

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Inovação didática no Ensino de Física: um estudo sobre a adoção do método *Peer Instruction* pelos alunos de Mestrados Profissionais em Ensino no Brasil

Ana Amélia Petter

Porto Alegre
2021

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Inovação didática no Ensino de Física: um estudo sobre a adoção do método *Peer Instruction* pelos alunos de Mestrados Profissionais em Ensino no Brasil

Ana Amélia Petter

Dissertação apresentada ao Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física sob orientação dos professores Dr. Ives Solano Araujo e Dr. Tobias Espinosa.

Porto Alegre

2021

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Ana Luiza Schneider Petter e Marcos Antonio Petter, pois sem eles não seria possível atingir meus objetivos. Agradeço o apoio e amor incondicional deles, essencial durante toda minha formação.

À minha irmã, Sâmara Luiza Petter, gostaria de agradecer por não medir esforços para me ajudar e estar ao meu lado compartilhando os momentos difíceis e fáceis dessa trajetória. Não existem palavras que descrevam toda minha gratidão por ter minha família ao meu lado, me apoiando com meus sonhos.

Aos meus avós, Erny Francisco Petter e Gescy Nesira Petter, gostaria de agradecer por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a perseguir meus sonhos. Vocês me inspiram a viver e lutar pelos meus objetivos. Meus sinceros agradecimentos por todos os ensinamentos sobre a vida.

Essas são as pessoas que me tornaram quem eu sou e são elas que me proporcionaram conhecer algumas pessoas muito importantes da minha vida que passo a agradecer.

Às minhas amigas, Luana Paludo e Carolina Sturmer Schmitt, companheiras de vida da infância. Com elas não têm uma hora difícil, sempre estão presentes de alguma maneira no meu dia a dia.

À Leticia Glass, uma pessoa que a universidade me proporcionou conhecer e que hoje faz parte da minha vida, companheira para todos os momentos bons e ruins vivenciados dentro e fora da universidade. Ao meu amigo, Douglas Grando de Souza que esteve presente em toda jornada, companheiro de eventos, de estudos e de vida. Ao meu amigo, Felipe Percheron por todos os conselhos e conversas, e por todos os trabalhos desenvolvidos em conjunto.

Aos meus orientadores, Ives Solano Araujo e Tobias Espinosa de Oliveira, por todos os ensinamentos e oportunidades possibilitadas por vocês. Sou muito grata por todos os conselhos, pelas incríveis discussões e pelo incrível exemplo de professor e pesquisador que vocês proporcionaram.

À professora Eliane Angela Veit por todas as conversas e conselhos sobre o trabalho e vida acadêmica e por toda a sua disposição para me auxiliar a sanar dúvidas em diferentes momentos do curso.

Muito obrigada!

Lista de Figuras

Figura 1 - Sequência de atividades esperadas para o professor e aluno ao usar o <i>Peer Instruction</i> combinado com <i>Just-in-Time Teaching</i>	17
Figura 2 - Modelo do processo de decisão pela adoção de inovações.	46
Figura 3 - Distribuição do total de trabalhos, em cada categoria de análise, em função de alterações introduzidas no método PI.	62
Figura 4 - Frequência das menções às barreiras de acordo com sua natureza.	81

Lista de Quadros

Quadro 1 - Organização do Método de Ensino do PI referente ao momento extraclasse de preparo prévio dos alunos.	20
Quadro 2 - Domínios possíveis de aplicação da análise de conteúdo.....	51
Quadro 3 - Categorias de análise do estudo e sua descrição.....	55
Quadro 4 - Princípios pedagógicos que sustentam cada característica (categoria) do Peer Instruction.	56
Quadro 5 - Reinvenções e justificativas apresentadas pelos docentes em relação às questões intercaladas com exposições orais (C4).....	64
Quadro 6 - Reinvenções e justificativas apresentadas pelos docentes em relação à preparação prévia como indicado pelo método (C1).....	66
Quadro 7 - Reinvenções e razões indicadas pelos docentes em relação à discussão entre os colegas (C7).	70
Quadro 8 - Reinvenção e razões indicadas pelos docentes em relação à reflexão individual do estudante para cada teste conceitual (C5).	71
Quadro 9 - Reinvenções e razões indicadas pelos docentes em relação à segunda votação dos testes conceituais individual (C8).	72
Quadro 10 - Distribuição de pontos atribuídos para cada barreira apresentada na questão 16 (vide Apêndice 1). As cores indicam a natureza da barreira: azul – pessoais (i.e., docentes); rosa – temporais; laranja – infraestruturais; e verde - sociais.....	79

Resumo

Entre outros fatores, a melhoria da qualidade da educação escolar demanda investimentos na formação didático-pedagógica dos docentes. Essa não deve ficar restrita à formação inicial, mas também incluir à continuada, auxiliando-os a refletirem sobre suas práticas, construírem e adaptarem soluções inovadoras, à altura dos desafios que encontram em seus respectivos contextos educacionais. Ao encontro desse objetivo, apresentamos os resultados de um estudo sobre a adoção de um dos métodos ativos mais utilizados no ensino de física, o *Peer Instruction* (PI). Este método possibilita engajar os estudantes no seu processo de aprendizagem, promover a aprendizagem conceitual e desenvolver habilidades sociais e cognitivas, por meio da aplicação e discussão de questões conceituais entre os alunos em sala de aula e indicação de tarefas de leitura prévia às aulas. O PI vem sendo adotado no contexto dos Mestrados Profissionais em Ensino (MPEs), onde é demandada a elaboração e implementação de um Produto Educacional inovador e disseminável. Elegemos os participantes de nossa investigação a partir de uma busca por dissertações de MPE em que os professores utilizaram o PI em aulas de Física, no período de 2004 a 2020. Buscamos responder as seguintes questões de pesquisa: i) *Quais são as reinvenções, no sentido atribuído por Everett Rogers, realizadas nas características do método de ensino, PI, no processo de adoção dele no contexto de ensino brasileiro de Física dos MPE? Em que medida elas descaracterizam e/ou potencializam o método? E quais as razões apontadas por esses docentes para essas reinvenções?;* ii) *Quais são as barreiras indicadas pelos professores, alunos do MPE do Brasil, para implementar o PI nas aulas de Física?* Foram selecionadas e analisadas 45 dissertações, com seus respectivos produtos educacionais, e aplicado um questionário com os autores dos trabalhos sobre a implementação do PI. Amparados na Teoria da Difusão de Inovações, de Everett Rogers, realizamos uma análise de conteúdo dos documentos selecionados e, em seguida, comparamos e complementamos os resultados com as respostas dos professores ao questionário. As mudanças mais recorrentes no PI, identificadas no estudo, foram: ausência da tarefa de leitura, onde originalmente os alunos tomam o primeiro contato com o conteúdo a ser estudado; e a aplicação de questões conceituais ao final do período, e não ao longo da aula, intercalado com breves exposições orais do professor, como proposto pelo autor do método. Dentre as razões às modificações identificadas, estão questões relacionadas aos alunos (e.g., falta de engajamento), à instituição (e.g., falta de infraestrutura e elevada quantidade de alunos por turma) e aos docentes (e.g., crenças de ensino e aprendizagem desalinhadas com os princípios pedagógicos que sustentam o método e alta carga horária de trabalho). Já as barreiras mais recorrentes estão relacionadas com questões sociais (e.g., falta de apoio da instituição, resistência estudantil, ...), temporais (e.g., falta de tempo para realização das tarefas) e infraestruturais (e.g., ausência de materiais ou de organização dos recursos). Além disso, levantamos hipóteses explicativas para as modificações que podem servir de ponto de partida para estudos futuros sobre o tema. Por fim, esperamos que os resultados apresentados possam auxiliar futuros adotantes do PI a realizarem uma implementação mais consciente, tanto em relação às principais características do método e os princípios pedagógicos que o sustentam, quanto em relação às possíveis dificuldades que enfrentará ao longo do caminho. Assim, o professor interessado em adotar o PI encontrará na presente dissertação subsídios para o planejamento, execução e avaliação da própria prática.

Palavras-chave: Ensino de Física; Inovação didática; *Peer Instruction*; Mestrado Profissional em Ensino; Teoria da Difusão de Inovações.

Abstract

Among other factors, improving the quality of school education requires investments in the didactic-pedagogical training of teachers. This should include pre-service and in-service teacher training, helping them to reflect on their own practices and to build and adapt innovative solutions to face the challenges encountered in their educational contexts. In line with this, this article presents the results of a study on the adoption of one of the most used active methods in the teaching of physics, the Peer Instruction (PI). This method allows to engage students in their learning process, promote conceptual learning and develop social and cognitive skills, through the application and discuss of ConcepTests among students in the classroom and through the indication of reading assignment to classes. The PI has been adopted in the context of Brazilian Professional Master of Teaching programs (PMTs) in which the development and implementation of an innovative and diffusible educational product is demanded. We chose the participants of our investigation based on a search for dissertations of PMT in which the teachers used the PI in physics classes, in the period from 2004 to 2020. We answer the following research questions: i) What are the reinventions, in the sense attributed by Everett Rogers, carried out in the characteristics of the teaching method, PI, in its adoption process in the context of Brazilian Physics teaching, of the PMTs programs? To what extent do they mischaracterize and/or enhance the method? And what are the reasons given by these teachers for these reinventions?; ii) What are the barriers indicated by teachers, students of the PMTs programs in Brazil, to implement PI in Physics classes? Were selected and analyzed 45 master's degree dissertations and applied a questionnaire about the implementation of the PI to its authors. Supported by Everett Rogers Theory of Diffusion of Innovations was carried out a content analysis of the selected documents and then we compare and complemented it with the teachers' responses to the questionnaire. The most recurrent changes in the PI, identified in this study, were: absence of reading assignment, where students originally make the first contact with the content to be studied; and the application of ConcepTests at the end of the classroom, and not during the class, interspersed with brief oral lectures by the teacher, as proposed by the author of the method. Among the reasons for the identified changes are questions related to students (e.g., difficulty getting students engaged), to the institution (e.g., lack of infrastructure and high number of students in each class) and teachers (e.g., teaching and learning beliefs out of alignment with the pedagogical principles that support the method and high workload). And the most frequently reported barriers are related to social (e.g., lack of support from the institution, student resistance, ...), temporal (e.g., lack of time to prepare tasks) and infrastructural (e.g., lack of materials or of organization of resources). In addition, some explanatory hypotheses about changes were elaborated and may serve as a starting point for future studies on the topic. Finally, we hope that these results help future adopters of the PI to carry out a more conscious implementation, both in relation to the main characteristics of the method and the pedagogical principles that support it, and in relation to the possible difficulties that it will face along the way. Thus, the teacher interested in adopting the PI will find in this dissertation subsidies for the planning, execution, and evaluation of the practice itself.

Keywords: Physics education; Didactic innovation; Peer Instruction; Professional Master of Teaching; Diffusion of Innovation Theory.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. ESTUDOS ANTERIORES	13
2.1. OS MESTRADOS PROFISSIONAIS EM ENSINO.....	13
2.2. O <i>PEER INSTRUCTION</i>	15
2.3. ADOÇÃO E DIFUSÃO DE INOVAÇÕES DIDÁTICAS	20
2.3.1. ARTIGOS DE REVISÃO DA LITERATURA	21
2.3.2. COMO OS MÉTODOS ATIVOS DE ENSINO SÃO IMPLEMENTADOS?.....	23
2.3.3. QUAIS AS PRINCIPAIS BARREIRAS À ADOÇÃO DE INOVAÇÕES DIDÁTICAS?	28
2.3.4. COMO SÃO DIFUNDIDOS OS MÉTODOS ATIVOS DE ENSINO?	34
2.3.5. QUE ESTRATÉGIAS FACILITAM A MUDANÇA DA PRÁTICA DOCENTE?.....	35
3. REFERENCIAL TEÓRICO	43
3.1. TEORIA DA DIFUSÃO DE INOVAÇÃO – EVERETT ROGERS	43
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	50
4.1. ANÁLISE DE CONTEÚDO DE LAURENCE BARDIN.....	50
4.2. ANÁLISE DE CONTEÚDO DAS DISSERTAÇÕES	52
4.3. COLETA DE DADOS ADICIONAIS - QUESTIONÁRIO	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1. SOBRE AS REINVENÇÕES REALIZADAS NO <i>PEER INSTRUCTION</i>	61
5.1.1. MUDANÇAS EM QUESTÕES INTERCALADAS COM EXPOSIÇÕES ORAIS (C4)	63
5.1.2. MUDANÇAS NA PREPARAÇÃO PRÉVIA (C1).....	65
5.1.3. MUDANÇAS NA APLICAÇÃO DE TESTES CONCEITUAIS EM SALA DE AULA (C9).....	68
5.1.4. MUDANÇAS NAS EXPOSIÇÕES ORAIS BREVES (C3).....	69
5.1.5. MUDANÇAS NA DISCUSSÃO ENTRE COLEGAS (C7)	70
5.1.6. MUDANÇAS NA REFLEXÃO INDIVIDUAL DOS TESTES CONCEITUAIS (C5).....	71
5.1.7. MUDANÇAS NA SEGUNDA VOTAÇÃO INDIVIDUAL DOS TESTES CONCEITUAIS (C8) ..	72
5.1.8. MUDANÇAS NA PRIMEIRA VOTAÇÃO INDIVIDUAL DOS TESTES CONCEITUAIS (C6) ..	74
5.1.9. MUDANÇAS NA AVALIAÇÃO DAS TAREFAS DE PREPARAÇÃO PRÉVIA (C11)	74
5.1.10. MUDANÇAS NA ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS ÀS TAREFAS DE PREPARAÇÃO PRÉVIA (C2)	75
5.1.11. MUDANÇAS NA AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS AOS TESTES CONCEITUAIS (C10) ..	76
5.1.12. SOBRE AS REINVENÇÕES PARA A ADOÇÃO CONTINUADA DO PI (APÓS O MPE).....	76
5.2. SOBRE AS BARREIRAS ENFRENTADAS PARA ADOÇÃO DO <i>PEER INSTRUCTION</i>	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS.....	92
APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES SELECIONADOS PARA O ESTUDO.....	98

APÊNDICE 2 – CONVITE PARA RESPONDER AO QUESTIONÁRIO ENVIADO POR E-MAIL PARA OS PROFESSORES SELECIONADOS PARA O ESTUDO ...	105
APÊNDICE 3 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	106

1. INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9.394/96) (BRASIL, 1996) instaura que a educação, dever da família e do Estado, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, por isso, um dos onze princípios estabelecidos na lei é a garantia da qualidade do ensino. Araujo e Vianna (2011) destacam ser consenso na sociedade, e ratificado pela pesquisa em ensino, que a qualidade da educação não pode ser desvinculada da qualidade da formação docente, entre outros fatores. Essa formação docente, por sua vez, não deve se restringir à formação inicial, e precisa auxiliar os professores a refletirem sobre sua prática e solucionarem problemas em sala de aula por meio da implementação e (re)construção de inovações didáticas.

Dentre as inovações didáticas diretamente relacionadas à ação docente se encontram os métodos ativos de ensino, entendidos como aqueles em que o engajamento dos alunos é promovido atribuindo-lhes um papel ativo no processo de aprendizagem e os tornando corresponsáveis pela sua própria aprendizagem (ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019). Dentre esses métodos, o *Peer Instruction* (PI) (MAZUR, 1997; 2015), desenvolvido pelo Prof. Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA), é reconhecido internacionalmente como um dos métodos ativos mais implementados no Ensino de Física (MÜLLER *et al.*, 2017). No PI, os alunos são estimulados, durante as aulas, a discutirem com seus colegas suas respostas a questões conceituais, propostas pelo professor. O método visa tornar o aluno mais ativo em sala de aula e engajado no seu processo de aprendizagem (MÜLLER *et al.*, 2017), e tem como parte de sua base pedagógica a ideia de que um aluno pode aprender com o outro (MAZUR, 2015).

No contexto de ensino superior norte-americano, Henderson e Dancy (2009) constataram que o PI, além de ser o método mais adotado, é também o que sofre mais modificações em sua implementação, algumas delas eliminando as potencialidades do método. Recentemente, Chasteen e Chattergoon (2020) realizaram um estudo semelhante e compararam seus dados com os de Henderson e Dancy (2009). Nesse estudo, Chasteen e Chattergoon (2020) identificaram que o PI continua sendo um dos métodos de ensino mais adotado, mas que a quantidade de professores conscientes das estratégias de ensino ativo não aumentou na última década. Além disso, os autores detectaram que a porcentagem de professores que experimentou uma ou mais dessas estratégias é menor que há 10 anos.

Indícios de que professores que implementam o PI modificam aspectos essenciais do método podem ser encontrados tanto no contexto brasileiro de ensino de Física como no norte-

americano (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016; MÜLLER, 2017). Ou seja, tais estudos indicam que o PI é adotado, mas que é improvável que os professores o adotem da maneira como foi desenvolvido, nos diferentes contextos.

Todo método de ensino, de forma explícita ou implícita, assume pressupostos pedagógicos que na maior parte das vezes, com maior ou menor rigor, estão ligados às justificativas para sua adoção (ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019). Ao modificar o método para viabilizá-lo em certo contexto educacional, ou aplicá-lo sem considerar adequadamente tal contexto, o docente pode se aproximar ou se afastar das razões pedagógicas que sustentam as estratégias práticas do método. Isto é, as modificações realizadas podem ser simplificações que desvirtuam as intenções originais ou podem potencializá-las, expandindo o método a um novo contexto, particular e inédito (ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019; HENDERSON; DANCY, 2008; HENDERSON; DANCY, 2009).

Um dos contextos em que o PI vem sendo adotado é o dos Mestrados Profissionais em Ensino (MPEs) de Física¹. O foco dos MPEs está na formação docente, na pesquisa aplicada e no desenvolvimento de produtos e processos educacionais que sejam implementados em condições reais de ensino (CAPES, 2013). Em outras palavras, os MPEs objetivam enriquecer a formação dos professores “[...] *com foco na gestão, produção ou aplicação do conhecimento, visando à solução de problemas ou proposições de inovações [...]*” (BRASIL, 2008, p. 1).

Nesses cursos é esperado que o mestrando desenvolva: um produto educacional inovador e disseminável, que seja analisado e utilizado por outros professores em contextos diversos; e uma dissertação com a descrição dos processos que culminaram no produto e com o relato da sua aplicação em situações reais de ensino (BRASIL, 2015; CAPES, 2012a). No âmbito do MPE de Física, Moreira (MOREIRA, 2021) indica que esses PEs podem ser “[...] *um aplicativo, um texto para o professor, um vídeo, uma estratégia didática, o uso do computador, do celular, etc. [...]*”. Existem muitas estratégias para que o autor, professor em exercício, inove em sala de aula para ensinar Física.

