamos mobilizando o que aprendemos na universidade e unindo com a experiência de sala de aula. Então, esse conhecimento, essas aprendizagens que fomos desenvolvendo na prática, eu acho que aqui [estudo de aula] a gente realiza aprendizagens de outra forma, com aspectos que tornam essa experiência diferente (Mel, RA).

As professoras aprofundaram os conhecimentos didáticos sobre o Ensino da Física no que se refere aos conteúdos curriculares e sobre como abordá-los em sala de aula. Desenvolveram conhecimento sobre conteúdos curriculares que possuíam fragilidades, enfatizando a importância do planejamento em colaboração num contexto de partilha e crescimento profissional. Relativamente à abordagem de tópicos de Física em sala de aula, as professoras aprofundaram a compreensão sobre os erros conceituais e operatórios dos alunos a partir da observação na realização das tarefas; sobre estratégias de ensino, bem como sobre os recursos de sala de aula e formas de envolver os alunos em atividades investigativas; sobre formas de organizar os conteúdos promovendo uma abordagem integrativa e preparando os alunos para os tópicos posteriores; por fim, sobre o potencial das tarefas contextualizadas para promover o trabalho autônomo dos alunos.

Estratégias para o Ensino em Sala de Aula

Em relação às *estratégias para o ensino*, as professoras argumentam a necessidade da *utilização de materiais* como alternativa para ensinar um determinado tópico curricular, bem como promover o desenvolvimento do seu conhecimento didático.

Mel relembra que em sua formação inicial eram realizadas atividades experimentais, contudo eram apenas demonstrativas. Assevera que por serem apenas observadas, não os prepararam para realizá-las em sala de aula.

Quando eu fazia faculdade [...], a gente ia nos laboratórios, mas era proibido pôr a mão ali, era o professor que fazia. [...] Porque, a gente não mexia, o professor

que fazia ali, nem uma tomada eu não sei, porque nunca aprendi lá. [...] Tendo os recursos e sabendo fazer, daria para levar para a sala de aula! (Mel, RA).

Além disso, Mel argumenta em favor de um currículo escolar diferenciado, que aborde tópicos atualizados, os quais possibilitem aos alunos compreenderem e intervirem na sociedade, realizando análises críticas, apresentando soluções e inovando.

[É essencial] ajustar o currículo às necessidades dos alunos [...], fazer conexões com a realidade, porque na Física a gente tem um currículo tradicional [...]. Sem falar que ignora totalmente a Física moderna e a Física quântica (Mel, RA).

Outro aspecto do conhecimento didático desenvolvido no estudo de aula, conforme mencionado por Jô, refere-se à utilização de materiais no ensino de Física.

materiais adequados facilitam o entendimento dos alunos, [...] e trazem benefícios para mim enquanto professora para expor o assunto [...]. Trouxe novas ideias para a elaboração de atividades a serem desenvolvidas com os estudantes, em aulas investigativas (Jô, E).

As professoras sugeriram outros materiais para as aulas de Física, os quais podem fornecer subsídios para o professor desenvolver aspectos do conhecimento didático e melhorar a prática.

[Eu uso o] livro didático, porque [os alunos] precisam ter um norte, uma coisa concreta, mas eu busco [materiais na internet], estudo videoaulas [...], procuro testes simulados [provas objetivas de processos seletivos], trabalho [com] bastantes simulados. Então, eu seleciono bastante. Na medida do possível eu pego exercícios de vários livros! (Sol, RA).

Dá para fazer simulação [...] tem um monte de site que têm aqueles simuladores de Física [applets e objetos virtuais de aprendizagem] (Roberta, RA).

Roberta reforça a importância de o professor abordar tópicos curriculares da Física, que favoreçam o processo de generalização.