Contudo, alguns estudos evidenciam que os produtos educacionais não têm sido disseminados a contento, e nem mesmo os autores dos trabalhos continuam aplicando seus produtos após o término do MPE (ANTUNES JUNIOR, 2018; SCHÄFER, 2013; PRADO, 2011). Apesar dessa constatação, as pesquisas na área se concentram na identificação e categorização, não se ocupando com uma investigação mais ampla sobre a qualidade, a

¹ Essa afirmação é baseada na análise dos títulos e resumos de todos os trabalhos do MNPEF disponíveis na plataforma Sucupira até o início da pesquisa, isto é, para os anos de 2015 a 2019.

implementação e a disseminação desses produtos (REBEQUE; OSTERMANN; VISEU, 2017), o que se constitui em uma lacuna para se pensar possíveis soluções para enfrentar a baixa disseminação dos produtos educacionais. Em relação à disseminação de inovações, em uma perspectiva rogeriana (ROGERS, 2003), a disseminação de um produto educacional implica em sua ampla adoção em diferentes contextos de ensino. A disponibilidade e facilidade de acesso aos produtos é condição necessária, facilitadora da disseminação, mas não suficiente.

Assim, procurando entender os desafios enfrentados pelos docentes ao tentar inovar em sala de aula, no presente estudo buscamos investigar a adoção do método ativo de ensino, PI, pelos professores, ex-alunos do MPE, que o implementaram em suas dissertações e produtos educacionais, com base na Teoria da Difusão de Inovações, de Everett Rogers (2003) (vide Seção 4.1). Mais especificamente, analisamos como o PI foi implementado por discentes de cursos de MPE do Brasil com temas de Física para o desenvolvimento de suas dissertações, com o intuito de identificar: quais as reinvenções realizadas, as justificativas apontadas para essas reinvenções e as barreiras enfrentadas pelos docentes para viabilizarem a incorporação do método em sua prática.

Com isso, ao longo deste estudo, buscamos responder as seguintes questões de pesquisa:

i. Quais são as reinvenções, no sentido atribuído por Everett Rogers, realizadas nas características do método de ensino, Peer Instruction, no processo de adoção dele no contexto de ensino brasileiro de Física dos Mestrados Profissionais em Ensino? Em que medida elas descaracterizam e/ou potencializam o método? E quais as razões apontadas por esses docentes para essas reinvenções?

ii. Quais são as barreiras indicadas pelos professores, alunos do Mestrado Profissional em Ensino do Brasil, para implementar o Peer Instruction nas aulas de Física?

Além dessas questões, este estudo também buscou levantar hipóteses sobre os resultados encontrados como ponto de partida para pesquisas futuras.

Para responder as questões de pesquisa, inicialmente realizamos uma análise de conteúdo, segundo as orientações metodológicas de Bardin (2011) (vide Seção 5.1), nos textos das dissertações e produtos educacionais dos professores que implementaram o PI em aulas de Física durante o MPE. No entanto, devido à falta de informações sobre as características do PI em alguns desses documentos, foi necessário elaborar e aplicar um questionário, para coleta de dados adicionais sobre a implementação do método. Adicionalmente, incluímos questões relacionadas à confirmação da adoção, isto é, da implementação contínua do método após a

conclusão do curso de mestrado. Para compreender e analisar o processo de mudança da prática dos professores, bem como elaborar as questões que compõem o questionário, adotamos a Teoria da Difusão de Inovações de Everett Rogers (2003), uma das principais referências em estudos sobre adoção e difusão de inovações educacionais (MÜLLER, 2017; SMITH, 2012).

O projeto da presente dissertação foi registrado na Plataforma Brasil sob o número 34076820.3.0000.5347 e teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Esta dissertação está dividida em seis seções além desta introdução. Em sequência, na Seção 2, apresentamos os estudos anteriores sobre: os Mestrados Profissionais em Ensino; o método ativo de ensino, *Peer Instruction*; e a Adoção e Difusão de Inovações Didáticas. O referencial teórico, a Teoria da Difusão da Inovação, de Everett Rogers, é exposto na Seção 3. Na Seção 4 descrevemos o referencial metodológico, a análise de conteúdo, de Laurence Bardin, e a metodologia de pesquisa das duas fases do estudo – dissertações e questionário. Na sequência, Seção 5, apresentamos os resultados do estudo e a discussão. Por fim, na Seção 6 expomos as considerações finais.

2. ESTUDOS ANTERIORES

Neste capítulo apresentamos os Mestrados Profissionais em Ensino (Seção 2.1), o *Peer Instruction* (Seção 2.2) e uma breve revisão da literatura sobre Adoção e Difusão de métodos ativos de ensino, ampliando os trabalhos realizados por Müller (2017) e Espinosa (2019) (Seção 2.3).

2.1. Os Mestrados Profissionais em Ensino

Os Mestrados Profissionais foram criados pela CAPES² com a Portaria nº 47 em 1995 (BRASIL, 1995), mas apenas em 2002 surgiu o primeiro curso de Mestrado Profissional em Ensino (MPE). Esse curso, o Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS, era vinculado à Área de Ensino de Ciências e Matemática (MOREIRA, 2004). Desde o início, um dos principais objetivos do MPE é “*capacitar profissionais qualificados para o exercício da prática profissional avançada e transformadora de procedimentos, visando atender demandas sociais, organizacionais ou profissionais e do mercado de trabalho*” (BRASIL, 2017).

Para Moreira e Nardi (2009, p.5) “*o foco do mestrado profissional em ensino deve estar na aplicação do conhecimento, não na produção do conhecimento, ou seja, no desenvolvimento, na pesquisa aplicada não na pesquisa básica*”. O que indica que o MPE e o Mestrado Acadêmico (MA) são intrinsecamente diferentes. No MA espera-se formar, a longo prazo, um pesquisador, enquanto no MPE almeja-se formar um profissional capacitado a localizar, identificar e utilizar a pesquisa de maneira a agregá-la nas suas atividades externas de interesse social ou pessoal (RIBEIRO, 2005).

O âmago do MPE é a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de produtos e processos educacionais que sejam implementados em condições reais de ensino (CAPES, 2013). Espera-se que o mestrando desenvolva um produto educacional e uma dissertação com a descrição dos processos que culminaram no produto, bem como a descrição da sua aplicação em situações de ensino (BRASIL, 2015). Além disso, o MPE “[...] *objetiva a capacitação para a prática profissional transformadora com foco na gestão, produção ou aplicação do conhecimento, visando à solução de problemas ou proposições de inovações [...]*” (BRASIL, 2008, p. 1). Dessa forma, visa contribuir à formação profissional e de recursos humanos qualificados para formular produtos inovadores, que contribuam para melhoria da educação básica e superior e para disseminação do que foi criado em outros contextos educacionais. Nesse sentido, “A

² Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (<https://www.capes.gov.br/>).

*dissertação do Mestrado Profissional da Área de Ensino deve, necessariamente, apresentar um produto educacional que possa ser **disseminado**, analisado e utilizado por outros professores.*” (CAPES, 2012a, grifo nosso).

Sabendo da importância dos MPE, a CAPES em parceria com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) lançou quatro editais, entre 2006 e 2012, do Observatório da Educação. Este tinha como objetivo “*fomentar a produção acadêmica e a formação de recursos humanos em educação, em nível de pós-graduação, mestrado e doutorado, e incentivar a articulação entre pós-graduação, licenciaturas e escolas da rede pública de educação básica*” (CAPES, 2012b). Tal iniciativa possibilitou que pesquisadores fortalecessem o diálogo na comunidade acadêmica e analisassem dados educacionais relacionados a diferentes níveis e modalidades da educação.

Um resultado dessa iniciativa foi a revisão da literatura sobre os MPE realizada por Rebeque, Ostermann e Viseu (2017). Nesse estudo, os autores buscaram por trabalhos sobre MPECM (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática), publicados entre 2007 e 2016, sendo 20 encontrados nas revistas consultadas e 17 em cinco edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Os trabalhos selecionados foram analisados e os autores identificaram os principais temas explorados em cada um. São eles: (a) aspectos gerais do mestrado profissional e do mestrado acadêmico na área de Ensino de Ciências e Matemática (n=4); (b) identificação e categorização de dissertações e produtos educacionais (n=12); (c) entrevistas com egressos de MPECM (n=6); (d) contribuições e potencialidades dos MPECM para a formação continuada de professores (n=5); (e) discussão sobre os Mestrados Profissionais em Rede Nacional (n=2); (f) investigações de vários aspectos no contexto específico de cursos de MPECM (n=7).

Villani *et al.* (2017) realizaram uma revisão da literatura, abrangendo o período de 2000 até 2015, para investigar os focos de pesquisas sobre os Mestrados Profissionais em Ensino de Ciências (MPEC). Os autores analisaram 26 trabalhos, distribuídos em duas categorias: (i) *A natureza ampla do MPEC: estrutura, especificidade e efetividade* e (ii) *o MPEC e o desenvolvimento profissional docente*. A primeira delas engloba uma das questões mais controversas presente nos trabalhos analisados: as semelhanças e diferenças entre os mestrados profissionais e mestrados acadêmicos. Já com relação à segunda, os autores utilizaram oito dimensões³, definidas em outro estudo (BAROLLI; VILLANI; MAIA, 2017), que

³ A saber: (i) atualização dos conhecimentos científicos; (ii) atualização dos conhecimentos pedagógicos; (iii) organização e condução do ensino; (iv) sustentação da aprendizagem dos alunos; (v) participação na gestão

correspondem a saberes da prática docente e que na visão dos autores requerem aprimoramento constante ao longo da carreira. Essas dimensões têm base em saberes, competências e habilidades que a literatura considera significativa ao ofício do magistério.

Com relação aos trabalhos analisados (N=26), um dos resultados encontrados aponta que os pesquisadores que estudam os MPEC têm se preocupado mais com a divulgação da natureza dos produtos educacionais das produções (n=17) do que com os potenciais efeitos ou contribuições para o desenvolvimento profissional docente dos mestrados (n=9). A discussão proposta nos trabalhos sobre desenvolvimento profissional evidencia que os alunos do MPEC, em geral, utilizam o curso para atualizar seus conhecimentos pedagógicos. Nessa atualização o estudo de novas metodologias de ensino e o auxílio dos orientadores, durante o curso, para inovar as práticas docentes são fatores importantes. Tais informações indicam que os métodos de ensino, como o *Peer Instruction*, são conhecidos e conseqüentemente implementados nos produtos educacionais por diversos professores, alunos do MPE.

Outra implicação para nossa pesquisa dessas duas revisões (REBEQUE; OSTERMANN; VISEU, 2017; VILLANI *et al.*, 2017) foi o apontamento de que grande parte dos artigos sobre o MPE focam em identificar e categorizar as dissertações e produtos educacionais, não investigando a qualidade, a utilização e a disseminação desses materiais. Nesse sentido, nossa pesquisa buscou contribuir para o estudo da utilização de um método de ensino presente nos produtos educacionais. Em particular, analisamos o alinhamento da implementação do método *Peer Instruction* pelos alunos de MPE com os princípios pedagógicos que sustentam suas atividades. Buscamos entender como os professores adequaram o *Peer Instruction* às suas condições específicas de ensino para sua adoção, identificando as modificações realizadas, suas razões e as dificuldades enfrentadas.

2.2. O *Peer Instruction*

O *Peer Instruction* (PI), ou Instrução pelos Colegas, é um método ativo de ensino desenvolvido pelo Prof. Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA) na década de 90 do século XX. O principal objetivo desse método é promover a aprendizagem de conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes (ARAUJO; MAZUR, 2013). Ou seja, transformar a participação dos estudantes, de passiva para ativa, em sala de aula, envolvendo o aluno no seu processo de ensino-aprendizagem, apresentando uma

escolar; (vi) investigação sobre a própria prática; (vii) planejamento da carreira profissional; (viii) participação na responsabilidade social.

estrutura que promove práticas argumentativas entre os próprios alunos, conduzindo a novos conhecimentos (TULLIS; GOLDSTONE, 2020).

Ao longo dos anos o método passou por algumas atualizações em relação às tarefas de preparação prévia. A seguir apresentamos o método da forma proposta pelo desenvolvedor inicialmente (MAZUR, 1997) e na sua versão atualizada (MAZUR; WATKINS, 2010; ARAUJO; MAZUR, 2013).

O método, como descrito por Mazur (1997), inicia com a realização de uma tarefa de preparação prévia à aula, por parte do estudante. Nela, o aluno realiza, por exemplo, a leitura de uma parte do livro didático ou assiste a um vídeo, de forma a ser introduzido ao conteúdo. Nessa primeira versão do método, ao chegar em sala de aula, é esperado que o professor proponha *quizzes* (questionários) aos alunos e, na sequência, utilize as respostas deles como base para uma exposição oral sobre os conceitos estudados. De modo a valorizar o tempo em sala de aula, adaptando suas exposições às necessidades e interesses apresentados nas respostas aos *quizzes* pela turma.

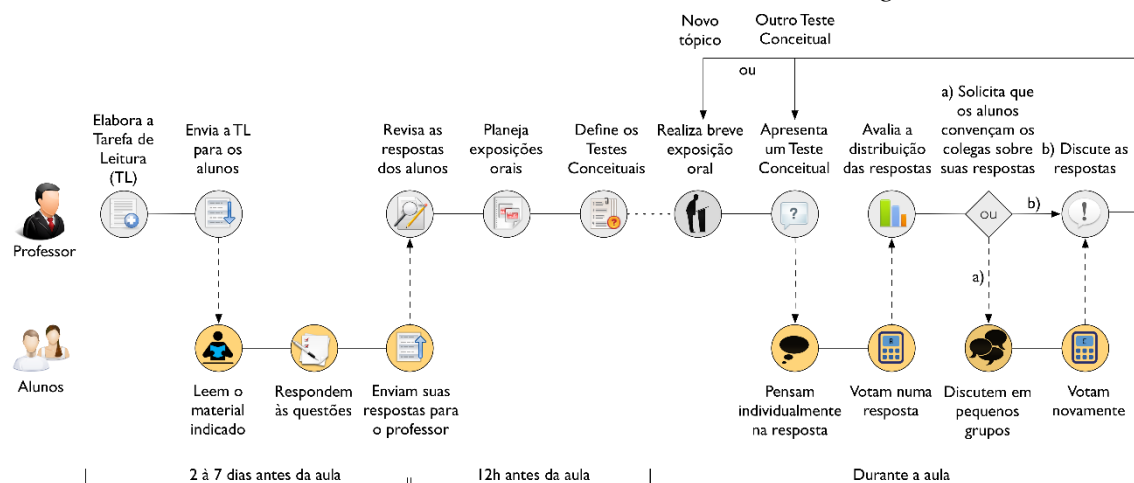
Em versão atualizada do método (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR; WATKINS, 2010) é proposta a combinação do *Peer Instruction* com o *Just-in-Time Teaching*⁴ (*Ensino sob Medida*). Nessa proposta, como exposto da Figura 1, é recomendado que o professor indique aos estudantes uma tarefa de leitura (*reading assignment*), composta por um material de apoio (*e.g.*, texto, vídeo, simulação, ...), uma questão de *feedback* sobre o entendimento em relação ao conteúdo exposto no material e cerca de duas questões conceituais sobre os conceitos abordados. Ainda antes da aula é esperado que o professor analise as respostas dos alunos e planeje suas exposições para esclarecer as dificuldades dos estudantes, aprofundar a compreensão e apresentar exemplos adicionais, pensando um ensino na medida das necessidades e interesses discentes. Assim, o docente destina o tempo em sala de aula para o engajamento ativo dos alunos e não somente para exposição do conteúdo abordado na Tarefa de Leitura (TL).

Ambas propostas recomendam que o professor, em sala de aula, realize curtas exposições sobre os pontos-chave da tarefa extraclasse, intercaladas com a apresentação de Testes Conceituais (TCs). Esses TCs são compostos por questões conceituais, usualmente de múltipla escolha, relacionadas aos assuntos discutidos nas exposições orais e objetivam expor as

⁴ O *Just-in-Time Teaching*, ou Ensino sob Medida, é um método de ensino proposto por Novak, Gavrin e Christian (1999) que recomenda conectar a dinâmica em sala de aula com tarefas de leitura prévias à aula. Dessa forma, o aluno se prepara, em casa, para as aulas e o professor prepara suas aulas “sob medida”, a partir do *feedback* dos alunos sobre as tarefas prévias, tornando o aluno corresponsável pela sua aprendizagem.

dificuldades comuns dos alunos na compreensão de cada conceito relacionado ao conteúdo introduzido na TL. No PI, a aplicação de questões conceituais é indicada porque se entende que a compreensão conceitual é fundamental para aprendizagem de Física.

Figura 1 - Sequência de atividades esperadas para o professor e aluno ao usar o *Peer Instruction* combinado com *Just-in-Time Teaching*.



Fonte: Adaptado de Araujo e Mazur (2013, p. 374).

Após apresentar e interpretar o TC é recomendado ao docente solicitar aos estudantes que escolham individualmente uma alternativa e pensem em uma justificativa com base nos argumentos desenvolvidos na aula (cerca de dois minutos). Para que os alunos se comprometam com a resposta escolhida e se engajem cognitivamente com os conteúdos em estudo, na sequência, é indicada a realização de uma votação individual. Essa votação pode ser realizada a partir de diferentes sistemas de respostas, como *Flashcards* (cartões de resposta), *Clickers*⁵, *Plickers*⁶ e aplicativos para dispositivos móveis que permitam votação *online*, como o *Socrative*⁷. Dessa maneira, a perspectiva dos alunos “*de ter que convencer os colegas sobre a correção da resposta escolhida, oportuniza o desenvolvimento de habilidades argumentativas e o engajamento cognitivo com os conteúdos em estudo*” (PERCHERON *et al.*, 2021, p. 47).

Conforme a distribuição das respostas, o professor pode prosseguir a aula de três maneiras, considerando “*a variação da compreensão dos estudantes em relação a determinado conceito*” (PERCHERON *et al.*, 2021, p. 47). Quando a frequência de acertos for maior que 70% é aconselhado que o docente explique a questão e prossiga apresentando outra questão do mesmo

⁵ Controles eletrônicos individuais para os alunos que se comunicam por rádio frequência com um receptor ligado ao computador do professor.

⁶ Cartões com códigos, detectáveis por *smartphones*. Disponível em: <https://get.plickers.com/>

⁷ Disponível em <https://www.socrative.com.>

assunto ou reiniciando o processo para um novo conceito. Ou seja, realizando uma nova breve exposição dialogada e apresentando uma questão conceitual de um novo ponto-chave. Para uma frequência de acertos menor que 30% é sugerida uma revisão dos conceitos apresentados de modo a esclarecer possíveis dúvidas dos estudantes, seguida de uma nova questão.

É desejável, para o bom desenvolvimento do método, que a frequência de acertos fique entre 30% e 70%. Nesse cenário, é recomendado organizar os alunos em pequenos grupos (dois a quatro alunos), preferencialmente que tenham escolhido respostas diferentes, e pedir que eles tentem convencer uns aos outros de porque sua resposta é a correta (durante cerca de três minutos).

Após a discussão, é indicada a realização de outra votação individual e esperada uma análise com a turma das alternativas do TC em termos de raciocínio subjacente e de correção das opções. O professor pode optar por prosseguir a aula realizando outros TCs do mesmo tópico ou reiniciando o processo com uma breve exposição dialogada a respeito de um novo ponto-chave. Tais recomendações, conforme já apontado para o caso da primeira votação, visam promover a compreensão conceitual a partir da argumentação, oportunizando ao estudante o desenvolvimento de habilidades argumentativas e o engajamento cognitivo com os conteúdos em estudo. Assim como, *“ao promover uma reflexão sobre as alternativas apresentadas, e não só indicar qual é a correta, o professor permite que possíveis dúvidas remanescentes sejam esclarecidas”* (PERCHERON *et al.*, 2021, p. 47).

Por fim, salientamos a importância das respostas aos TCs e às TLs não serem pontuadas por acerto e erro, mas por empenho e esforço apresentado nas respostas. Afinal, no método é esperado que as avaliações não sejam classificatórias e punitivas (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Os principais trabalhos que pesquisam sobre os impactos na aprendizagem dos estudantes, proporcionados pela adoção do PI, indicam um desempenho superior, em testes padronizados, em relação a turmas de controle, que não adotaram o método (MÜLLER *et al.*, 2017; TULLIS; GOLDSTONE, 2020). Outros resultados positivos, apontados na revisão de literatura realizada por Müller *et al.* (2017) sobre a adoção do PI, estão vinculados com o desenvolvimento de crenças e atitudes positivas em relação ao método, assim como um aumento da aprendizagem conceitual, sem distinções por etnia ou gênero.

Ainda nessa revisão da literatura (*ibid.*), os autores mostram que as pesquisas ocorrem predominantemente na educação superior (n=57 em universidades) e na área STEM (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*) (n=59). Dentro dessa grande área, STEM, o destaque é para a Física (n=31), disciplina de origem do PI. Com notável concentração de artigos provenientes de universidades da América do Norte (n=42). Os autores ainda apontam que a

maioria dos trabalhos analisados não utilizaram referenciais teórico e metodológico para amparar seus achados empíricos. Nesse sentido, a nossa pesquisa apesar de continuar investigando o método na sua disciplina de origem, inovou em analisar como esse processo de adoção ocorre em nível educacional básico e em contexto brasileiro de ensino, amparado na Teoria da Difusão de Inovações (ROGERS, 2003).

Outro resultado relevante da revisão de Müller *et al.* (2017) foi a constatação de que nem todas as pesquisas analisadas utilizaram o método na sua forma original, isto é, foram encontradas modificações na implementação. Como exemplo: articulação com outros métodos, alteração das etapas de votação e do momento de interação com os colegas, entre outras. A variedade de modificações realizadas na implementação é um provável indício da necessidade de adaptação do método em contextos específicos de ensino. Nessa perspectiva, a importância da nossa pesquisa foi reforçada, visto que buscou analisar quais as reinvenções que foram realizadas e qual o impacto delas frente aos princípios que sustentam o método, como proposto pelo seu desenvolvedor.

Ainda visando contribuir com a adoção do PI, redigimos um artigo em que as características teóricas e práticas do método foram mapeadas (PERCHERON *et al.*, 2021). Para tal objetivo, utilizamos como referência a ferramenta analítica de Organização do Método de Ensino, proposta por Espinosa, Araujo e Veit (2019), que parte da perspectiva das Organizações Praxeológicas da Teoria Antropológica do Didático (CHEVALLARD, 1999). O modelo de Organização Praxeológica possibilita descrever atividades humanas regularmente realizadas em instituições, sob uma estrutura constituída por dois blocos de elementos: o da *praxis*, composto por Tipos de tarefa (T) e Técnicas (τ), e o de *logos*, por Tecnologias⁸ (θ) e Teorias (Θ). Nesse sentido, Espinosa, Araujo e Veit (2019) compreendem que os métodos de ensino são conhecimentos social e historicamente legitimados que se transformam ao transitarem interinstitucionalmente, e, assim, podem ser concebidos como atividades humanas a serem estruturadas sob a forma de praxeologias (i.e., Organizações do Método de Ensino).

Partindo dessa perspectiva, propomos uma Organização do Método de Ensino para a estrutura do PI, organizando as atividades desse método em oito tipos de tarefa (três para o momento extraclasse e cinco para a sala de aula), relativas às ações do professor. Para cada tipo de tarefa “*foram identificadas as técnicas sugeridas para resolvê-las e discursos tecnológicos que podem justificar, gerar e/ou explicar essas técnicas*” (PERCHERON *et al.*, 2019, p. 50), a exemplo do exposto no Quadro 1.

⁸ Para Chevallard (1999) a tecnologia é um discurso racional que gera, explica e justifica técnicas.

A ausência de elementos teóricos que justificam, explicam ou geram as tecnologias identificadas é “*característico dos métodos de ensino norte-americanos. Nesse sentido, é difícil encontrar teorias explícitas que justifiquem as tecnologias. O desenvolvimento se dá na prática, e os avanços e modificações são realizados a partir de resultados de investigação empírica*” (ESPINOSA; ARAUJO; VEIT, 2019, p. 386).

Quadro 1 - Organização do Método de Ensino do PI referente ao momento extraclasse de preparo prévio dos alunos.

Tipo de Tarefa (T)	Técnica (τ)	Tecnologia (θ)
T_1 - Possibilitar o preparo prévio dos estudantes.	τ_1 - Disponibilizar aos alunos uma Tarefa de Preparação Prévia (TPP), composta por um material de apoio (e.g., texto ou vídeo) e cerca de três questões, entre 2 e 7 dias antes da aula.	θ_{τ_1} - A TPP, além de valorizar o tempo em sala de aula, promove o pensamento crítico e a habilidade de argumentação dos estudantes. Ademais, estimula a criação do hábito de estudo.

Fonte: Adaptado de PERCHERON *et al.*, 2019, p. 44.

Com essa apresentação do método em forma de uma Organização do Método de Ensino, buscamos auxiliar os futuros adotantes a entender as especificidades do método, mais especificamente seus pressupostos pedagógicos e seus elementos práticos. Ademais, aqueles que já o adotaram, de posse da praxeologia, podem avaliar qualitativamente as modificações que julgaram necessárias implementar para a adequação do método em seu contexto de ensino. Do ponto de vista investigativo, a praxeologia do método permite que o pesquisador analise a adoção de cada elemento do PI em diferentes contextos, como no caso da pesquisa conduzida na presente dissertação. Apesar de não utilizarmos explicitamente o termo praxeologia, proveniente da Teoria Antropológica do Didático (CHEVALLARD, 1999), a construção da Organização Praxeológica do artigo citado (PERCHERON *et al.*, 2021) contribuiu para estabelecermos as principais características e princípios pedagógicos do método utilizados na análise das dissertações.

2.3. Adoção e Difusão de Inovações Didáticas

Nesta seção, apresentamos alguns dos principais estudos sobre adoção e difusão de inovações didáticas no ensino de Física. Esses foram encontrados em uma revisão da literatura realizada por Müller (2017) e expandida por Espinosa (2019), que englobou trabalhos de 2005 até agosto de 2018. Ela contribui para o nosso estudo, por apresentar como a literatura vem tratando o tema, especialmente a adoção de inovações didáticas. Os autores encontraram e analisaram 27 artigos sobre o tema no ensino de Física em nível superior. Ampliamos a busca

até março de 2021, identificando 17 novos estudos, totalizando 44 artigos analisados. Apesar de ampliarmos a busca para artigos que envolvessem o ensino de Física na educação básica, nenhum trabalho nesse nível de ensino foi encontrado.

Nossa busca foi realizada com os mesmos descritores e nas plataformas usadas por Espinosa (2019). A saber, as plataformas utilizadas para busca foram “*Google Scholar*” e “*Web of Science*” (periódicos CAPES) e a base de dados “*Education Resources Information Center*” (ERIC). Nelas utilizamos os descritores: “*Physics Education*” AND “*Diffusion of Innovation*”, “*Physics Education*” AND “*Instructional Change*” e seus correspondentes em português (Difusão de Inovações, Ensino de Física e Mudança Instrucional) e espanhol (*Difusión de Innovación, Enseñanza de la Física, Cambio de Instrucción*).

Foram excluídos artigos que: i) não eram trabalhos de pesquisa; ii) não tinham como foco disciplinas de Física; iii) não abordavam a adoção e difusão de inovações didáticas. A seguir apresentamos brevemente os artigos analisados de acordo com as classificações definidas por Espinosa (2019).

2.3.1. Artigos de revisão da literatura

Foram encontrados três artigos de revisão da literatura. Um deles, Smith (2012), versa sobre difusão de inovações educacionais no ensino superior. A autora analisou 89 artigos publicados entre 2000 e 2009, para sintetizar os fatores que contribuem positiva ou negativamente à difusão de inovações didáticas no ensino superior. Smith (2012) identificou como elementos que contribuem à adoção: i) incentivo institucional (reconhecimento e benefícios), financeiro em alguns casos; ii) discurso institucional adequado com a mudança das aulas; iii) criação de grupos de apoio para discussão das práticas inovadoras; iv) infraestrutura adequada; v) inovação visa solucionar problemas institucionais; vi) os professores tiveram experiências anteriores com práticas inovadoras de ensino. Além desses fatores positivos, a autora indica duas necessidades dos docentes que dificultam a adoção das inovações: i) o tempo de adaptação às novas práticas; e ii) o desenvolvimento de habilidades demandadas pela prática inovadora.

Outro trabalho, realizado por Kapoor, Dwivedi e Williams (2014), investigou o uso da Teoria da Difusão de Inovações (TDI) em pesquisas científicas. Sua busca abrangeu 1377 publicações que usaram a TDI como referencial teórico e foram publicadas de 1996 a 2011. Os

autores realizaram uma análise quantitativa sobre os atributos da inovação⁹ de Rogers (2003) mais citados nas pesquisas. Dentre eles, a vantagem relativa (n=536), a compatibilidade (n=653) e a complexidade (n=834) se destacaram.

Henderson, Beach e Finkelstein (2011) realizaram uma revisão da literatura sobre a mudança da prática instrucional em disciplinas STEM. Foram analisados 191 artigos publicados entre 1995 e 2008, para compreender como as mudanças, na prática instrucional na área STEM, têm sido tratadas na literatura. Com essa revisão, os autores identificaram quatro categorias de estratégias de mudança instrucional. São elas: i) disseminação de currículo e pedagogia; ii) desenvolvimento de professores reflexivos; iii) adoção de políticas; e iv) desenvolvimento de visão compartilhada. Os autores também concluíram que as práticas comuns, de desenvolver e testar materiais curriculares e “melhores práticas” para depois os tornar disponíveis aos outros professores, não produz os efeitos esperados.

A partir dessas três revisões foi possível tomar conhecimento de como a literatura vem tratando o tema, adoção e difusão de inovações didáticas, e evidenciar alguns pontos pertinentes ao estudo. De início, é saliente a necessidade de pesquisas e revisões da literatura sobre o tema, em especial no contexto brasileiro de ensino, visto que esse contexto apresenta poucos estudos e nenhuma revisão sobre o tema até o momento. Além disso, essas revisões priorizaram a investigação da adoção e difusão de inovações didáticas no ensino superior, indicando uma carência de estudos sobre esse tema em nível básico de ensino.

Por fim, o estudo de Kapoor, Dwivedi e Williams (2014) aponta que a TDI vem sendo adotada em pesquisas científicas e seis dos artigos apresentados na sequência adotaram essa teoria como base para sua pesquisa. Tal resultado indica que nossa escolha da TDI como referencial teórico para o presente estudo foi pertinente e compatível com os estudos realizados na área.

Outros 41 artigos que analisaram a adoção e difusão de novas práticas de ensino no contexto de disciplinas de Física universitária foram categorizados e discutidos em quatro questões: *como os métodos ativos de ensino são implementados?* (n=9); *quais as principais barreiras à adoção de inovações didáticas?* (n=10); *como são difundidos os métodos ativos de ensino?* (n=5); e *que estratégias facilitam a mudança da prática docente?* (n=17).

⁹ Os atributos da inovação de Rogers (2003) são: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, testagem e visibilidade. Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada na Seção 3, em que apresentamos referencial teórico.

2.3.2. Como os métodos ativos de ensino são implementados?

Henderson (2005) usou a TDI como ponto de partida para compreender o processo de mudança da prática instrucional de um professor de Física do Ensino Superior e identificar as barreiras enfrentadas. Para isso, o autor acompanhou durante um semestre acadêmico esse docente que apresentou os pré-requisitos necessários para mudar sua prática e tentou inovar. Os pré-requisitos foram: insatisfação com as práticas anteriores; crença de que ao modificar sua prática os resultados de aprendizagem dos estudantes melhorariam; iniciativa de se familiarizar com novos métodos e materiais de ensino provenientes da pesquisa em ensino de Física; participação de um programa nacional de incentivo a novas práticas docentes que visava a melhoria do ensino de disciplinas introdutórias de Física universitária e, com isso, apoio de um professor experiente que assistia alguma de suas aulas e discutia os métodos de ensino com ele.

Durante esse processo de mudança da prática do professor foram identificados quatro fatores limitantes. O primeiro, relacionado com suas crenças, foi as aulas focadas excessivamente na aprendizagem conceitual, o que limitou o desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas. O segundo, refere-se à maneira como o professor se apropriou dos novos métodos de ensino, isto é, a falta de compreensão dos docentes sobre os princípios pedagógicos dos métodos dificultou a implementação. Os outros dois fatores são relacionados ao planejamento otimista das atividades pelo docente, não antecipando possíveis problemas. Como, por exemplo, a necessidade de muito tempo para preparar os materiais das aulas e o tempo para realizar as atividades em sala de aula.

Pundak e Rozner (2008) também realizaram um estudo com a TDI como referencial teórico. No entanto, o objetivo dos autores era investigar o processo de implementação de inovação de professores de Física (n=4) e Cálculo (n=3) que possuíam os pré-requisitos necessários¹⁰. A seguir são comentadas como ocorreram, nessa investigação, as quatro primeiras etapas do processo de implementação propostas por Rogers (2003). A primeira etapa, aquisição de conhecimento sobre as inovações foi por iniciativa do professor e por encontros entre os professores da instituição no Centro para o Desenvolvimento e Avanço do Ensino de Ciências na Universidade. A persuasão, segunda etapa, se deu pelo exercício de planejamento de como adotar os métodos e baseado no conhecimento adquirido na primeira etapa.

¹⁰ Para os autores, os pré-requisitos necessários eram: insatisfação com os resultados de aprendizagem obtidos com as aulas tradicionais; insatisfação dos estudantes com a produtividade das disciplinas para sua formação; e motivação para modificarem suas práticas.

A terceira etapa, de decisão, durou cerca de 10 meses em que os professores desenvolveram materiais e escolheram o(s) método(s) de ensino que usariam. Na quarta etapa, da implementação, os professores enfrentaram dificuldades, como: a limitação do tempo para a implementação de uma variedade de métodos; a necessidade de muito tempo para preparar os materiais das aulas; e os desafios para o uso de tecnologias. Os autores (ibid.) destacam que a presença de um professor assistente, que tenha experiência e conhecimento dos métodos de ensino utilizados, possibilita uma solução mais rápida dos problemas enfrentados.

Müller, Araujo e Veit (2018), amparados na TDI, realizaram um estudo de caso com uma professora de Física de uma universidade pública brasileira. Tal estudo buscava investigar o processo de mudança da prática docente ao adotar os métodos *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching*. Para os autores a adoção dos métodos aconteceu de forma gradual e foi bem-sucedida. Seus resultados estão relacionados às características pessoais da docente, como seu perfil inovador e suas práticas anteriores, condizentes com os pré-requisitos à adoção de inovações do modelo de Rogers; e a maneira com que as inovações didáticas foram incorporadas à prática da docente, proporcionando a testagem dos métodos em módulos reduzidos e diminuindo a complexidade percebida, com a disponibilização de um dos pesquisadores que atuou como monitor. Tais características e atributos percebidos da inovação, segundo o modelo de Rogers, influenciam no desenvolvimento de atitudes favoráveis em relação à inovação.

O processo de adoção do método de ensino SCALE-UP¹¹ (*Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies*), em disciplinas introdutórias de Física e Astronomia, foi analisado por Rogers *et al.* (2015) com um estudo de caso longitudinal. O método foi escolhido devido à participação de um dos professores da universidade no *New Faculty Workshop* (NFW). Como resultado, os autores apontam que o processo de adoção de uma inovação didática deve ser planejado a longo prazo, uma vez que resultados negativos são possivelmente encontrados nos anos iniciais da adoção. Esse planejamento deve ser realizado com todos os docentes das disciplinas em que a inovação será implantada, bem como os responsáveis pela gestão da disciplina. Assim, argumenta-se que a partir dos resultados negativos pode-se repensar e aprimorar as inovações ao contexto específico.

¹¹ O SCALE-UP é um método de ensino que não modifica apenas aspectos pedagógicos, como outros métodos ativos, mas transforma a sala de aula, minimizando as aulas expositivas e facilitando as interações entre os estudantes. Os alunos se agrupam em mesas circulares que facilitam a interação, e quadros móveis são espalhados pela sala, não existindo uma posição na frente da sala para o professor.

Foote (2016) também analisou como os professores adotam o SCALE-UP e conseguem estabelecer uma prática sustentável. Para tal ele realizou cinco estudos de caso de implementações bem-sucedidas do método, amparado em um modelo de três estágios para adoção de inovações didáticas, baseado no modelo de Rogers. São eles: i) motivação para mudar – os sujeitos e instituições percebem a necessidade de mudança; ii) coleta de informações – os potenciais adotantes conhecem a inovação, coletam informações de como usá-la e dos princípios subjacentes a ela, os quais evidenciam os argumentos que explicam a razão das estratégias supostamente funcionarem; iii) implementação – estágio em que a inovação é posta em prática e possivelmente ocorrem adaptações para adequar ao contexto específico e superar desafios. Apesar de apenas uma das cinco instituições iniciarem o processo de mudança devido à percepção de problemas relacionados ao ensino de Física tradicional, como a baixa frequência e o desempenho insatisfatório, as outras instituições estavam cientes das potencialidades dos métodos inovadores de ensino e decidiram testá-lo.

Em todas as instituições que fizeram parte do estudo de Foote (ibid.) a aprendizagem e a coleta de informações com relação ao método ocorreram através de interações interpessoais - palestras, *workshops* e colaborações com projetos de pesquisa em Ensino de Física externos à instituição e com alunos de pós-graduação da própria universidade. Nos cinco casos analisados, foram adicionados outros elementos à proposta original do SCALE-UP o que para o autor é decorrente da falta de tempo e de mal-entendidos entre desenvolvedores e professores. Foote (ibid.) argumenta ser necessário que o desenvolvedor discuta os princípios do método com os professores, salientando os elementos que são flexíveis e os que descaracterizam a inovação. Afinal, modificações são necessárias para adequação da inovação didática à instituição, no entanto, elas devem ser realizadas de forma reflexiva.