A gente percebeu como deveria ser o processo de construção das tarefas e que nós deveríamos, então, iniciar com exemplos mais simples e a partir daí, ir dando forma aos conceitos, e não ir diretamente aos conceitos [...] e assim depois cria uma tarefa, que o aluno consiga executar a partir de um conceito que ele tenha previamente do conteúdo, e dessa forma ele vai conseguindo realizar as tarefas, sem mesmo que ele tenha tido contato com aquele conteúdo (Roberta, E).

Essa dinâmica propicia aulas de Física diferenciadas, favorecendo a aprendizagem dos alunos e a generalização de propriedades. A análise apontou outros aspectos do conhecimento didático para o ensino de tópicos curriculares da Física, mobilizados no estudo de aula, com especial destaque para a *linguagem utilizada na tarefa e na comunicação* entre professor e alunos. As professoras

destacam que a aprendizagem depende da linguagem utilizada no estabelecimento das relações entre os conceitos e que, muitas vezes, os termos científicos utilizados não são de domínio dos alunos, o que compromete a compreensão e a comunicação de ideias e conclusões.

[os alunos] precisam entender a linguagem. Então, nós temos que cuidar [...] para que a nossa linguagem seja acessível a eles. Porque se eles cometem [erros] na interpretação é porque [possivelmente não fomos claros e objetivos o suficiente] (Sol, RA) .

Posteriormente, em entrevista, a professora complementou que a compreensão sobre a importância de processos formativos, como o estudo de aula, contribui a reflexão sobre o desenvolvimento da prática profissional e na comunicação com os alunos.

Eu percebi que o estudo de aula abre um leque de informações para prepara uma aula atrativa e dinâmica. Isso tudo possibilitou eu estar mais próxima dos estudantes, percebendo o desempenho de cada um, observando as dificuldades encontradas pelos estudantes, e assim poder ajudá-los a sanar essas dúvidas (Jô, E).

Sol acrescenta a importância de o professor aprofundar seus conhecimentos profissionais.

E toda a nossa discussão, nesse tempo lendo e refletindo; e o que mais é interessante é que a gente está aqui porque a gente quer, ninguém obrigou a gente a vir. A gente está aqui porque a gente quer, então, é isso que está faltando em nós profissionais da educação (Sol, RA).

Sol destaca a importância da formação ("*sair do comodismo*") como forma de melhorar o conhecimento didático dos professores.

Eu acho que essa formação, que esse estudo de aula, ele faz a gente sair de comodismo, ele faz a gente se sentir mais profissional e ir em busca de outras coisas. A gente, aos poucos, se unindo, nem que seja por área nas escolas, [...] muda muito, o planejamento é diferente. Nós precisamos que os professores acreditem e que vão à busca (Sol, E).

Por fim, as professoras valorizam a *discussão coletiva* como importante elemento do conhecimento didático associado ao ensino da Física. Jô e Roberta explicam que a partir da discussão coletiva, tiveram a possibilidade de avaliar as aprendizagens dos alunos em relação aos objetivos estabelecidos, assim como avaliar a própria prática.

Essa experiência vem para nos fornecer subsídios para desenvolvermos aulas produtivas e investigativas valorizando, em especial, as discussões coletivas na sala de aula por meio do trabalho colaborativo (Jô, DB).

O interessante desta atividade é que quando se elabora questões em conjunto, além de tornar mais produtivo, torna-se também um momento de aprendizado

profissional porque o teu colega menciona fatos a respeito do conteúdo que talvez você não teria visto (Roberta, DB).

Promover a discussão coletiva emergiu como uma importante dimensão do conhecimento didático para o ensino de Física, porque favoreceu a participação dos alunos na aula e, especialmente, forneceu subsídios para as professoras identificarem e compreenderem as aprendizagens deles sobre o tópico. Além disso, os alunos sinalizaram uma mudança de postura em suas ações em sala de aula.

O estudo de aula possibilitou às professoras desenvolverem conhecimento sobre como promover aulas investigativas, destacando o processo de investigação e o trabalho autônomo dos alunos; sobre como abordar tópicos curriculares combinando um contexto prático e a investigação das grandezas envolvidas na Lei de Ohm, favorecendo o processo de generalização. Compreenderam a importância da discussão coletiva para promover a comunicação das ideias dos alunos e para melhorar o processo da avaliação das aprendizagens deles, assim como para a criação de um ambiente que envolva os alunos nas atividades.