Scanlon *et al.* (2019) propuseram um instrumento para analisar as modificações intencionais dos professores em estratégias de ensino baseadas em pesquisa (inovações didáticas). Seus objetivos foram propor uma maneira de determinar quais as modificações e porque elas foram realizadas por professores, visando auxiliar os desenvolvedores de currículos e inovações didáticas a criarem suportes para os professores adotarem as estratégias. Nesse instrumento, os autores propõem três questões para examinar as modificações realizadas. São elas: Qual ponto de referência? (*i.e.*, qual ponto de partida a partir do qual foram feitas as alterações?) Quem é responsável pela modificação? e Quais modificações realizadas?

Em relação à última, os autores a subdividem em outras três questões, as quais consideram que pode haver modificações de contexto (Quais as mudanças devido ao contexto?) e de práticas instrucionais (Para quem/que são feitas as alterações? Qual a natureza das mudanças?).

Quando se referem às práticas em sala de aula, os autores propõem 12 categorias de alterações na estratégia. São elas: adaptação; adição de elementos; remoção de elementos; redução; extensão; substituição de elementos; reordenação dos elementos; integração de outra estratégia; integração dos elementos em outras estratégias; repetição de elementos; afrouxamento da estrutura; e abandono. Por fim, para demonstrar a utilidade da ferramenta proposta, eles exemplificaram com um estudo em que entrevistaram quatro professores, de cursos introdutórios de Física que também implementaram o SCALE-UP. Nesse estudo, as categorias de mudança identificados com maior frequência foram o afrouxamento da estrutura do SCALE-UP e a adaptação da estratégia.

Espinosa, Araujo e Veit (2019) também se preocuparam em compreender os métodos de ensino e suas eventuais adaptações, necessárias para adequá-los a diferentes contextos. Para isso, propuseram uma ferramenta analítica para a análise de métodos de ensino, oriunda da Teoria Antropológica do Didático (CHEVALLARD, 1999). Com essa ferramenta, os métodos são organizados em dois blocos, o de *praxis* (práticas), do “saber-fazer”, e de *logos* (conhecimento), do “saber”. Essa estruturação é chamada de Organização Praxeológica ou praxeologia. Para exemplificar a proposta, os autores apresentaram uma Organização Praxeológica do método *Team-Based Learning*. Como resultado, os autores entendem que essa ferramenta auxilia na identificação de transformações da Organização Praxeológica do método de referência, proposto pelo desenvolvedor. Além disso, essa ferramenta pode ser utilizada para orientar as modificações que ocorrem durante a implementação de um método de ensino, pois destaca os elementos essenciais do método e seus princípios. Dessa forma, Espinosa, Araujo e Veit (2019) argumentam que a estrutura do método de ensino possibilita que eles não sejam vistos apenas como um conjunto de técnicas a serem implementadas.

Dancy, Henderson e Turpen (2016) realizaram entrevistas com 35 professores para analisar, baseados na TDI (ROGERS, 2003), como eles tomaram conhecimento e implementaram o método de ensino *Peer Instruction* (PI). Após a definição de nove elementos¹² que compõem o método PI, os autores organizaram os docentes, considerando a quantidade de elementos utilizados do PI, em três categorias: não usuários – não usam os elementos - (n=10); usuários híbridos – usam entre 1 e 6 dos elementos - (n=18); e usuários plenos – usam entre 7 e 9 dos

¹² A saber: i) o professor adapta suas ações às respostas dos alunos às tarefas desenvolvidas em classe; ii) os alunos não são avaliados nas tarefas de aula; iii) os estudantes têm um tempo para pensar individualmente e se comprometer com uma resposta à tarefa antes de discutir com os colegas; iv) são utilizadas questões conceituais na sala de aula; v) as questões conceituais se baseiam em ideias prévias comuns e dificuldades dos alunos; vi) as questões de sala de aula são de múltipla escolha; vii) as tarefas são intercaladas ao longo da aula; viii) os alunos discutem suas ideias a respeito das respostas às atividades com os seus colegas; ix) os estudantes votam individualmente após a discussão entre os colegas.

elementos - (n=7). Como resultado os autores constataram que os docentes não estão conscientes dos princípios básicos e modificam elementos essenciais do método. Por exemplo, dentre os usuários híbridos: apenas 20% reportam que pedem aos alunos se comprometer individualmente com uma resposta à questão proposta em aula; 40% argumentam que raramente ou nunca pedem aos estudantes para discutirem entre si; e apenas 10% pedem para que os estudantes votem após a discussão.

Erdmann, Miller e Stains (2020) realizaram entrevistas semiestruturadas com 42 professores de cursos STEM para entender como eles planejavam suas aulas e para identificar quais as reflexões deles sobre sua experiência. Como resultado, os autores identificaram que a mentalidade de planejamento de aulas era centrada nos docentes e não na aprendizagem dos alunos. Apesar dos docentes utilizarem estratégias centradas nos alunos, estas não eram vistas como o principal mecanismo para engajar os alunos, a principal forma de engajar os alunos era com aulas expositivas (93% dos professores indicaram). Os autores observaram que a maioria dos participantes da pesquisa tinham como objetivos de aprendizagem uma lista de tópicos a serem cobertos (98% dos docentes). Assim como, em sua maioria os professores utilizaram técnicas de avaliação somativa para avaliar a aprendizagem e para engajar os alunos utilizavam avaliações formativas. Além disso, os autores identificaram que a insatisfação dos professores com suas práticas não é suficiente para que eles se motivem a adotar novas estratégias. E as reflexões dos docentes sobre suas práticas muitas vezes eram ancoradas em seus sentimentos pessoais (43% dos professores) e não na aprendizagem do aluno. Frente a esses pontos, os autores indicam que as estratégias para adoção de novas abordagens estão desalinhadas com a mentalidade dos docentes.

Compartilhamos com os trabalhos apresentados nesta subseção o objetivo de estudar como ocorre o processo de implementação de uma inovação didática. Alguns desses artigos utilizaram o mesmo referencial teórico da nossa pesquisa e indicaram alternativas exploradas por nós. A exemplo dos estudos de Henderson (2005) e Pundak e Rozner (2008) que realizaram a análise desse processo de adoção, amparados na TDI, e a indicaram como uma alternativa para identificação das dificuldades enfrentadas pelos professores nele. Outros autores (MÜLLER; ARAUJO; VEIT, 2018; ROGERS *et al.*, 2015; FOOTE, 2016), priorizaram a apresentação de elementos que contribuiriam para a adoção da inovação investigada e sugestões para a inovação não ser descontinuada. Em especial, Foote (2016) recomenda que os desenvolvedores discutam os princípios do método com os professores, salientando os elementos que são flexíveis e os que descaracterizam a inovação. Frente a essa recomendação realizamos uma discussão, na Seção 4.2, sobre as características do método PI e apresentamos

os princípios que sustentam cada uma das atividades planejadas. Além disso, durante a discussão dos resultados do nosso estudo (Seção 5.1) analisamos o quão alinhada ou não as modificações realizadas pelos alunos de MPE estavam com os princípios do PI.

Outros dois estudos apresentaram ferramentas para entendimento das modificações e razões realizadas pelos docentes ao adotar inovações didáticas. O primeiro de Espinosa, Araujo e Veit (2019), já apresentado anteriormente, propõe uma ferramenta de análise das especificidades dos métodos de ensino e das modificações que sofrem ao transitarem entre diferentes contextos. Apesar de tal ferramenta não ter sido utilizada como proposta neste estudo, o entendimento do método de ensino em elementos práticos e teóricos foi considerado na análise. O segundo estudo, de Scanlon *et al.* (2019), identifica apenas as adaptações propositais dos adotantes nas inovações e as razões que os levaram a realizá-las. Nosso estudo, apesar de considerar os relatos e respostas ao questionário dos adotantes, não identificou apenas as mudanças percebidas por eles. Mesmo que os professores não afirmassem ter realizado alterações no método, buscávamos indícios indiretos sobre a ocorrência ou não de cada característica analisada e realizávamos uma classificação com base nessas informações, não necessariamente correspondentes à resposta do docente. Por exemplo, se um professor dizia que não havia realizado modificações e logo em seguida assinalava que realizava a primeira votação em pequenos grupos, considerávamos a característica que prevê que a primeira votação dos testes conceituais em sala de aula seja individual como modificada. Ou ainda, se um professor, ao relatar em sua dissertação as tarefas em sala de aula, não comentasse que havia realizado reinvenções, mas nós identificávamos alguma alteração (*e.g.*, aplicação das questões conceituais ao final do período), esta era considerada modificada.

Por fim, também localizamos o estudo de Dancy, Henderson e Turpen (2016) no qual são definidos nove elementos que compõem o método de ensino analisado em nossa pesquisa, o *Peer Instruction* (PI). As categorias de análise que utilizamos em nossa pesquisa para avaliar as dissertações e respostas obtidas com o questionário aplicado aos docentes (Apêndice 1) foram formuladas a partir destes elementos, conforme detalhado na Seção 4.2.

2.3.3. Quais as principais barreiras à adoção de inovações didáticas?

Henderson e Dancy (2005) fizeram uma entrevista com quatro docentes experientes de Física universitária, sem relação formal com grupos de pesquisa em Ensino de Física. Com ela, averiguaram que apesar dos docentes possuírem crenças de ensino e aprendizagem relacionadas às ideias essenciais dos métodos interativos de ensino, suas práticas refletem

parcialmente suas crenças. Os autores (HENDERSON; DANCY, 2005) apontam como possível barreira a interpretação errônea dos métodos ou a pouca confiança em pesquisas em Ensino de Física.

Também Henderson e Dancy (2007) realizaram um estudo com cinco docentes e detectaram alguns fatores situacionais que limitam os professores a adotar um método interativo de ensino, apesar de suas crenças serem compatíveis. São eles: atitude negativa dos estudantes em relação à universidade; expectativa do professor de cobrir todo o conteúdo; falta de tempo; normas do departamento; resistência dos estudantes quanto à interação com outros colegas; quantidade de estudantes e o *layout* tradicional das salas. Em outro estudo de Henderson e Dancy (2008), com os mesmos cinco docentes do estudo anterior, os autores elaboraram um modelo, composto por quatro categorias, que explica as diferentes maneiras que as inovações didáticas são incorporadas à prática docente. As categorias são dispostas em um contínuo: (i) adoção: adoção completa da prática; (ii) adaptação: adoção com pequenas modificações; (iii) reinvenção: reinvenção a partir de um método; (iv) invenção: invenção de acordo com as crenças pessoais do docente. Os autores (HENDERSON; DANCY, 2008) acreditam que uma possível barreira para adoção de inovações está relacionada com as diferentes expectativas entre docentes e pesquisadores, pois 70% das mudanças implementadas pelos docentes investigados são categorizadas como reinvenção ou invenção.

Henderson, Dancy e Niewiadomska-Bugaj (2012) ao investigar a prática de 722 professores de Física universitária nos Estados Unidos, detectaram que em torno de 88% deles conhecem pelo menos uma estratégia inovadora de ensino. Porém, em sua maioria, eles nunca utilizaram ou descontinuaram a prática após a utilização. Para os autores, a baixa continuidade de adoção de inovações didáticas está relacionada com a maneira como os professores as conhecem. Dado que as maneiras de disseminação mais comuns são palestras e *workshops*, ou seja, eles tomam conhecimento, mas na hora de implementar não têm suporte para enfrentar os problemas que naturalmente surgem. Nesses casos, os professores são levados a descontinuar a adoção da inovação didática.

Em outro estudo, Henderson, Mestre e Slakey (2015) identificaram duas barreiras para adoção e difusão da Ciência Cognitiva nas disciplinas da área STEM. Apesar de relevantes, os resultados da Ciência Cognitiva pouco são usados como suporte para a prática docente nessa área. A primeira barreira se refere a pouca fundamentação teórica dos métodos interativos de ensino na Ciência Cognitiva. Isto é, a falta do diálogo dos pesquisadores da área Ciência Cognitiva com os pesquisadores e professores que investigam, desenvolvem ou adotam esses métodos interativos de ensino. Como segunda barreira, os autores (HENDERSON; MESTRE;

SLAKEY, 2015) apontam que alguns pesquisadores e desenvolvedores acreditam ser suficiente produzir resultados convincentes para que os professores adotem um método de ensino. Essa barreira é entendida pelos autores (ibid.) como “obstáculo estrutural”, por desconsiderar a complexidade em que a prática docente está relacionada com: normas de departamento, expectativas de cobrir todo o conteúdo da disciplina, expectativas dos estudantes, tamanho das turmas, entre outros.

De acordo com o modelo proposto por Rogers (2003), a percepção dos professores acerca das barreiras e vantagens à implementação de inovações didáticas no Ensino de Física é importante para que decidam inovar, bem como se engajem em um uso contínuo da inovação. Nesse sentido, Turpen, Dancy e Henderson (2016) avaliaram as barreiras e vantagens percebidas por 35 professores de Física universitária (os mesmos do artigo de Dancy, Henderson e Turpen (2016)) familiarizados com o *Peer Instruction* (PI), a partir de entrevistas com relação à implementação do método. Os autores utilizaram a organização dos docentes, definida no artigo de Dancy, Henderson e Turpen (2016), por se tratarem dos mesmos sujeitos nos dois estudos. Dentre os professores, são: sete Usuários Plenos (UP), 18 Usuários Híbridos (UH) e 10 Não Usuários (NU).

É evidenciado pelos autores que os docentes percebem vantagens em alinhar suas práticas ao PI, especialmente, porque o PI não é centrado em aulas expositivas (mencionado por 6/7 UP e 14/18 UH) e por vivenciar experiências positivas com o método (5/7 UP, 10/18 UH e 5/10 NU) no passado. Em contrapartida, as razões mais comuns para que os docentes não utilizem o PI são o tempo para mudança da prática docente (10/18 UH e 9/10 NU), a dificuldade de cobrir todo o conteúdo requerido institucionalmente (9/18 UH e 5/10 NU) e a dificuldade para engajar os alunos nas atividades (7/7 UP). Dessa maneira, é possível notar que as barreiras percebidas por usuários plenos e usuários híbridos diferem das percebidas pelos não usuários do método. Em geral, aqueles que utilizam o método percebem barreiras em relação à implementação, como a seleção de boas questões conceituais que gerem discussões entre os alunos, já aqueles que não utilizam o PI relatam dificuldades relacionadas à falta de tempo.

Apkarian *et al.* (2021) investigaram seis crenças comuns sobre o uso de aprendizagem ativa em disciplinas introdutórias da área STEM. Dessas crenças três estão relacionadas a fatores individuais: estabilidade do emprego, altos níveis de atividades de pesquisa e experiência prévia com a aprendizagem ativa. As outras três referem-se a fatores contextuais: tamanho das turmas, configuração (*layout*) da sala de aula, avaliações de ensino. A análise com 3769 professores indicou ser possível utilizar a aprendizagem ativa por qualquer docente em qualquer contexto. No entanto, o uso de aulas expositivas é mais predominante do que o uso

da aprendizagem ativa quando: as turmas são maiores; as salas de aula são com assentos fixos, tradicionais; as avaliações de ensino dos alunos são vistas como a parte mais importante do ensino; os docentes estão em níveis muito altos de pesquisa, fora da área de ensino; os professores não tiveram experiência como alunos com a aprendizagem ativa. Em relação à segurança do emprego, os docentes utilizaram na mesma proporção as aulas expositivas e a aprendizagem ativa. Para os autores, frente a essas dificuldades, políticas institucionais e departamentais podem e devem ser aprovadas para facilitar e apoiar as escolhas individuais dos docentes de utilizar elas nas suas disciplinas.

Andrews *et al.* (2020) investigaram 27 professores, participantes de um *workshop*, que estavam ministrando cursos de 1º e 2º ano na área de STEM, com intuito de investigar se a resistência estudantil à aprendizagem ativa, barreira comumente expressa por professores que implementam métodos ativos, era coerente com a percepção dos próprios estudantes. Desses, 13 tiveram suas aulas observadas e um instrumento de pesquisa foi aplicado com os 758 alunos das aulas analisadas. Como resultado, os autores identificam uma desconexão entre a percepção docente e o autorrelato estudantil sobre a resistência ao estudo por meio da aprendizagem ativa. Os alunos relatam que veem valor nas atividades, gostam delas e até planejam avaliar bem o curso e o professor à instituição. Nesse sentido, salientam que a resistência dos alunos é uma barreira compreensível, mas os dados coletados na pesquisa sugerem que essa pode representar um medo reforçado por equívocos na percepção docente sobre os níveis de resistência encontrada na maioria das aulas.

Borda *et al.* (2020) também investigaram professores majoritariamente de cursos introdutórios da área STEM, participantes de um programa de desenvolvimento profissional de dois anos (n=160 professores no 1º ano e n=156 no 2º). Os autores identificaram que as estratégias de ensino centradas no aluno foram implementadas de diversas formas e que houve uma defasagem entre a implementação dessas estratégias e a compreensão das teorias que as sustentam. Assim como Andrews *et al.* (2020), Borda *et al.* (2020) notaram um desalinhamento entre as percepções dos alunos e dos professores, mas dessa vez com relação às práticas de ensino centrado no aluno ao longo do tempo. Frente a essa implicação, os autores (*ibid.*) sugerem que os professores esclareçam para os alunos os motivos para o uso de certas estratégias.

Na segunda questão de pesquisa, os autores buscaram apontar quais os elementos que apoiaram e quais restringiram a mudança que os professores tentaram realizar em sala durante o programa. Para os dois grupos de professores analisados as barreiras mais frequentes foram: a percepção da necessidade de cobertura do conteúdo (94% no 1º ano, 87% no 2º ano); a

eficácia das aulas expositivas percebida pelos docentes (79% no 1º ano, 70% no 2º ano); o *layout* e tamanho das salas de aula (49% no 1º ano, 55% no 2º ano); o medo da resistência estudantil às práticas de ensino centrado no aluno (57% no 1º ano e 46% no 2º ano). Já os fatores de suporte para adoção de estratégias de aprendizagem centrada no aluno mais frequentes foram: a eficácia das estratégias para ensinar conceitos STEM (93% no 1º ano e 92% no 2º ano); o desejo de incorporar as estratégias nos seus cursos (89%); e a familiaridade com as estratégias (80% 1º ano e 91% no 2º ano).

Ainda com relação as barreiras percebidas pelos docentes, Borda *et al.* (2020) apontam que elas mudam ao longo do conhecimento e da implementação das estratégias. Nesse sentido, os autores acreditam ser necessário identificar as crenças de ensino e aprendizagem dos professores desde o início do processo de adoção e utilizá-las ao longo do programa de desenvolvimento profissional.

Sturtevant e Wheeler (2019) propõem um instrumento de pesquisa para delinear a identidade profissional dos professores e as percepções do corpo docente, da área STEM da universidade, sobre as barreiras ao uso de estratégias de ensino ativo. Esse instrumento se mostrou uma ferramenta potencial para examinar os fatores que influenciam a prática educacional do corpo docente STEM. Os autores fizeram um estudo piloto com 69 professores, e identificaram que as estratégias menos adotadas eram as que os professores estavam mais insatisfeitos. Dentre as estratégias indicadas no estudo, o *Peer Instruction* foi o único que não teve relatos de insatisfação pelos seus usuários. Nesse estudo, as barreiras mais citadas foram: falta de tempo para preparação; falta de recompensas da instituição aos professores que favoreçam o ensino ao invés da pesquisa, como a falta de apoio financeiro; e ausência de salas de aula adequadas para implementar estratégias de aprendizagem ativa. Por fim, os autores apresentam algumas sugestões para reduzir as barreiras do corpo docente STEM para a implementação das estratégias de ensino ativo. São elas: i) desenvolver uma comunidade de ensino, para persistência dos professores; ii) ajudar os docentes a se conectar com a universidade como um todo; e iii) trabalhar com o departamento para melhor apoiar a implementação das estratégias de ensino.

Destacamos dentre esses trabalhos sobre as dificuldades à adoção de inovações didáticas, o estudo de Sturtevant e Wheeler (2019). Nele os autores examinaram com sua ferramenta de análise da adoção de inovações os fatores percebidos pelo corpo docente como influenciadores da mudança da prática educacional. Tal estudo está alinhado com a nossa pesquisa e nos auxiliou a elaborar algumas das classificações de barreiras utilizada na discussão dos resultados.

Através desses estudos também foi possível detectar algumas dificuldades enfrentadas pelos docentes ao tentar mudar sua prática em contexto de ensino universitário norte-americano: falta de tempo para preparar novos materiais e/ou mudar sua prática docente (TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016; HENDERSON; DANCY, 2007); necessidade de cobrir o conteúdo da disciplina (HENDERSON; DANCY, 2007; BORDA *et al.*, 2020; TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016); quantidade de alunos por turma (APKARIAN *et al.*, 2021; BORDA *et al.*, 2020; HENDERSON; DANCY, 2007); configuração das salas de aula (HENDERSON; DANCY, 2007); experiência prévia com inovações (APKARIAN *et al.*, 2021); e resistência estudantil (BORDA *et al.*, 2020; HENDERSON; DANCY, 2007). Em relação à última, resistência estudantil à aprendizagem ativa, Andrews *et al.* (2020) identificou uma desconexão entre a percepção docente e o autorrelato estudantil sobre a resistência dos alunos ao uso de estratégias de ensino ativo. Destacamos que esses resultados nos auxiliaram a elaborar algumas das questões do nosso instrumento de pesquisa, uma vez que indicaram as barreiras e condições situacionais à implementação de inovações didáticas mais frequentes.

Além de nos auxiliar no desenvolvimento da pesquisa, a partir desses estudos percebemos a pequena quantidade de pesquisas sobre as barreiras enfrentadas pelos professores em contexto brasileiro de ensino, representando uma lacuna. Nesse sentido, a nossa pesquisa contribuiu ao investigar e evidenciar as dificuldades enfrentadas pelos professores do MPE ao implementar o PI em aulas de Física no Brasil.

Por último, destacamos que alguns autores (HENDERSON; DANCY, 2005, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; HENDERSON; MESTRE; SLAKEY, 2015) apontam uma defasagem entre o recomendado pelos pesquisadores e a prática dos professores, sobretudo em nível universitário. Para Henderson e Dancy (2005) uma possível barreira à adoção de uma inovação didática é a interpretação errônea dos métodos. Nesse sentido, o nosso estudo, ao tentar identificar as características e os princípios pedagógicos que as sustentam, visa facilitar o conhecimento e a apropriação da inovação didática pelos futuros adotantes e diminuir as barreiras relacionadas ao conhecimento da inovação. Com isso, também é possível orientar futuros adotantes a realizar adaptações do método ao seu contexto de ensino. Afinal, modificações são esperadas ao adotar um método de ensino de outro contexto, pois elas tornam os métodos relevantes e úteis ao seu contexto educacional, contudo essas devem ser realizadas sem descaracterizar a inovação, isto é, retirar elementos fundamentais dela.

2.3.4. Como são difundidos os métodos ativos de ensino?

Foote *et al.* (2014) realizaram um questionário com 812 professores universitários para investigar a difusão do método interativo de ensino SCALE-UP. O estudo que envolveu a análise dos questionários e foi amparado pela TDI constatou que o método foi difundido em 314 departamentos em 189 instituições universitárias de 21 países. Sendo a maior representatividade nas disciplinas de Física (114 departamentos), o que é atrelado no estudo (ibid.) ao fato do SCALE-UP ter sido criado em uma disciplina introdutória de Física. Outro resultado apontado pelos autores foi que os principais canais de comunicação utilizados pelos professores para adquirir informações sobre o método foram interpessoais, isto é, palestras e/ou conversas com professores que já adotaram o SCALE-UP. Além disso, os autores (ibid.) evidenciaram que apesar da necessidade de infraestrutura parecer uma barreira para a adoção do método, com o investimento das instituições para implementar o método, a sua visibilidade aumentou, contribuindo para o aumento da taxa de adoção.

Khatri *et al.* (2015, 2016) analisaram a difusão do método *Peer Instruction* (PI) e elaboraram um modelo de propagação que possibilitou elencar os principais fatores da expressiva difusão do método. O modelo apresenta três etapas, a saber: (i) desenvolvimento interativo: o professor Mazur desenvolveu o PI em colaboração com outros pesquisadores de Harvard e com professores de outras instituições de ensino, o que tornou o método adaptável a diferentes contextos; (ii) disseminação interativa: o PI foi disseminado através de colóquios para os departamentos, produção de vídeos e um manual de usuário (MAZUR, 1997); (iii) suporte: a disponibilização de um manual com uma quantidade considerável de questões conceituais ajudou a reduzir o trabalho que o professor tem ao implementar o PI.

Outro estudo que analisou a disseminação do PI em universidades americanas, por causa da expressiva difusão, foi o de Dancy, Turpen e Henderson (2010). Os autores realizaram entrevistas com 15 professores de Física para identificar como eles tiveram seu primeiro contato com o método e quais foram suas motivações para adotá-lo. O estudo evidenciou que o conhecimento do método foi predominantemente com conversas entre colegas e apresentações sobre o método, o que salienta a importância dos canais interpessoais no processo de difusão de inovações didáticas. E que a motivação por parte dos professores para adotar o PI foi a insatisfação com a abordagem tradicional de ensino, o sentimento de coerência entre suas crenças e o método, os resultados convincentes de impacto positivo na aprendizagem dos estudantes e a facilidade de adoção do PI na sua prática.

Sengul (2018) apresentou um modelo de desenvolvimento profissional para disseminação de estratégias de ensino ativo em um departamento de Física. O modelo proposto tem três fases, a serem realizadas em quatro anos, com base no modelo da TDI, de Rogers (2003). São elas: i) investigação detalhada das condições anteriores; ii) desenvolvimento do conhecimento sobre as estratégias a serem adotadas ou rejeitadas; e iii) processo de implementação e confirmação. As três fases do modelo de Sengul (2018) distribuem as seis etapas apresentadas na TDI ao longo do tempo, da seguinte forma: i) um semestre para identificar as condições prévias; ii) em torno de um ano para conhecimento, persuasão e decisão; iii) cerca de dois anos para implementação e confirmação. Além disso, o autor indica a criação de uma comunidade de aprendizagem dos professores, pesquisadores e agentes de mudança para compartilhar as experiências e desafios, já na segunda fase.

Em relação a como são difundidos os métodos ativos de ensino, os autores indicaram que os professores tomam conhecimento das inovações, predominantemente, através de canais de comunicação interpessoal (FOOTE, 2014; KHATRI, 2015, 2016; DANCY; TURPEN; HENDERSON, 2010), como conversas com colegas de trabalho ou ações departamentais. Tal resultado, sobre o conhecimento do PI, contribuiu para a elaboração das hipóteses de pesquisa que visam justificar as modificações, utilizadas na discussão dos resultados, na Seção 5.

2.3.5. Que estratégias facilitam a mudança da prática docente?

Henderson (2008) e Dancy e Henderson (2012) avaliaram o impacto do *workshop*, *New Faculty Workshop*¹³, na adoção de métodos interativos de ensino, realizada por professores de Física e Astronomia, de diferentes universidades americanas. Como resultado, Henderson (2008) aponta serem significativos os impactos na prática instrucional em 11 anos de aplicação do *New Faculty Workshop*. Visto que dos 527 professores investigados, apenas 3,5% não modificaram suas práticas. Já Dancy e Henderson (2012) que investigaram 15 professores, participantes do *New Faculty Workshop* em 2010, apontam que 14 desses aderiram aos métodos, sendo o *Peer Instruction* o mais adotado (nove professores). Os professores destacaram, como dificuldades enfrentadas, a necessidade de tempo para a preparação dos materiais para as aulas, a resposta pouco favorável dos estudantes aos métodos interativos, o sentimento de que suas modificações não estavam ocorrendo da maneira esperada e a preocupação de cumprir o programa da disciplina. E para facilitar o processo de adoção, foi

¹³ Esse *workshop* tem como objetivo familiarizar os professores com diferentes métodos interativos de ensino e oferecer meios para que eles modifiquem suas práticas instrucionais.

fornecido apoio por colegas experientes com o uso dos métodos interativos, e apoio institucional.

Olmstead e Turpen (2017) analisaram, a partir de gravações em áudio e vídeo das sessões de duas aplicações do *New Faculty Workshop*, as interações entre os participantes e os mediadores para compreender as potencialidades do *New Faculty Workshop*. As duas aplicações do *New Faculty Workshop* apresentam resultados positivos em relação ao engajamento dos participantes na adoção de inovações didáticas no ensino de Física. Como resultado, Olmstead e Turpen (2017) apontam que os *workshops* devem dar sentido pedagógico às inovações didáticas, discutindo as razões implícitas às práticas inovadoras. Tal objetivo nas sessões analisadas foi atingido proporcionando aos participantes a observação e análise de aulas com métodos ativos, buscando dar sentido às práticas. Os autores também salientam maneiras que podem gerar engajamento em *workshops*, são elas: moldar as discussões com as expectativas dos participantes em vez de apenas apresentar as inovações; empenhar-se para diminuir as diferenças de poder entre ministrantes e participantes do curso e não em enfatizar as qualificações dos ministrantes; e encorajar os participantes a pensar a respeito de possíveis adaptações dos métodos ao seu contexto ao invés de realçar apenas os benefícios das estratégias.

Chasteen *et al.* (2015) e Wieman, Deslauriers e Gilley (2013) revelam resultados positivos com a implementação do programa SEI (*Science Education Initiative*), o qual tem intenção de transformar as disciplinas com o desenvolvimento de materiais instrucionais baseados nas dificuldades apresentadas pelos alunos. Por ser bem-sucedida nos contextos estudados (EUA e Canadá, respectivamente), essa estratégia fez os professores adotarem métodos interativos de ensino. Segundo Wieman, Deslauriers e Gilley (2013), dois elementos proporcionaram o sucesso do SEI: o auxílio de especialistas no processo de adoção e o ambiente de apoio com compromisso coletivo gerado no programa.

Henderson, Beach e Famiano (2009), investigaram outro programa de incentivo à adoção de novos métodos de ensino, em uma universidade americana, o “*Co-Teaching*”. Os autores acompanharam a implementação de métodos interativos de ensino por um professor de Física novato em uma disciplina compartilhada com um professor experiente. Como resultados, os autores (*ibid.*) evidenciam que o suporte fornecido pelo professor experiente foi extremamente valioso para a adoção do método interativo de ensino por parte do professor novato.

Foote *et al.* (2016) entrevistaram 21 pessoas as quais obtiveram sucesso com a implementação do método SCALE-UP com intuito de identificar elementos que comumente facilitam a mudança da prática tradicional para o método. Como resultado da análise os autores

identificaram alguns fatores que facilitam a implementação e continuação do método. São eles: documentos e divulgação de evidências de sucesso local, suporte administrativo, financiamento, e interação com professores externos à instituição em que utilizam o SCALE-UP.

Brewe, Dou e Shand (2018) propõem discutir o problema da falta de verba para a implementação de alguns métodos ativos, o que se caracteriza como barreira à adoção. Para tal, os autores compararam custos de uma disciplina tradicional e outra que usa o método *Modeling Instruction*¹⁴ da mesma instituição, a Universidade Internacional da Flórida. Na comparação Brewe e colegas utilizaram uma métrica da Economia Educacional, a relação Custo-Efetividade, que corresponde ao custo total por aluno que é aprovado na disciplina. Ao evidenciar um maior Custo-Efetividade para o *Modeling Instruction* (1.030/estudante aprovado) do que para a disciplina tradicional (790/estudante aprovado), uma solução para diminuir o Custo-Efetividade do *Modeling Instruction* sinalizada pelos autores é adaptar as aulas, que usualmente comportam 30 estudantes, para aulas com mais de 100 alunos. Ou seja, tornar equivalente à quantidade de alunos presente em uma aula tradicional e uma com o *Modeling Instruction*. Tal adaptação pode ser facilitada ao articular elementos de outros métodos que comportem mais estudantes ao *Modeling Instruction*.

Benabentos *et al.* (2020) investigaram a mudança da prática docente, em 66 instituições de pesquisa intensiva, ao longo de cinco anos. A coleta de dados autorrelatados pelos 1456 professores, de cursos de divisão superior e inferior da universidade¹⁵, foi realizada em dois momentos (na implementação da prática mais recente e mais antiga dos cinco anos). Dentre os professores investigados, 93% da divisão inferior e 87% da superior, relataram usar pelo menos uma estratégia centrada no aluno por aula. Dentre essas práticas centradas no aluno, a mais implementada foi o uso de dispositivos de resposta imediata (*e.g.*, *clickers*) (61% dos professores da divisão superior e 73% da inferior). Cerca de 30% dos entrevistados relataram aumentos na frequência do uso de estratégias de ensino centradas no aluno ao longo do tempo. Para todos os professores, a participação nas comunidades institucionais do corpo docente auxiliou na mudança em direção à adoção de estratégias centradas no aluno. Para a divisão inferior os fatores associados ao maior uso dessas estratégias foram: oportunidades financeiras institucionais para a reforma do curso, uso de salas de aula projetadas para promover a

¹⁴ O *Modeling Instruction* é um método que enfatiza a construção e aplicação de modelos físicos qualitativos e quantitativos, contrastando modelos teóricos com experimentos reais. Nesse, os alunos, em pequenos grupos, exploram e resolvem problemas, e na sequência discutem as soluções entre os grupos.

¹⁵ Os cursos de divisão inferior e superior representam as disciplinas iniciais/introdutórias (1º e 2º ano) e as mais específicas (3º e 4º ano) de cada curso de graduação, respectivamente.

aprendizagem ativa e envolvimento na pesquisa de educação STEM. Para a divisão superior apenas o engajamento no desenvolvimento profissional foi associado ao maior uso de estratégias centradas no aluno.

Assim como Andrews *et al.* (2020), Finelli *et al.* (2019) se preocuparam com a resistência estudantil à adoção da aprendizagem ativa. No entanto, a abordagem frente à dificuldade foi diferente. Finelli *et al.* (2019) promoveram um *workshop* para professores, de cursos introdutórios STEM, com objetivo de motivar os docentes a adotar a aprendizagem ativa e as estratégias de redução da resistência estudantil à adoção dessas práticas. Visando atingir seus objetivos, os autores apontam 17 estratégias para redução da resistência estudantil que foram abordadas em seu *workshop*. As estratégias que envolvem as atividades em sala de aula são: (a) planejá-las com base nas anteriores e semelhantes que funcionaram; (b) estruturá-las com pequenos passos que os alunos possam realizar com confiança; (c) projetá-las de maneira a maximizar o envolvimento do aluno; (d) projetá-las de forma conectada com o resto do período ou plano de aula; (e) planejá-las com base no *feedback* dos alunos; (f) após sua realização, refletir sobre o que funcionou e o que não funcionou; (g) explicar o que se espera que os alunos façam na atividade; (h) explicar o propósito dela; (i) discutir como ela se relaciona com a aprendizagem dos alunos; (j) descrever como ela se relaciona com as tarefas avaliativas; (k) solicitar *feedback* dos alunos sobre a maneira como a realizaram; (l) se necessário, caminhar pela sala para ajudar os alunos durante sua realização; (m) incentivar o engajamento dos alunos com a atividade por meio de seu comportamento, linguagem corporal ou interações com os alunos; (n) abordar os alunos caso veja que não estão participando dela; (o) durante sua implementação, pedir aos alunos que façam perguntas relacionadas à tarefa; (p) pontuar os alunos com base na sua participação; (q) ao final, conduzir uma discussão com toda turma a respeito da atividade.

Dancy *et al.* (2019) propuseram uma comunidade de aprendizagem *online* de professores para complementar os esforços para mudanças das práticas docentes já existentes. A comunidade deu suporte, por um ano, para os professores que participaram do *New Faculty Workshop* implementarem as estratégias conhecidas. Diferentemente das ações que visam disseminar apenas a consciência das inovações, nessa comunidade os autores visavam ajudar no desenvolvimento profissional com a melhoria contínua do ensino e apoiar eles na implementação bem-sucedida (sustentada) das estratégias de ensino. Para entender os impactos e motivações dos docentes que participaram da comunidade, foram entrevistados 34 professores. Os participantes alegaram que participaram, pois queriam melhorar seu ensino e alguns participaram porque tinham o desejo de expandir sua comunidade profissional (n=25);

obter ajuda para implementação de inovações didáticas (n=16); e aprender mais sobre estratégias de ensino (n=8). Dentre os impactos da participação na comunidade mencionados pelos professores estão: o ganho de conhecimento profissional, de ensino e de consciência dos desafios enfrentados por eles (n=34); o ganho de recursos (n=31); a mudança da prática, implementação de estratégias de ensino ativo (n=28); o aumento das reflexões docentes sobre suas práticas de ensino (n=18); o aumento da confiança (n=10); os benefícios aos estudantes (n=7); e a economia de tempo (n=5). Frente a esses resultados, os autores indicam que a comunidade de aprendizagem *online* de docentes cumpriu com seus objetivos e inclusive alguns resultados vão além dos objetivos esperados. Dessa forma, as comunidades se tornam importantes aliadas à adoção de estratégias de ensino ativo nos cursos STEM.