Discussão

A análise evidenciou os contributos dos estudos de aula para o aprofundamento do conhecimento didático (Shulman, 1986; 1987; Ponte, 1994) de professores de Física sobre o tópico da Lei de Ohm, ancorados no modelo do conhecimento didático para o Ensino de Ciências de Magnusson, Krajcik e Borko (1999). O estudo de aula favoreceu o planejamento e a implementação de uma aula, a partir da qual puderam aprofundar seus conhecimentos didáticos.

Os resultados mostram que o desenvolvimento do conhecimento didático dos professores depende dos *conhecimentos da Física para o ensino* de um determinado tópico, bem como das *estratégias para o ensino deste tópico em sala de aula*. Nos conhecimentos da Física para o ensino, a investigação aponta evidências das relações entre o *conteúdo curricular* e a *contextualização dos conteúdos*. Já em relação às estratégias para o ensino de Física em sala de aula, os resultados assinalam a importância da *utilização de materiais* adequados para abordar tópicos curriculares específicos, da necessidade da *realização de investigação* e do processo de *discussão coletiva* no fechamento da aula.

No conhecimento da Física para o ensino, direcionada ao *conteúdo curricular*, constatou-se a necessidade da formação continuada como via para desenvolver e aprofundar algumas fragilidades da formação inicial, i.e., necessidade de formação ao longo da carreira com o objetivo de ampliar e aprofundar os conhecimentos necessários à docência (Schneider; Plasman, 2011). Nesse sentido, o estudo de aula possibilitou ao grupo desenvolver aspectos específicos do conhecimento didático sobre a Lei de Ohm, por oportunizar aos professores ampliarem suas competências no campo disciplinar (Van Driel; Verloop; De Vos, 1998; Shulman, 2004) e reflexões sobre a importância do planejamento; sobre o tipo de atividades desenvolvidas em sala de aula que muitas vezes estão

centradas na memorização, minimizando a importância teórica; observação sobre a realização das atividades pelos alunos, bem como vivenciar experiências em sala de aula que favoreçam o desenvolvimento dos conhecimentos profissionais dos professores. Estas reflexões, envolvendo o conteúdo curricular e os materiais associados, propiciam ao professor relacionar estes conteúdos com assuntos vistos anteriormente pelos alunos em anos anteriores e antecipando aspectos essenciais que serão posteriormente ensinados na escola (Shulman, 1986). O professor precisa mobilizar formas alternativas de representação, algumas derivadas de investigações e outras da sabedoria da prática (Shulman, 1986; Grossman, 1990), com vistas a tornar acessíveis ao aluno os conteúdos considerados difíceis ou abstratos (Kind, 2009) e, assim, tornar o conteúdo compreensível aos outros (Ponte, 2012).

Na *contextualização dos conteúdos* observou-se a transformação da dimensão pedagógica do ensino, considerando como fatores primordiais as dificuldades dos alunos (Fernandez, 2015) sobre o tema da eletricidade ou sobre o tópico de investigação, assim como a promoção de um contexto de trabalho favorável com atividades desenvolvidas em pares ou grupos. O estudo de aula proporciona momentos de aprofundamento dos conhecimentos didáticos e de formação reflexiva e planejamento envolvendo estratégias de ensino (Grossman, 1990; Richit; Tomkelski, 2022), perpassando, assimilação, entendimento e avaliação, além de definição de objetivos claros, utilização de linguagem correta e adequada e uma sequência coerente de atividades (concreto ao abstrato) cujo intuito principal esteja vinculado à obtenção das generalizações (Shamsudin; Abdullah; Yaamat, 2013; Fernandez, 2015), apoiadas nos conhecimentos do professor de natureza teórica, social e experiencial (Ponte, 2012).

Portanto, para abordar tópicos curriculares específicos, o professor precisa desenvolver o conhecimento do currículo escolar, contemplando as mudanças e os desafios vivenciados pelos alunos (Shamsudin; Abdullah; Yaamat, 2013) e as questões sociais, econômicas e ambientais. Além das dificuldades cognitivas, outros fatores comportamentais – resistência à aprendizagem – e fatores emocionais – medo, ansiedade e pavor – que podem estar atrelados a situações frustrantes de experiência de sala de aula (Grossman, 1990) devem ser aprofundadas. Mediante tais processos, promove-se o desenvolvimento do conhecimento didático dos professores.

Em relação às estratégias para o ensino em sala de aula, especialmente a *utilização de materiais*, a análise indica a necessidade de trabalhar com um currículo diferenciado, que favoreça conexões com outros assuntos, componentes curriculares e área do conhecimento (Shamsudin; Abdullah; Yaamat, 2013; Richit; Tomkelski, 2022). Nessa perspectiva, o professor tem a possibilidade de combinar o conteúdo e a pedagogia sobre o tópico em estudo, utilizando-se de estratégias e recursos que promovam a aprendizagem do aluno (Shulman, 1987; Grossman, 1990).

Por fim, a análise constata a importância da utilização de estratégias e materiais diferenciados (Grossman, 1990; Richit; Tomkelski, 2022) no ensino de tópicos da Física, como, por exemplo, ilustrações, analogias, explicações e demonstrações para tornar o assunto compreensível aos alunos (Shulman, 1987). Para tanto, o professor precisa ampliar seus conhecimentos, principalmente

quando a atenção é direcionada para a aprendizagem envolvendo múltiplas representações na abordagem de conceitos e fenômenos físicos (Ainsworth, 2006).

A *realização de investigação* em sala de aula despontou como um elemento central do conhecimento didático do professor para o ensino de Física. Para tanto, faz-se necessário o planejamento colaborativo e interdisciplinar, que possibilite a elaboração de atividades coerentes com o programa curricular e as necessidades dos alunos. Esse planejamento precisa (i) partir de um contexto próximo da realidade dos alunos, (ii) promover a interação dos alunos com atividades que promovam o entendimento dos conceitos e (iii) fomentar os processos de generalização (Shulman, 1987; Grossman, 1990; Magnusson; Krajcik; Borko, 1999; Ponte, 2012; Richit; Ponte; Tomkelski, 2019).

A análise aponta, ainda, a necessidade da transposição dos conteúdos para uma linguagem acessível ao nível de entendimento e maturidade dos alunos e a linguagem utilizada nas aulas (Grossman, 1990). A linguagem usada na aula pode promover a aproximação entre professor e aluno e, também, possibilita a avaliação da aprendizagem discente. O planejamento colaborativo promove predisposição e mudanças na prática profissional (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999; Richit; Tomkelski, 2022), baseado num processo integrativo de sala de aula orientado em ações necessárias ao desenvolvimento da prática (Van Driel; Verloop; De Vos, 1998).

A realização da *discussão coletiva* ao final da aula de investigação destaca-se como um dos principais contributos do estudo de aula relativamente ao conhecimento didático. A análise aponta que a discussão coletiva é fundamental para o aprofundamento dos conhecimentos dos professores sobre as aprendizagens dos alunos, uma vez que lhes possibilita compreender as conclusões e processos de raciocínio deles (Richit; Ponte; Tomkelski, 2019; Richit, 2020). Além disso, fornece subsídios para a equipe rever o planejamento de aula e propor melhorias, assim como contribui para o aprofundamento do tópico em estudo, aprofundando o conhecimento didático (Nilsson, 2008) relativo ao currículo. Por fim, a discussão coletiva promove maior envolvimento e engajamento dos alunos na interpretação das resoluções das tarefas e na sistematização das aprendizagens realizadas.