Price *et al.* (2021) também criaram e investigaram como uma comunidade de aprendizagem *online* de professores impactou no desenvolvimento profissional docente, no sentido de apoiá-los na adoção de uma inovação didática, o currículo Next Gen PET¹⁶. De início os autores criaram essa comunidade para dar suporte contínuo aos adotantes de inovações didáticas, estratégia apontada por Khatri *et al.* (2016). Como resultados Price *et al.* (2021) identificaram que os objetivos do estudo/comunidade foram atingidos pela maioria dos participantes e que a comunidade se mostrou um mecanismo de suporte para os adotantes da inovação didática (90% dos professores indicaram). Os docentes se familiarizaram com a inovação, aumentaram seu grau de confiança na implementação da inovação, ampliaram seus conhecimentos de técnicas pedagógicas, alinharam suas práticas com os princípios do Next Gen PET e começaram a disseminar essas práticas para outros cursos. Apesar do estudo considerar apenas essa inovação, os autores acreditam que este modelo, de comunidade de aprendizagem *online* de professores, provavelmente funcionará como apoio aos adotantes de outras inovações educacionais.

Tomkin *et al.* (2019) investigaram as práticas de 25 docentes de cursos introdutórios STEM, participantes de uma comunidade de prática, para entender se o uso de práticas de aprendizagem ativa estava relacionado com sua participação na comunidade de prática. Os autores identificaram que os membros de uma comunidade de prática eram mais propensos a usar estratégias de ensino centradas nos alunos e menos propensos a usar aulas expositivas. Apesar do estudo poder ter sido influenciado por características pessoais dos docentes, pois os participantes se voluntariaram para comunidade de prática, essa participação na comunidade

¹⁶ O Next Gen PET (*Next Generation Physical Science and Everyday Thinking*) é um currículo de Física de investigação guiada para professores, em estágio docência ou em serviço, do ensino fundamental e médio.

acelerou ou iniciou a adoção de pelo menos uma tecnologia de resposta dos alunos, como os *clickers*. Tal fato levou os participantes da comunidade de prática a aumentar o tempo de orientação docente em sala de aula e diminuir o de exposição oral.

Strubbe *et al.* (2019) apresentaram e discutiram algumas recomendações para o uso do Ensino em Pares¹⁷ (*Paired Teaching*) como estratégia de mudança institucional no ensino superior STEM. Para isso, investigaram 14 pares de professores, de dois departamentos, que implementaram essa estratégia em seus cursos. Em relação a esse estudo, os autores indicaram que os docentes que se envolveram no ensino em pares, valorizaram e implementaram estratégias de aprendizagem ativa, continuando e até tomando iniciativa de adoção em outros cursos. As recomendações aos departamentos e instituições foram realizadas em três níveis: (i) escolha dos professores; (ii) escolha dos cursos; e (iii) demonstração de valorização departamental. Para (i), os autores recomendam solicitar voluntários, mandar convites para todos os docentes recém-contratados e formar os pares considerando a personalidade dos professores. Com relação a (ii), é sugerido, para o melhor aproveitamento da estratégia: escolher cursos que já tenham os materiais didáticos necessários para a adoção de estratégias de aprendizagem ativa (para focar no desenvolvimento docente e não no de materiais); planejar as atribuições de cada professor; apoiar a implementação; manter uma orientação de uso para estratégia; orientar os docentes na articulação de seus objetivos de desenvolvimento profissional com a estratégia; incentivar a interação informal nos pares antes do curso; incentivar reuniões semanais para reflexão das aulas e discussão dos desafios; e, quando possível, oferecer apoio do desenvolvedor. Por fim, recomenda-se aos departamentos que deem os créditos totais do curso para ambos os professores, recompensem os pares no departamento e considerem recompensar a experiência de ensino nas decisões de estabilidade e promoção departamental.

Ainda com relação ao ensino em pares, Moghtader *et al.* (2021) apresentaram um relato detalhado de como essa prática auxiliou dez pares de professores, do departamento de Física e Astronomia, na adoção de estratégias de ensino ativo em uma universidade canadense. Os autores identificaram que o ensino em pares é uma boa estratégia de desenvolvimento profissional do corpo docente. A colaboração dos professores permitiu que eles se envolvessem em conversas sobre as diferentes estratégias de aprendizagem ativa. A maioria dos docentes reconheceu o potencial de integrar essas estratégias em salas de aula com muitos e poucos

¹⁷ No ensino em pares (*Paired Teaching*), um professor novato é colocado com um docente experiente na implementação de métodos de ensino, para de forma colaborativa conduzir uma disciplina.

alunos. Moghtader *et al.* (2021) seguiram algumas recomendações de Strubbe *et al.* (2019) para potencializar o desenvolvimento profissional com o ensino em pares. Estas estavam relacionadas com ações do departamento que ofereceu uma orientação aos instrutores para discutir o propósito do ensino em pares, as expectativas do programa e as formas que eles poderiam gerenciar a comunicação e o tempo de reunião com seus pares. Por fim, os autores relatam que as estratégias pedagógicas mais referenciadas foram, respectivamente: questões aplicadas com *clickers*, listas de tarefas, tarefas de leitura prévia às aulas e avaliações conduzidas em grupo.

Eickholt *et al.* (2019) compararam quatro tipos de estratégias para aumentar a adoção de métodos de ensino ativo. São elas: (i) comunidades de aprendizagem de professores; (ii) *workshops*; (iii) cursos de formação inicial de professores; e (iv) cursos de ensino de ciências para futuros licenciandos. Todas essas estratégias possuem vantagens e desvantagens destacadas pelos autores, o que pode indicar que a escolha da estratégia depende do objetivo pretendido. Para (i), conforme os estudos comentados anteriormente nessa seção, as vantagens consistem no suporte contínuo durante a implementação e na oportunidade de envolvimento com colegas para entender por que e não apenas como adotar um método. No entanto, (i) requer um grupo de colegas com ideias semelhantes e um grande comprometimento de tempo. Em relação a (ii), é possível atingir um amplo público em todas as instituições em pouco tempo, mas dessa maneira pode ser que sejam atingidos apenas aqueles docentes já interessados na aprendizagem ativa. A estratégia (iii) é oferecida no início da carreira e pode permitir um amplo estudo das pedagogias de ensino, porém a cobertura das estratégias de aprendizagem ativa pode ser limitada, por não ser prioridade no currículo do curso. Por fim, com relação a (iv), é possível alcançar um amplo público de potenciais futuros professores, expondo-os precocemente às estratégias de aprendizagem ativa, contudo essa é apresentada em contexto mais geral.

A partir desses estudos foi possível identificar a importância do suporte, tanto material e financeiro como pessoal, para adoção de métodos ativos de ensino por parte dos professores, enfatizado por alguns autores (DANCY; HENDERSON, 2012; FOOTE *et al.*, 2016; HENDERSON; BEACH; FAMIANO, 2009; WIEMAN; DESLAURIERS; GILLEY, 2013). Diversos estudos abordaram o suporte contínuo, através de comunidades de prática (TOMKIN *et al.*, 2019; EICKHOLT *et al.*, 2019), de aprendizagem online de professores (PRICE *et al.*, 2021; DANCY *et al.*, 2019) ou institucionais (BENABENTOS *et al.*, 2020), aos adotantes para a continuidade da implementação das estratégias. Alguns autores estudaram e identificaram o Ensino em Pares (*Paired Teaching*) como eficaz para aumentar o uso de estratégias de ensino centradas no aluno (STRUBBE *et al.*, 2019; MOGHTADER *et al.*, 2021).

Outras estratégias sugeridas para facilitar a adoção de inovações didáticas estão relacionadas com a participação dos professores em *workshops* ou programas de incentivo (HENDERSON, 2008; DANCY; HENDERSON, 2012; OLMSTEAD; TURPEN, 2017; CHASTEEN *et al.*, 2015; WIEMAN; DESLAURIERS; GILLEY, 2013; HENDERSON; BEACH; FAMIANO, 2009; EICKHOLT *et al.*, 2019) e com o apoio da instituição de ensino e de colegas experientes com a inovação a ser adotada (DANCY; HENDERSON, 2012; CHASTEEN *et al.*, 2015; WIEMAN; DESLAURIERS; GILLEY, 2013; HENDERSON; BEACH; FAMIANO, 2009).

Para Foote *et al.* (2016) a adoção de estratégias de aprendizagem ativa também pode ser facilitada com: a elaboração e divulgação de documentos de evidência de sucesso local da adoção dos métodos de ensino; a interação com professores externos à instituição que implementaram o mesmo método; e com suporte administrativo. Ainda nesse sentido, de facilitar a adoção de métodos de ensino ativo, Finelli *et al.* (2019) propuseram algumas estratégias para diminuir a resistência estudantil, sendo algumas delas relacionadas com as atividades previstas no PI, como o uso de retorno (*feedback*) aos alunos sobre as atividades realizadas e o incentivo aos alunos para interagirem com os colegas.

Os resultados desta revisão nos auxiliaram a formular as hipóteses de pesquisa e entender as possíveis barreiras que os professores enfrentaram por não ter acesso a essas estratégias. Além disso, tais estudos nos levaram a apresentar os princípios pedagógicos que sustentam cada característica do PI (vide Seção 4.2) para facilitar a adoção e adaptação do método pelos professores.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo visa apresentar a Teoria da Difusão de Inovações (TDI), referencial teórico do presente estudo.

3.1. Teoria da Difusão de Inovação – Everett Rogers

A TDI foi proposta em 1962 pelo sociólogo Everett Rogers no livro *Diffusion of Innovations* (ROGERS, 2003), e é uma teoria que busca explicar como, porque e a que taxa as novas ideias e tecnologias se difundem. O autor, em sintonia com os demais estudiosos sobre difusão da época, reconhece que a decisão de um indivíduo inovar não é instantânea, mas sim um processo com diferentes ações. Rogers inicia o primeiro capítulo do livro declarando que “*Adotar uma nova ideia, mesmo quando apresenta vantagens óbvias, é difícil.*” (ibid., p.1). Além disso, aponta que muitas inovações podem exigir vários anos, do momento em que se tornam disponíveis até que são amplamente adotadas. Tal fato, torna um problema comum para indivíduos e organizações entender como acelerar a taxa de difusão de uma inovação. Nesse livro, dois são os modelos apresentados por Rogers (2003): o de decisão pela inovação e o de difusão de uma inovação.

Para Rogers (2003), a difusão de novas ideias pode ser entendida como: uma inovação que é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre os membros de um sistema social. Esse é um tipo especial de comunicação, pois as mensagens se referem a novas ideias. Em outras palavras, para a difusão é esperado que os indivíduos, membros de um sistema social, criem e compartilhem informações entre si em busca de um entendimento mútuo sobre a nova ideia.

Segundo o autor, o processo de difusão envolve quatro elementos principais: inovação, canais de comunicação, tempo e sistemas sociais. Na sequência esses elementos, bem como os conceitos correlacionados, serão descritos.

A inovação pode ser entendida como “*uma ideia, prática ou objeto que é percebido como novo por um indivíduo, organização ou outra unidade de adoção.*” (ROGERS, 2003, p.12). Ou seja, a novidade de uma inovação é relativa ao indivíduo (organização ou unidade de adoção), sem necessidade de envolver apenas novos conhecimentos, e pode ser percebida de diferentes maneiras ao conhecê-la, ser persuadido a experimentá-la ou decidir adotá-la. Além disso, um indivíduo “*pode ter conhecimento de uma inovação há algum tempo, mas ainda não ter desenvolvido uma atitude favorável ou desfavorável em relação a ela, nem tê-la adotado ou rejeitado*” (ibid., p.12).

Parte das inovações em que se analisa a difusão são consideradas inovações tecnológicas. No entanto, o autor destaca a distinção dos conceitos de “inovação” e “tecnologia”. Uma tecnologia “*é um projeto de ação instrumental que reduz a incerteza nas relações de causa-efeito envolvidas na obtenção do resultado desejado.*” (ROGERS, 2003, p.13). Ou seja, tecnologia é um tipo de informação sobre a inovação que reduz a incerteza sobre ela. Além disso, Rogers destaca dois componentes da tecnologia: *i) o hardware*, que consiste em ferramentas materiais da inovação tecnológica; e *ii) o software*, que é a base de informações e conhecimentos sobre essas ferramentas.

No presente estudo, entendemos as inovações didáticas como inovações tecnológicas. Nesse sentido, as estratégias práticas dos métodos de ensino constituem o *hardware*, o qual incorpora elementos teóricos que o sustentam (*software*), o qual chamamos neste estudo de princípios pedagógicos. Esse aspecto está de acordo com a perspectiva ontológica dos métodos de ensino proposta por Espinosa, Araujo e Veit (2019), na qual admite-se que os métodos são estruturalmente compostos por um bloco prático-técnico (saber-fazer) e um bloco tecnológico¹⁸-teórico (saber).

Dentre os componentes, muitas vezes o aspecto *hardware* é o mais dominante, uma vez que apresenta um maior grau de *observabilidade*¹⁹. Características das inovações como a observabilidade, percebidas pela unidade de adoção, ajudam a explicar as taxas de adoção, isto é, a velocidade com que uma inovação é adotada. Pelo fato de as características serem percebidas pelos adotantes de diferentes maneiras uma mesma inovação pode ser desejável para um indivíduo em uma situação, mas indesejável para o outro em situação diferente.

Dentre as características de uma inovação, está a possibilidade de ela ser reinventada em diversos níveis. Para Rogers (2003), reinvenção é “*o grau em que uma inovação é alterada ou modificada por um usuário no processo de adoção e implementação.*” (ibid., p.180). É esperado que uma inovação mude e evolua durante o processo de adoção. Isto é, espera-se que uma inovação, ao ser adotada, seja alterada ou adaptada em certo grau para atender as especificidades do contexto em que será implementada. No entanto, modificações mais profundas, que desarticulam os princípios que sustentam as qualidades da inovação, podem chegar ao ponto de não modificar, ou até piorar, a prática antecessora. É importante frisar que

¹⁸ Diferentemente da definição de Rogers (2003) para tecnologia (instrumentos e informações utilizadas para viabilizar um tipo de inovação tecnológica), para Chevallard (1999), referencial utilizado por Espinosa, Araujo e Veit (2019), a tecnologia é um discurso racional que gera, explica e justifica técnicas (um componente não materialmente físico).

¹⁹ Para Rogers (2003), a observabilidade indica o grau em que os resultados de uma inovação são visíveis para outros indivíduos.

adotar uma nova ideia, prática ou objeto não significa implementar um padrão rígido estabelecido pela inovação, mas sim implementá-la ativamente, personalizando-a para atender as especificidades de um contexto particular.

Nesse sentido, reinvenções ocorrem frequentemente e uma forma de identificá-las é aferir “o número de elementos em cada implementação de uma inovação que são similares, ou diferentes, da versão principal da inovação” (ROGERS, 2003, p.184). É justamente desta maneira que nossa pesquisa avaliou quais reinvenções mais frequentes realizadas pelos docentes ao adotar o PI. Ou seja, para determinar se houve reinvenção do método avaliamos o uso de cada característica percebida como essencial a ele. Por fim, vale salientar que a reinvenção não ocorre exclusivamente durante a implementação, porém esse é o momento em que é mais provável que ocorra.

Avançando no processo de difusão identificamos a dependência de pelo menos um indivíduo (organização ou unidade de adoção) que conhece e/ou tem experiência com uma inovação e outro que não tem essa relação com a inovação conectados pelos canais de comunicação. Nessa situação, o indivíduo ou a instituição que origina a mensagem é uma fonte, já o meio pelo qual a mensagem passa de um indivíduo para outro é o canal de comunicação. Para Rogers (2003) pelo menos dois canais de comunicação existem e são eles: em massa ou interpessoal. Sendo os canais de comunicação em massa (*e.g.*, televisão, internet, livros, ...) mais eficazes para o conhecimento de inovações, e os canais de comunicação interpessoais mais eficazes na formação e mudança das atitudes com relação a nova ideia, influenciando na adoção ou rejeição.

Elucidamos até agora os conceitos de inovação e canais de comunicação, assim como os demais construtos pertinentes correlacionados a esses, sendo necessário, ainda, esclarecer do que se trata tempo e sistema social na perspectiva do autor, a fim de compreender sua definição para o conceito de difusão.

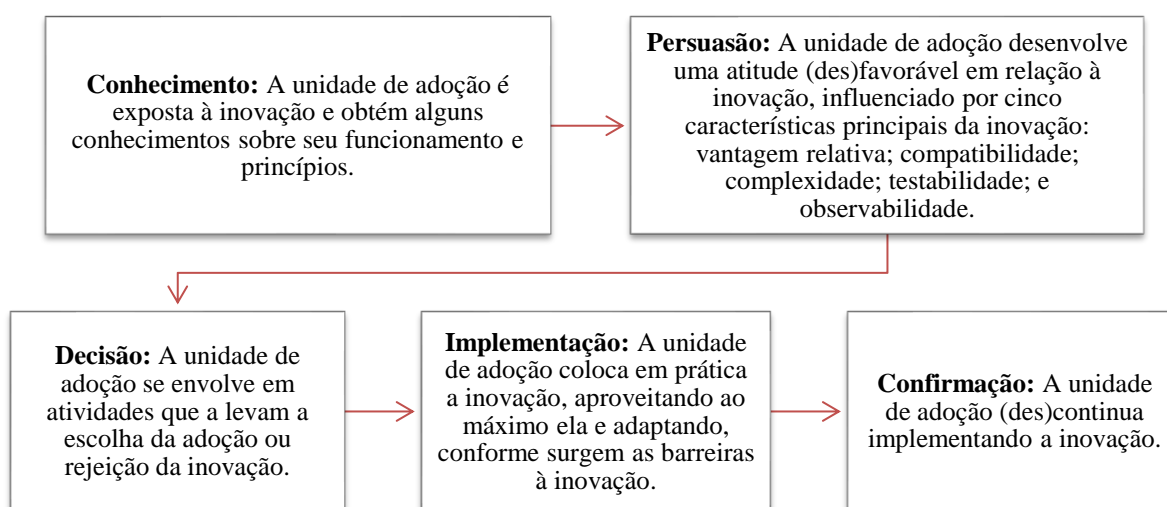
O conceito tempo não tem uma definição explícita no livro, mas são apresentadas três atividades em que ele está envolvido na difusão. São elas: (i) o processo de decisão da inovação, em que o tempo corresponde ao período necessário do conhecimento da inovação até sua efetiva adoção ou rejeição; (ii) a capacidade de inovação de um indivíduo, em que o tempo corresponde ao quão precoce ou tardia foi a adoção de uma inovação comparado a outros membros do seu sistema social; (iii) a taxa de adoção de uma inovação em um sistema social, em que o tempo corresponde a um determinado período em que se observa a distribuição dos indivíduos, membros do sistema social, que adotam uma inovação.

Por fim, o sistema social pode ser visto como um conjunto de indivíduos ou organizações que estão engajados na solução de um problema, com um objetivo em comum.

Além do processo de difusão, Rogers (2003) propõe um modelo de decisão pela inovação, o qual consiste em uma série de ações diferentes que ocorrem ao longo do tempo, visto que a decisão de inovar não é um ato instantâneo. O modelo proposto por Rogers (2003) possui cinco etapas: *conhecimento*, *persuasão*, *decisão*, *implementação* e *confirmação*. Cabe salientar que essas etapas não ocorrem, necessariamente, nessa ordem; e algumas delas podem ocorrer de forma simultânea.