Conclusão

No Ensino da Física, o conhecimento didático dos professores depende dos *conhecimentos da Física*, bem como das *estratégias para o ensino em sala de aula*. Dentre os conhecimentos da Física para o ensino, os professores necessitam explorar relações entre o *conteúdo curricular* e a *contextualização dos conteúdos*. Em relação às estratégias, emergiram como aspectos centrais do conhecimento didático a *utilização de materiais pedagógicos* adequados, a necessidade da *realização de processos investigativos*, bem como a realização de *discussão coletiva* no fechamento da aula e pós-aula pelos professores, aproveitando, se necessário, para realizar os ajustes e incrementos necessários no planejamento, deixando-o organizado para futuras intervenções.

O estudo de aula oportunizou ao grupo modificar a maneira como abordam conceitos físicos em sala de aula na medida em que ampliaram aspectos do conhecimento didático. A investigação

evidencia os avanços no desenvolvimento dos conhecimentos dos professores em distintos contextos educacionais, assim como sobre potencialidades desta abordagem de formação profissional de professores de Física, bem como estratégias de sala de aula, auxiliando nas dificuldades dos alunos. Porém, é relevante destacar que os aspectos do conhecimento didático desenvolvidos em estudos de aula, por serem complementares e dinâmicos, são manifestados de maneira integrada ao longo de todo o ciclo. Para o propósito da análise, optamos por abordá-los separadamente.

Destacamos algumas limitações da investigação. O número reduzido de professores participantes no estudo de aula pode ter comprometido o processo de constituição de dados, dificultando, portanto, a generalização dos resultados. Acredita-se que com uma quantidade maior de professores as discussões seriam ampliadas e outros aspectos poderiam ser evidenciados. Outro fator está relacionado ao desenvolvimento do estudo de aula em face das condições de trabalho das professoras. Para contornar, foi necessário realizar alguns ajustes no planejamento e nos encontros no decorrer do processo com vistas a priorizar a participação de todos. Em relação à gestão do tempo, constatou-se que o tempo para a realização da aula de investigação não foi suficiente, pois a resolução das tarefas demorou mais do que o esperado. Estes fatores não prejudicaram o desenvolvimento da aula de investigação e os objetivos propostos.

Referências

- AINSWORTH, Shaaron. DeFT: A conceptual framework for considering learning with. *Learning and Instruction*, v. 16, n. 3, p. 183-198, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto, 1994.
- BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, Brasil, 1996. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- COHEN, Louis, MANION, Lawrence; MORRISON, Keith. *Research methods in Education*. Londres: Routledge, 2011.
- CONCEIÇÃO, Teresa; BAPTISTA, Mónica; PONTE, João Pedro da. Lesson Study in Initial Teacher Education to Stimulate Pedagogical Content Knowledge on the Speed of Sound. *Acta Scientiae*, v. 22, n. 2, p. 29-47, 2020. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5315>
- FERNANDEZ, Carmen. Revisitando a base de conhecimento e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Revista Ensaio*, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170211>
- FUJII, Toshiakira. Designing and adapting tasks in lesson planning: a critical process of Lesson Study. *ZDM Mathematics Education*, v. 48, n. 4, p. 411-423, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-016-0770-3>
- GROSSMAN, Pamela. *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. United States: Teachers College Press, 1990.

JUHLER, Martin Vogt. Pre-service teachers' reflections on teaching a physics lesson: How does Lesson Study and Content Representation affect pre-service teachers' potential to start developing PCK during reflections on a physics lesson. *NorDiNa*, v. 14, n. 1, p. 22-36, 2018. <https://doi.org/10.5617/nordina.2433>

KIND, Vanessa. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>

LEWIS, Catherine. *Lesson study: A handbook of teacher-led instructional change*. United Sttes: Research for Better Schools, 2002.

LEWIS, Catherine; TSUCHIDA, Ineko. A lesson is like a swiftly flowing river: Research lessons and the improvement of Japanese education. *American Educator*, v. 2, n. 1, p. 48-56, 1999.

LUCENARIO, John Lou; YANGCO, Rosanelia; PUNZALAN, Amélia; ESPINOSA, Allen. Pedagogical content knowledge-guided lesson study: Effects on teacher competence and students' achievement in chemistry. *Education Research International*, p. 1-9, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6068930>

MAGNUSSON, Shirley; KRAJCIK, Joseph; BORKO, Hilda. Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. Em J. Gess-Newsome, & N. Lederman, *Examining pedagogical content knowledge*, p. 95-132, 1999. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4

MELO, Lina; CAÑADA-CAÑADA, Florentina; GONZÁLEZ-GÓMEZ, David; JEONG, Jin Su. (2020). Exploring Pedagogical Content Knowledge (PCK) of Physics Teachers in a Colombian Secondary School. *Educ. Sci.*, v. 10, n. 12, p. 362, p. 1-15, 2020. <https://doi.org/10.3390/educsci10120362>

NILSSON, Pernilla. Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 1, p. 1281-1299, 2008. <https://doi.org/10.1080/09500690802186993>

PONTE, João Pedro da. O desenvolvimento profissional do professor de matemática. *Educação Matemática*, v. 31, p. 9-12 e 20, 1994.

PONTE, João Pedro da. Estudiando el conocimiento y el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas. In: PLANAS, Núria (Ed.). *Educación matemática: teoría, crítica y práctica*. Barcelona: Graó, 2012. p. 83-98.

PONTE, João Pedro da; QUARESMA, Marisa; MATA-PEREIRA, Joana; BAPTISTA, Mónica. O Estudo de Aula como processo de desenvolvimento profissional de professores de matemática. *Bolema*, v. 30, n. 56, p. 868-891, 2016. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v30n56a01>

RICHIT, Adriana. Estudos de Aula na Perspectiva de Professores Formadores. *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, n. 2, p. 1-24, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782020250044>

RICHIT, Adriana; TOMKELSKI, Mauri Luís. Secondary School Mathematics Teachers' Professional Learning in a Lesson Study. *Acta Scientiae*, v. 22, n. 3, p. 2-27, 2020. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5067>

RICHIT, Adriana; TOMKELSKI, Mauri Luís. Meanings of mathematics teaching forged through reflection in a lesson study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 18, n. 9, em2151, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12325>

RICHIT, Adriana; PONTE, João Pedro da; TOMASI, Ana Paula. Aspects of Professional Collaboration in a Lesson Study. *International Eletronic Journal of Mathematics Education*, v. 16, n. 2, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.29333/iejme/10904>

RICHIT, Adriana; PONTE, João Pedro da; TOMKELSKI, Mauri Luís. Estudos de aula na formação de professores de matemática do ensino médio. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 100, n. 254, p. 54-81, 2019.

<https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.100i254>

RICHIT, Adriana; PONTE, João Pedro da; TOMKELSKI, Mauri Luís. Desenvolvimento da prática colaborativa com professoras dos anos iniciais em um estudo de aula. *Educar em Revista*, v. 36, p. 1-24, 2020.

<https://doi.org/10.1590/0104-4060.69346>

RICHIT, Adriana; PONTE, João Pedro da; TOMKELSKI, Mauri Luís. Professional Collaboration among Elementary School Teachers in Lesson Study. *Journal of Research in Mathematics Education*, v. 13, n. 2, p. 111-131, 2024. <http://dx.doi.org/10.17583/redimat.14337>

RINCÓN, Jenny Patricia Acevedo; FIORENTINI, Dario. Uma estudo de aula 'glocal': o caso das práticas pedagógicas em matemáticas. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, v. 7, n. 2, p. 24-44, 2017.

RODRIGUES, Micaías Andrade. *Estudo de aula em comunidades de prática para o ensino de Física: um estudo de caso em Teresina - PI*. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2019.

SCHNEIDER, Rebecca; PLASMAN, Kellie. Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, v. 81, n. 4, p. 530-565, 2011.