Previamente aos primeiros conhecimentos sobre uma inovação, isto é, ao início do processo de decisão, a unidade de adoção deve satisfazer alguns dos seguintes pré-requisitos: *perceber uma necessidade ou problema; possuir uma personalidade inovadora; apresentar práticas anteriores compatíveis com a inovação; e contar com normas sociais que legitimem a incorporação da nova prática, ideia ou objeto*. Para o autor, as normas sociais são padrões de comportamento estabelecidos para os membros de um sistema social (ibid.). Dessa forma, essas normas acabam por definir uma variedade de comportamentos toleráveis e esperados para os membros do sistema social em questão. Nesse sentido, entendemos que os professores que investigamos ao implementarem seus produtos educacionais em sala de aula foram guiados por diversas normas sociais. Ou seja, seu comportamento e conseqüentemente suas ações em sala de aula foram, em parte, definidas previamente pelos membros do sistema social ao qual pertencem, pela instituição em que atuavam.

Figura 2 - Modelo do processo de decisão pela adoção de inovações.



Fonte: Adaptado de Rogers (2003).

Atendidos os pré-requisitos pelo possível adotante, o processo de adoção de inovações começa com o *conhecimento*, como exposto na Figura 2. Nessa etapa, a unidade de adoção é exposta a uma inovação e passa a obter alguns conhecimentos sobre o seu funcionamento e seus princípios. Para Rogers (2003) existem três tipos de conhecimento sobre uma inovação: (i) a consciência da existência, em que o indivíduo busca responder “O que é essa inovação?”; (ii) o conhecimento prático relacionado ao “saber-fazer”, procurando saber “Como a inovação funciona?”; e (iii) o conhecimento dos princípios, que basicamente responde à questão “Por que a inovação funciona?”.

Apesar da busca por informações estar concentrada na fase do conhecimento, é provável que ocorra ainda nas etapas de *persuasão* e *decisão*. Contudo, a inovação pode ser utilizada sem que o adotante adquira, em qualquer das etapas, algum conhecimento acerca de seus princípios. Nesses casos, seu uso é suscetível a falhas e pode resultar na descontinuação. Com relação ao conhecimento ainda é válido salientar que os indivíduos podem conhecer diversas inovações, mas não adotá-las, tanto devido às suas atitudes e crenças sobre a inovação como por não considerá-la relevante.

Se na etapa de conhecimento a atividade mental da unidade de adoção era principalmente cognitiva, na *persuasão* a principal é a afetiva (de sentimento). Nessa fase, a unidade de adoção passa a formar uma atitude favorável ou desfavorável com relação à inovação, buscando ativamente informações sobre a nova ideia e as interpretando. E, para Rogers (2003), essas atitudes são consideradas influenciadas por cinco características principais da inovação:

1. *Vantagem relativa (relative advantage)*: indica o grau que uma inovação é percebida como melhor que a estratégia antecessora, a ser substituída, pela unidade de adoção.
2. *Compatibilidade (compatibility)*: indica o grau que uma inovação é compatível com os valores existentes, experiências precedentes e necessidades percebidas pela unidade de adoção. Se uma inovação for incompatível com os valores e normas de um sistema social não será adotada tão rapidamente quanto uma que for compatível.
3. *Complexidade (complexity)*: indica o grau que uma inovação é percebida pela unidade de adoção como difícil de utilizar e/ou entender. Inovações mais simples são adotadas mais rapidamente do que aquelas que exigem que o adotante desenvolva novas habilidades e entendimentos.
4. *Testabilidade (trialability)*: indica o grau que uma inovação pode ser experimentada, em uma base limitada, pela unidade de adoção. Geralmente, aquelas inovações que podem ser testadas em etapas têm mais chances de serem adotadas.

5. *Observabilidade/Visibilidade (observability)*: indica o grau em que os resultados de uma inovação são visíveis para outros indivíduos. Quanto mais fácil é para os indivíduos verem os resultados de uma inovação, de sua implementação, mais facilmente ela será adotada.

Para o autor as inovações percebidas pelos indivíduos como tendo maior vantagem relativa, compatibilidade, testabilidade e observabilidade e com menos complexidade serão adotadas mais rapidamente do que outras. Ele ainda salienta que essas cinco qualidades são importantes para explicar a taxa de adoção, mas a vantagem relativa e a compatibilidade representam os atributos mais relevantes. Destaca-se que mesmo quando todas as características forem satisfatórias, a inovação ainda pode ser difundida mais lentamente do que o esperado.

Nessa etapa ainda é possível que o indivíduo teste mentalmente a inovação no seu contexto. Em geral, essa etapa é dedicada para responder à questão “Quais são as vantagens e desvantagens da inovação na minha situação?”, em que os pares ganham mais credibilidade do que análises científicas.

A terceira etapa, de decisão, é o momento em que a unidade de adoção se envolve em atividades que levam à escolha da adoção, rejeição ativa ou passiva da inovação. Sendo a rejeição ativa, aquela em que o indivíduo considera adotar a nova ideia (inclusive o seu teste), mas opta por não adotar. A rejeição passiva, também conhecida como não adoção, consiste em não considerar o uso da inovação em nenhum momento.

Durante a fase da decisão o indivíduo pode diminuir suas incertezas sobre as consequências da adoção, testando-a parcialmente, adquirindo informações a partir de conversas com os pares que já a utilizaram ou observando-os durante a implementação (*i.e., experiência vicária*). O julgamento desse teste da inovação em pequena escala no seu contexto é importante para a decisão de adoção da nova ideia. Quando as inovações podem ser divididas e testadas em partes para o indivíduo avaliar suas vantagens, possivelmente serão adotadas mais rapidamente do que as que não podem.

A etapa da implementação acontece quando a unidade de decisão coloca em prática uma inovação, aproveitando ao máximo ela. Essa fase envolve uma mudança de comportamento do adotante, bem como evidencia os problemas de como usar efetivamente a nova ideia. É esperado que um certo grau de incerteza sobre as consequências esperadas da inovação ainda exista para o indivíduo nessa etapa. Quase sempre o adotante busca conhecer as respostas das questões: “Onde eu posso obter a inovação?”, “Como eu uso?” e “Quais problemas operacionais eu provavelmente vou encontrar e como posso resolvê-los?”.

É durante a implementação que a maior parte das reinvenções ocorrem, pois é nesse momento em que de fato a inovação é posta em prática. Apesar do adotante utilizar uma ideia existente ele pode e deve modificar ela para adequar à sua situação única. Tal adequação será conveniente para tornar a inovação sustentável no contexto dos adotantes. Como resultado dessa reinvenção, uma inovação pode ser mais apropriada combinando os problemas preexistentes com os novos problemas do processo de decisão pela inovação.

Estabelecida a possibilidade de reinvenção de uma nova ideia as opções disponíveis para os potenciais adotantes não se restringem apenas a adoção e rejeição. As modificações de uma inovação e a rejeição seletiva de alguns elementos delas também podem ser opções. Tais alterações podem ser para melhor adequar aos problemas e contexto do adotante, bem como podem ocorrer devido à falta de conhecimento/informação sobre a inovação em si ou sobre sua aplicação. Nesses casos, a simplificação ou o mau entendimento sobre a nova ideia tornam a descontinuação mais provável.

Justamente a confirmação ou descontinuação do uso da inovação consistem na última etapa do processo de decisão de inovação. A descontinuação é a decisão de rejeitar uma inovação após ter implementado. Os dois tipos de descontinuação são: (i) substituição e (ii) desencanto. É considerado substituição quando a unidade de decisão rejeita uma nova ideia implementada para adotar outra ideia melhor que a substitui, o que pode estar relacionado com os percalços enfrentados durante a adoção. E o desencanto consiste na decisão de rejeitar uma ideia implementada por causa da insatisfação com seu desempenho. Essa insatisfação pode acontecer pelo uso inadequado da inovação e, conseqüentemente, pela ausência da percepção de vantagem relativa com sua adoção.

Já a confirmação é um estágio em que o adotante busca reforçar sua decisão pela inovação. Em geral, nessa etapa o adotante garante informações adicionais que lhe convençam da sua decisão e identifica os benefícios e vantagem relativa do uso da inovação. Nessa fase, se o indivíduo for exposto a mensagens conflitantes sobre a nova ideia é possível que ele reverta sua decisão de adotá-la ou de rejeitá-la.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para responder às questões de pesquisa deste estudo inicialmente foi realizada uma análise de conteúdo (BARDIN, 2011) das dissertações e produtos educacionais de professores que implementaram o PI em aulas com temas de Física durante o MPE, entre 2004 e 2020. Devido à ausência de informações sobre a implementação de várias características do método, em alguns documentos, foi necessário realizar uma coleta de dados adicional. Para isso elaboramos um questionário com questões baseadas nas etapas de implementação e confirmação de Rogers (2003) e nas categorias definidas para a análise, expostas na Seção 4.2.

A seguir apresentamos o referencial metodológico (Seção 4.1), o delineamento metodológico para a análise de conteúdo das dissertações (Seção 4.2) e, na sequência, o delineamento para coleta e análise dos dados adicionais, a partir da criação e aplicação do questionário (Seção 4.3).

4.1. Análise de conteúdo de Laurence Bardin

Bardin (2011) propõe um método para compreender as comunicações humanas. São consideradas comunicações humanas “*qualquer comunicação, isto é, qualquer veículo de significados de um emissor para um receptor, controlado ou não por este, deveria poder ser escrito, decifrado pelas técnicas de análise de conteúdo.*” (ibid., p.38). Elas podem ser linguísticas (oral e escrita), icônicas ou outros códigos semióticos, em forma de monólogo, diálogo, grupo restrito ou de massa. O Quadro 2 apresenta os domínios possíveis da aplicação da análise de conteúdo.

Na nossa pesquisa, as mensagens manipuladas foram os relatos e informações contidas nas dissertações selecionadas, além das respostas ao questionário, com intuito de evidenciar indicadores que permitam inferir quais as modificações e suas razões, bem como as barreiras mais salientes para os professores de Física no contexto do MPE.

De modo geral, designa-se análise de conteúdo:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens. (BARDIN, 2011, p.48).

Com essas técnicas visa-se compreender os humanos envolvidos na comunicação e seu ambiente no momento analisado. Busca-se conhecer os significados veiculados pelos sujeitos

em suas falas e mensagens, inferir sobre outras realidades que não a da mensagem. Tem como objetivo a explicitação e sistematização do conteúdo das comunicações.

Quadro 2 - Domínios possíveis de aplicação da análise de conteúdo.

<i>Códigos e suporte</i>	<i>Uma pessoa “monólogo”</i>	<i>Comunicação dual “diálogo”</i>	<i>Grupo restrito</i>	<i>Comunicação em massa</i>
Linguística - Escrito	Agendas, pensamentos, diários.	Cartas, respostas à questionários, trabalhos escolares.	Todas as comunicações escritas trocadas dentro de um grupo, como ordens de serviço numa empresa.	Jornais, livros, anúncios publicitários, panfletos, literatura.
Linguística - Oral	Delírios de um doente mental, sonhos.	Entrevistas e conversas de qualquer natureza.	Discussões, entrevistas, conversas de grupo de qualquer natureza.	Exposições, discursos, televisão, publicidade, rádio, cinema.
 Icônico (sinais, imagens, filmes, ...)	Garatujas mais ou menos automáticas, pinturas, sonhos.	Respostas a testes projetivos, comunicação entre duas pessoas por meio da imagem.	Toda comunicação icônica em um grupo pequeno.	Cinema, publicidade, pintura, sinais de trânsito.
Outros códigos semióticos (tudo que não é linguístico e pode ser portador de significações)	Manifestações históricas da doença mental, posturas, gestos, tiques, dança.	Comunicação não verbal com destino a outrem, comportamentos diversos tais como rituais e regras de cortesia.		Meio físico e simbólico: sinalização urbana, monumentos, arte; mitos, estereótipos, instituições, elementos de cultura.

Fonte: adaptado de Bardin (2011, p.40).

A análise de conteúdo de Bardin (2011) é composta por três etapas: (i) *pré-análise*; (ii) *exploração do material*; (iii) *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*.

A primeira etapa, *pré-análise*, consiste na organização das comunicações para a análise. Inicialmente ocorre a escolha dos materiais a serem analisados e se realiza uma leitura “flutuante” para tomar o primeiro contato. A autora define algumas regras para a escolha dos documentos: (a) *exaustividade* – não omitir nada do *corpus* definido; (b) *representatividade* – a amostra escolhida deve representar o assunto, que por sua vez depende do objetivo; (c) *homogeneidade* – devem ser semelhantes e não apresentar diversas singularidades; (d) *pertinência* – devem ser adequados às informações pretendidas, correspondendo aos objetivos. Simultaneamente ou cronologicamente à seleção dos documentos, podem ser formuladas as hipóteses (a serem verificadas) e os objetivos (finalidades do estudo), e são referenciados os índices e elaborados os indicadores que fundamentam a interpretação final.

A segunda etapa, *exploração do material*, corresponde a análise propriamente dita, execução dos objetivos definidos na *pré-análise*. Consiste na codificação, decomposição ou

enumeração em função de regras preestabelecidas. A codificação pode ser expressa em três tarefas: *o recorte*: definição das unidades de registro e de contexto; *a enumeração*: escolha das regras de contagem; e *a classificação e agregação*: escolha das categorias. A definição prévia das categorias não impossibilita a evolução delas ao decorrer do estudo.

Uma unidade de registro é “*uma unidade de significação codificada e corresponde ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial.*” (BARDIN, 2011, p. 134). Estas podem ser a palavra, o tema, o personagem, o objeto ou referente, o acontecimento ou o documento. Suas dimensões e naturezas são muito variáveis. A unidade de contexto “*serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e corresponde ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exata da unidade de registro.*” (BARDIN, 2011, p. 137). Muitas vezes as unidades de contexto englobam as de registro. As unidades de registro e de contexto utilizadas na categorização do nosso estudo foram em nível linguístico, oral e escrito, com relação ao “tema” investigado em cada uma delas.

Para a autora (ibid.), a escolha das categorias de análise deve ser realizada levando em consideração algumas qualidades: (a) *exclusão mútua*: uma unidade de análise não pode ocupar duas categorias ao mesmo tempo; (b) *homogeneidade*: as unidades de análise devem ser semelhantes dentro das categorias; (c) *pertinência*: a categorização deve ser adequada ao material e ao estudo e apresentar vantagens para o objetivo do estudo; (d) *objetividade e fidelidade*: categorias objetivas e fieis ao estudo; (e) *produtividade*: as categorias devem apresentar resultados férteis para pesquisa.

A terceira etapa, *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*, pode ser entendida como a síntese e seleção dos resultados, colocando em relevo as informações encontradas com a análise, e a interpretação desses, propondo uma nova análise ou utilizando os resultados para fins teóricos ou pragmáticos.

4.2. Análise de conteúdo das dissertações

Para realização do estudo das dissertações e produtos educacionais, adotamos as orientações metodológicas da análise de conteúdo de Laurence Bardin (2011). A primeira e segunda etapa da análise de conteúdo realizadas no presente estudo são apresentadas a seguir e a terceira etapa corresponde à seção de resultados e discussões das dissertações.

(i) ***Pré-análise***

A seleção dos materiais foi realizada com base no nosso objetivo de analisar as reinvenções e justificativas relatadas em dissertações de MPE e produtos educacionais, em que os professores, autores, utilizaram o método PI. Realizamos a busca pelas dissertações no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES²⁰ e em planilhas de dados sobre o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física²¹ (MNPEF) disponíveis na plataforma Sucupira, publicadas no período de 2004 (ano de publicação das primeiras dissertações do MPE) a 2020, considerando o critério de *exaustividade* (BARDIN, 2011).

A homogeneidade, representatividade e a pertinência nos levaram a restringir o escopo da seleção das dissertações apenas para aquelas que relatavam a implementação do PI durante o MPE em aulas com temas de Física. Para identificar esses documentos, utilizamos, no catálogo da CAPES, os seguintes termos de busca: "*Instrução pelos Colegas*" OR "*Instrução pelos Pares*" OR "*Instrução por Pares*" OR "*Peer Instruction*"²². Com isso, foram encontradas 77 dissertações²³, mas ao refinar a busca para Mestrado Profissional e Profissionalizante restaram 52 e um, respectivamente. A inclusão do Profissionalizante ocorreu devido a essa ser a antiga nomenclatura do MP.

Das 53 dissertações foram analisados resumo, título e programa de origem, procurando indícios da implementação do método de ensino de interesse em aulas com temas da Física. Nessa etapa, 14 trabalhos foram excluídos por pertencerem a outros cursos de Mestrado Profissional, como Matemática e Biologia, e utilizar temas dessas áreas de conhecimento, por exemplo funções orgânicas oxigenadas em aulas de Química.

Com intuito de garantir que estávamos identificando todas as dissertações de MPE que utilizaram o método escolhido para o estudo, foram analisadas cinco planilhas de dados do MNPEF disponíveis, em julho de 2019, na plataforma Sucupira. Nela escolhemos a instituição de ensino Sociedade Brasileira de Física (SBF) e o Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - PROFIS, para os anos com produção acadêmica, isto é, de 2015 a 2019. Para cada ano foram lidas as informações contidas em cada uma das planilhas, disponibilizadas para *download* pela própria plataforma, como título, resumo e palavras-chave,

²⁰ Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES disponível em: <http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>.

²¹ O programa de pós-graduação MNPEF é oferecido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), <http://www.www1.fisica.org.br/mnpef/>.

²² Descritores escolhidos com base nos conceitos identificados em artigos e livro de divulgação da metodologia ativa escolhida.

²³ Busca realizada em 02 de julho de 2020.

de modo a buscar indícios do uso do PI. Das 109 dissertações de 2015 e 190 de 2017 não identificamos novas dissertações, ou seja, nesses anos identificamos apenas as que já haviam sido levantadas pela busca no catálogo da CAPES a partir dos descritores escolhidos. Para 2016, das 192 dissertações, identificamos duas ainda não encontradas pelo levantamento no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES; e das 259 de 2018 uma nova dissertação foi selecionada. Esses trabalhos não foram encontrados anteriormente por problemas ortográficos. Para 2019, das 351 dissertações, três novos trabalhos foram selecionados.

Elegidas as 45 dissertações pertinentes para análise prosseguimos com o *download* delas e sua inclusão no *software* NVivo 12 Pro²⁴. A análise de conteúdo da primeira etapa do estudo, análise de conteúdo das dissertações, foi feita nesse *software* pois ele permite que durante a leitura dos documentos o pesquisador selecione trechos e relacione eles a um ou mais *nós*²⁵. No nosso estudo, os *nós* representaram as categorias de análise, definidas previamente à leitura dos documentos e adaptados ao longo da leitura flutuante deles.