<https://doi.org/10.3102/003465431142338>

SHAMSUDIN, Nurshamshida; ABDULLAH, Nabilah; YAAMAT, Nurlatifah. Strategies of teaching science using an inquiry based science education (IBSE) by novice chemistry teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 90, p. 583-592, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.129>

SHULMAN, Lee. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. <http://www.jstor.org/stable/1175860>

SHULMAN, Lee. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, p. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SHULMAN, Lee. Research on teaching: A historical and personal perspective. In: SHULMAN, Lee. *The wisdom of practice: Essays on teaching learning and leaning to teach*. São Francisco: Jossey-Bass, 2004. p. 364-381

SIMS, Linda; WALSH, Daniel. Lesson Study with preservice teachers: Lessons from lessons. *Teaching and Teacher Education*, v. 25, p. 724-733, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.10.005>

STIGLER, James; HIEBERT, James. *The teaching gap: Best ideas from the world's teacher for improving education in the classroom*. New York: Sumit Books, 1999.

TOMKELSKI, Mauri Luís. *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Professores de Física no Contexto do Estudo de Aula*. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2024.

<https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10400.5/98515>

TOMKELSKI, Mauri Luís; BAPTISTA, Mónica. PCK of Physics Teachers about the use of Multiple Representations in a Lesson Study. *Sisyphus — Journal of Education*, v. 11, n. 2, p. 164-186, 2023.

<https://doi.org/10.25749/sis.28904>

TOMKELSKI, Mauri Luís; BAPTISTA, Mónica; RICHIT, Adriana. Professional Learning of Physics Teachers in Lesson Study: exploring inquiry tasks. *Acta Scientiae*, v. 24, n. 6, p. 514-551, 2022.

<https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7019>

TOMKELSKI, Mauri Luís; BAPTISTA, Mónica; RICHIT, Adriana. Physics teachers' learning on the use of multiple representations in lesson study about Ohm's law. *European Journal of Science and Mathematics Education*, v. 11, n. 3, p. 427-444, 2023. <https://doi.org/10.30935/scimath/12906>

VAN DRIEL, Jan; VERLOOP, Nico; DE VOS, Wobbe. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 6, p. 673-695, 1998.

YOSHIDA, Makoto. *Lesson study: A case study of a Japanese approach to improving instruction through school-based teacher development*. Doctoral dissertation, University of Chicago, 1999.

Contribuição: Autor1: concepção e desenho da pesquisa; adaptação metodológica ao contexto da pesquisa; elaboração dos instrumentos de recolha de dados; recolha dos dados; análise e interpretação dos dados; elaboração do texto final; Autora 2: concepção e desenho da pesquisa; adaptação metodológica ao contexto da pesquisa; análise e interpretação dos dados; elaboração do texto final; Autora 3: concepção e desenho da pesquisa; adaptação metodológica ao contexto da pesquisa; elaboração dos instrumentos de recolha de dados; análise e interpretação dos dados; elaboração do texto final.

Apoio ou financiamento: Nosso agradecimento especial aos professores envolvidos neste estudo de aula, que contribuíram para a realização desta investigação; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo n.º 307153/2023-1).

Disponibilidade de dados de pesquisa: Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor Mauri Luís Tomkelski pois, a fração de dados que dá suporte aos resultados deste artigo faz parte do conjunto de dados da Tese do autor correspondente, podendo ser disponibilizados se solicitados, mediante solicitação razoável, conforme previsto nos termos éticos da investigação

Editora responsável - Editora chefe: Angela Scalabrin Coutinho

Revisor(a): Mauri Luís Tomkelski e Adriana Richit

Como citar este artigo:

TOMKELSKI, Mauri Luís; RICHIT, Adriana; BAPTISTA, Mónica. *Conhecimento Didático de Professores de Física num Estudo de Aula. Educar em Revista, Curitiba*, v. 41, e94801, 2025. <https://doi.org/10.1590/1984-0411.94801>

Recebido: 05/03/2024

Aprovado: 14/01/2025

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos de licença Creative Commons.