Durante a leitura flutuante das dissertações, realizadas ao final dessa etapa, excluímos mais uma dissertação, pois ela apenas utilizava o método como inspiração para a elaboração de outras atividades, sem apresentar uma seção sobre o PI. E adicionamos uma dissertação indicada por um orientador de MPE, contatado durante a fase de divulgação do questionário. Elegemos assim 45 dissertações de MPE com temas de Física que relatavam a implementação do método selecionado, sendo 32 dessas provenientes do MNPEF.

(ii) *Exploração do material*

Com o objetivo de responder a primeira questão de pesquisa proposta, em que buscamos identificar as principais reinvenções no método e as razões delas, elaboramos 11 categorias que representam características fundamentais do *Peer Instruction*. Elas foram adaptadas das categorias propostas por Dancy e colaboradores (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016; TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016). As categorias usadas em nossa análise e suas respectivas descrições são apresentadas no Quadro 3.

Dentre os motivos para adaptação das categorias está o fato de que as características originais, propostas por Dancy, Henderson e Turpen (2016) eram utilizadas para análise *in loco*, isto é, não foram propostas visando a análise de relatos escritos. Ademais, a partir da

²⁴ *Software* de análise de dados qualitativos utilizado na pesquisa, disponível em: <https://www.qsrinternational.com/nvivo/home>.

²⁵ Esse recurso do Nvivo permite o acesso aos recortes associados ao nó, derivados de vários arquivos. Ou seja, ao acessar um nó, encontramos todas as unidades de registro e de contexto, selecionadas e classificadas durante a análise dos documentos, relacionadas a ele.

leitura flutuante e primeira tentativa de recorte e categorização, percebemos a necessidade de maior especificação dos elementos do método. Tais mudanças foram realizadas para estabelecer a pertinência e a homogeneidade das categorias. A produtividade, objetividade e fidelidade influenciaram na decisão de criar categorias objetivas para cada uma das ações propostas no método sustentadas por princípios pedagógicos.

Quadro 3 - Categorias de análise do estudo e sua descrição.

Categoria	Descrição
C1: Preparação prévia como indicado pelo método.	A preparação prévia do método pode ser realizada de duas maneiras. A primeira consiste em utilizar as Tarefas de Leitura, isto é, a indicação para o aluno da leitura de um material de apoio e cerca de três questões, sendo duas delas sobre o material e uma sobre as dificuldades relacionadas a ele. A segunda forma é indicar uma leitura prévia ao aluno e ao chegar em sala de aula realizar <i>quizzes</i> com eles para identificar as dificuldades e a realização ou não da preparação prévia.
C2: Análise das respostas dos alunos à preparação prévia.	A análise das respostas da preparação prévia consiste no contato do professor com as dificuldades e opiniões dos alunos expostas na tarefa. Tal análise guia as ações do professor em sala de aula, podendo levar ele a apresentar um experimento, simulação ou exposição sobre o conceito do qual os alunos apresentaram dificuldades nas respostas fornecidas.
C3: Exposições orais breves.	A realização de exposições orais breves nas aulas deve ter como base as dúvidas e dificuldades apontadas pelos estudantes na tarefa de preparação prévia. Ela também pode apresentar os tópicos de forma mais profunda. Para cada exposição ser breve geralmente são utilizados entre cinco e 20 minutos do tempo de aula.
C4: Questões intercaladas com exposições orais.	As questões conceituais são intercaladas com breves exposições orais em sala de aula. Isto é, na aula o professor deve expor e propor um TC a cada conceito. Dessa forma, os TCs não ficam para o final da aula, como uma forma de avaliar se os alunos entenderam a exposição oral realizada anteriormente.
C5: Reflexão individual do estudante para cada teste conceitual.	A reflexão individual do estudante para cada TC corresponde ao momento destinado para que o aluno, em silêncio, formule um raciocínio que lhe permita argumentar e discutir com os colegas sobre a sua alternativa escolhida.
C6: Primeira votação dos testes conceituais individual.	A realização da primeira votação dos TCs consiste na apresentação da alternativa escolhida pelo aluno para cada TC de forma individual.
C7: Discussão entre os colegas.	A discussão entre os colegas consiste no momento de apresentação dos argumentos dos alunos para seu grupo. Nesse momento, os alunos tentam convencer uns aos outros da sua resposta, apresentando suas justificativas, argumentos e raciocínio desenvolvido durante a reflexão individual sobre o TC.
C8: Segunda votação dos testes conceituais individual.	A realização da segunda votação dos TCs consiste na apresentação da alternativa escolhida pelo aluno para cada TC de forma individual, após a discussão com os colegas sobre a questão e suas alternativas. Dessa forma, o aluno expressa a sua opinião, que pode não ser a mesma do seu grupo de discussão, por discordar ou não ter sido convencido.
C9: Aplicação de testes conceituais em sala de aula.	As questões utilizadas como TCs em sala de aula devem estar relacionadas com um único conceito. Dessa forma, o professor pode identificar qual o nível de compreensão conceitual dos alunos sobre o tópico apresentado e seguir a aula considerando as dificuldades dos alunos.
C10: Questões em sala de aula, testes conceituais, não são pontuadas por acerto e erro.	A avaliação das questões por acerto e erro não é recomendada devido à possibilidade de inibir o aluno a expor suas respostas e dúvidas sobre o conceito envolvido na questão.
C11: Tarefas de preparação prévia são avaliadas apenas por esforço ou participação.	A avaliação das respostas dos alunos às tarefas em termos de raciocínio demonstrado e esforço/participação, sem punições, visa incentivar a participação dos estudantes e diminuir a inibição ao erro.

Fonte: elaborado pela autora.

Em nosso estudo, os referidos princípios correspondem à base de informações do método de ensino, relacionados à componente denominada *software* por Rogers (2003), conforme apontado na Seção 3. Os princípios pedagógicos do método, e as categorias que se relacionam a cada um deles, são apresentados no Quadro 4. A partir de uma análise praxeológica do método *Peer Instruction*, detalhada no artigo de Percheron et al. (2021), elaboramos o Quadro 4, como uma tentativa de relacionar suas principais características com os seus respectivos princípios pedagógicos.

Quadro 4 - Princípios pedagógicos que sustentam cada característica (categoria) do *Peer Instruction*.

Princípio pedagógico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Um estudante pode aprender com o outro.							x				
O desenvolvimento do pensamento crítico e da habilidade de argumentação dos alunos pode auxiliar na compreensão conceitual dos conteúdos.					x		x				
O engajamento cognitivo dos discentes com atividades de ensino auxilia na promoção da aprendizagem.	x			x	x		x				
Melhores resultados de aprendizagem podem ser alcançados se os alunos forem corresponsáveis por ela.	x	x			x	x		x			x
O tempo em sala de aula deve ser valorizado com o engajamento ativo dos estudantes nas atividades.	x	x	x	x			x				x
A disponibilidade de tempo para que cada estudante reflita sobre os conceitos, no seu próprio ritmo, auxilia na aprendizagem.	x			x	x						
Avaliações formativas auxiliam na aprendizagem.										x	x
O desenvolvimento de hábitos de estudo auxilia na aprendizagem.	x										x
A compreensão conceitual é fundamental na aprendizagem de Física e auxilia na resolução de problemas.	x				x		x		x		
Os conhecimentos prévios dos alunos são essenciais para a aprendizagem.		x		x			x				

Fonte: elaborado pela autora, com base em: Percheron *et al.* (2021, no prelo) e Araujo e Mazur (2013).

Com as informações expostas no Quadro 4 é possível notar que, por exemplo, o sistema de votação adotado (*e.g.*, *clickers*, *flashcards*, *plickers*) não se caracteriza como um elemento fundamental do método, pois não está associado aos princípios pedagógicos, caracterizando-se em um aspecto meramente técnico. Por outro lado, o que corresponde a uma categoria fundamentada é o registro individual dessas respostas.

Cada trabalho foi avaliado de acordo com possíveis alterações detectadas durante a análise de informações pertinentes a cada categoria, com a seguinte escala: “Modificado”; “Original”;

“Sem informação”; e “Não se aplica”. Os itens “Modificado” e “Original” se referem à comparação das ações implementadas nas dissertações e produtos educacionais em relação ao que é preconizado pelo autor do método PI em seus trabalhos. Foram classificados como “Sem informação” os textos cujos autores não mencionaram, direta ou indiretamente, quaisquer indícios que possibilitassem a inferência de aplicação ou não da categoria em análise. Já a classificação “Não se aplica” foi empregada em situações em que uma modificação em uma categoria levou a ausência da característica em análise. Por exemplo, quando constatado que o autor não utilizou a tarefa de preparação prévia (C1) não faz sentido aferir se ele avaliou a atividade prévia dos alunos para construção de suas exposições orais (C2), ou se atribuiu pontos pela realização da mesma (C11).

A partir dessas classificações foi possível identificar a frequência com que as características sofreram modificações. Tal procedimento viabilizou um melhor direcionamento na elaboração do questionário, uma vez que evidenciou quais categorias apresentaram um maior número de modificações, sem razões explícitas, e quais ações previstas no método PI cujo relato textual das dissertações e produtos educacionais não trouxe informações suficientes para se avaliar como foram implementadas.

4.3. Coleta de dados adicionais - questionário

A coleta de dados adicionais se deu com a implementação de um questionário (vide Apêndice 1) elaborado com base nos resultados da análise de conteúdo e no referencial teórico. Buscamos complementar as informações já obtidas sobre a implementação do PI pelos professores do MPE. Também incluímos perguntas sobre a (des)continuidade do uso do método após o término do mestrado e sobre as dificuldades enfrentadas.

Para verificar se as questões do questionário correspondiam às nossas expectativas com a pesquisa solicitamos que dois professores, doutores em ensino de Física, fizessem a validação do seu conteúdo. Para fins de refino do instrumento, realizamos uma aplicação piloto do questionário com dois professores participantes do estudo, que nos enviaram comentários sobre o entendimento das questões. Por fim, fizemos os devidos ajustes e convidamos por e-mail (vide Apêndice 2) todos os autores das dissertações selecionadas para o estudo, para respondê-lo. Nesse e-mail, anexamos um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (vide Apêndice 3) para informá-los e esclarecê-los sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação.

O questionário foi elaborado com base nas categorias estabelecidas para o estudo e disponibilizado aos professores no *software Lime Survey*²⁶. O instrumento contém 22 questões principais e outras 42 condicionadas às respostas das primeiras. Ou seja, o respondente é direcionado à próxima questão de acordo com as respostas que vai apresentando. Como exemplo temos as questões 6.1, 6.3, 6.4, condicionadas a uma resposta afirmativa da questão 6, que visam identificar como ocorre a preparação prévia. As referidas questões são apresentadas a seguir.

- 6) Você passou aos seus estudantes atividades de preparação prévia às aulas [Texto de ajuda: por exemplo, textos e/ou vídeos sobre o conteúdo a ser discutido em aula]?
() sim () não
- 6.1) As tarefas de preparação prévia dos alunos continham questões a serem respondidas e retornadas a você antes das respectivas aulas presenciais? () sim () não
- 6.3) Durante as aulas presenciais, você destinava tempo para os alunos realizarem as tarefas de preparação prévia? () sim () não
- 6.4) Você utilizou questões no início das aulas para avaliar se os alunos de fato tinham estudado o material de preparação prévia (exemplo, quizzes)? () sim () não

Dentre as 64 questões, seis questões visam mapear o perfil do respondente (2-4 e questões condicionadas). Estas questionam seu nome (2), se está atuando como docente (3) e seu tempo de experiência docente (4). Em caso afirmativo da questão 3, ainda é solicitado seu nível de atuação, o tipo de instituição, e sua carga horária semanal dedicada à regência.

Trinta e duas estão relacionados às modificações realizadas pelos professores durante o MPE (5-13 e questões condicionadas), organizadas segundo as categorias de análise, associadas com a etapa de implementação do método. Para cada categoria, incluímos pelo menos uma questão no instrumento de pesquisa que visava identificar como o professor estava implementando-a. A exemplo das questões: 13.2 que compreende a C6; 13.3 que se relaciona com C7; e 13.4 e 13.4.1 que se referem a C10.

- 13.2. Você solicitou aos alunos que realizassem a **primeira votação** dos testes conceituais... [Marque todos que se aplicarem.]
() ... individualmente. () ... em pequenos grupos (duplas, trios...). () Outro: ____
- 13.3. Após a **primeira votação**, você...
() ... passou a explicar qual a resposta correta para a questão, independente da distribuição de acertos para ela.
() ... disponibilizou tempo para que os alunos discutissem entre si quando o percentual de acertos das respostas ficou no intervalo 30% - 70% (ou em intervalo próximo a esse).
() ... disponibilizou tempo para que os alunos discutissem, independentemente do percentual de acertos da turma.
() Outro: ____
- 13.4. Foram atribuídas notas/pontuações para as respostas da **primeira votação**: () Sim () Não

²⁶ O *Lime Survey* é um *software* livre para aplicação de questionários *online*, disponível em <https://www.limesurvey.org/pt/>.

Em caso afirmativo da 13.4:

13.4.1. Explique brevemente como era definida a pontuação. [Texto de ajuda: Por exemplo, por acerto e erro, esforço, participação, ...] ____

Seis questões abordam as razões das mudanças realizadas durante o MPE (6.1.2; 6.5; 7.3; 12.1; 13.7; 13.5.2). A seguir exemplificamos com a questão 13.5.2 em que o respondente, ao indicar que não realizava a segunda votação dos TCs depois da discussão das respostas (13.5), é questionado sobre os motivos.

13.5. Você solicitou aos alunos que realizassem uma **segunda votação**, sempre que houve discussão das respostas entre eles? () Sim () Não

Em caso negativo da 13.5:

13.5.2. Por quê? ____

Outras duas questões englobam as dificuldades enfrentadas para inovar em sala de aula apenas durante o MPE (14) e com relação a toda a experiência com o PI (16), uma vez que entendemos as barreiras como possível justificativa para mudanças no método. A questão 16 apresenta alguns itens e pede que o respondente do instrumento distribua 100 pontos que indiquem suas principais dificuldades enfrentadas. Tais itens foram elaborados com alguns resultados encontrados nos estudos anteriores sobre Adoção e Difusão de Inovações Didáticas. E a questão 14, corresponde a uma questão aberta sobre as principais dificuldades enfrentadas pelos professores ao implementar o PI durante o MPE. Com a análise das respostas a essas questões buscou-se encontrar possíveis causas, justificativas, para as reinvenções realizadas no PI para viabilizar seu uso no contexto educacional do professor.

Outras nove questões se referem à implementação e confirmação do uso do método (15 e questões condicionadas), etapas do processo de decisão de inovação de Rogers em que as reinvenções são mais prováveis. Nessa dimensão tem questões sobre a (des)continuidade do uso do método (confirmação da inovação), a frequência de uso e as adaptações necessárias para continuar implementando o método após a conclusão do MPE, como exposto a seguir.

15. Você continuou implementando o método *Peer Instruction* em suas aulas, mesmo **depois do ano de conclusão** de seu Mestrado?

() Não

15.1. Por quê? ____

() Sim, usei por um tempo, mas hoje não uso mais.

15.2. Por quê? ____

15.3. Foram realizadas modificações na aplicação do método em relação **ao que você já tinha feito no Mestrado**? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 15.3.:

15.3.1. Quais e por quê? _____

15.6. Por quanto tempo você utilizou?

() Sim, continuo usando desde então.

15.4. Com que frequência? ____

15.5. Foram realizadas modificações na aplicação do método em relação **ao que você já tinha feito no Mestrado**? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 15.5.:
15.5.1. Quais e por quê? _____

O questionário também conta com questões relacionadas às atitudes²⁷ do respondente com relação ao *Peer Instruction* (17-19 e questões condicionadas). Outra questão está relacionada à difusão do método a partir do produto educacional elaborado e disseminado pelo participante (20). Adicionalmente, a questão 1 refere-se ao aceite ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, a questão 22 à concordância em participar de uma possível entrevista futuramente e a questão 21 permite que o participante comente pontos que considera relevante, mas que não foram abordados.

Para análise, organizamos as respostas do questionário de acordo com as categorias definidas para o estudo. Essa organização foi realizada em uma tabela a qual já havíamos gerado para organizar a classificação das dissertações. Para distinguir os dados advindos do questionário e das dissertações adicionamos uma nova coluna para cada categoria, dessa forma uma coluna representava as classificações originadas pela análise dos relatos nas dissertações e a outra apresentava as classificações derivadas das respostas ao questionário. Durante essa etapa foi necessário criar mais uma classificação para representar os casos em que o professor apresentou informações diferentes na dissertação e nas respostas ao questionário (denominada “Indeterminado”).

²⁷ Nesse estudo, consideramos a definição proposta por Icek Ajzen (1991, apud HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2012, p. 26) de que “as atitudes estão relacionadas com os sentimentos dos indivíduos, e elas são moldadas pelo conhecimento que o sujeito tem sobre o objeto (respostas cognitivas sobre o objeto), ou seja, pelas suas crenças”.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentamos e discutimos os resultados provenientes: da análise de conteúdo de dissertações em que os professores, autores, utilizaram o PI como parte de seu produto educacional entre 2004 e 2020; e da aplicação de um questionário com esses docentes. Também temos como objetivo nessa seção propor algumas hipóteses que podem servir como ponto de partida para pesquisas futuras.

5.1. Sobre as reinvenções realizadas no *Peer Instruction*

Questão i: Quais são as reinvenções, no sentido atribuído por Everett Rogers, realizadas nas características do método de ensino, Peer Instruction, no processo de adoção dele no contexto de ensino brasileiro de Física dos Mestrados Profissionais em Ensino? Em que medida elas descaracterizam e/ou potencializam o método? E quais as razões apontadas por esses docentes para essas reinvenções?

Nesta subseção apresentamos uma discussão sobre as reinvenções realizadas no PI e as justificativas para essas modificações, bem como levantamos algumas hipóteses para os resultados encontrados, discutindo-os com a literatura pertinente. Os dados apresentados correspondem à articulação dos resultados da análise das 45 dissertações e produtos educacionais com as respostas fornecidas por 31 professores que se dispuseram a responder o questionário.

Dos 45 professores do nosso estudo, seis realizaram mudanças em mais de 50% das categorias analisadas e apenas dois não modificaram alguma característica do método (ID12; ID37²⁸). Tal resultado corrobora com uma das asserções do estudo de Henderson e Dancy (2009) que indicam a raridade de professores no contexto norte-americano de ensino que usam as estratégias de ensino como recomendado pelo desenvolvedor.

Além disso, dos 14 participantes que não indicaram modificações na implementação do PI (questão 5), apenas um (ID 12) realmente não o fez, de acordo com nossa análise das dissertações e respostas a outras questões do questionário. Os outros 13 docentes modificaram pelo menos uma característica. Cabe salientar que dois desses participantes, que não admitiram realizar modificações (ID10 e ID23), implementaram cinco mudanças, o que representa 45,5% de reinvenção no método. Ou seja, os professores, ao mudar algumas características do método

²⁸ Para garantir o anonimato, cada um dos 45 professores foi identificado com um código, de ID01 até ID45.

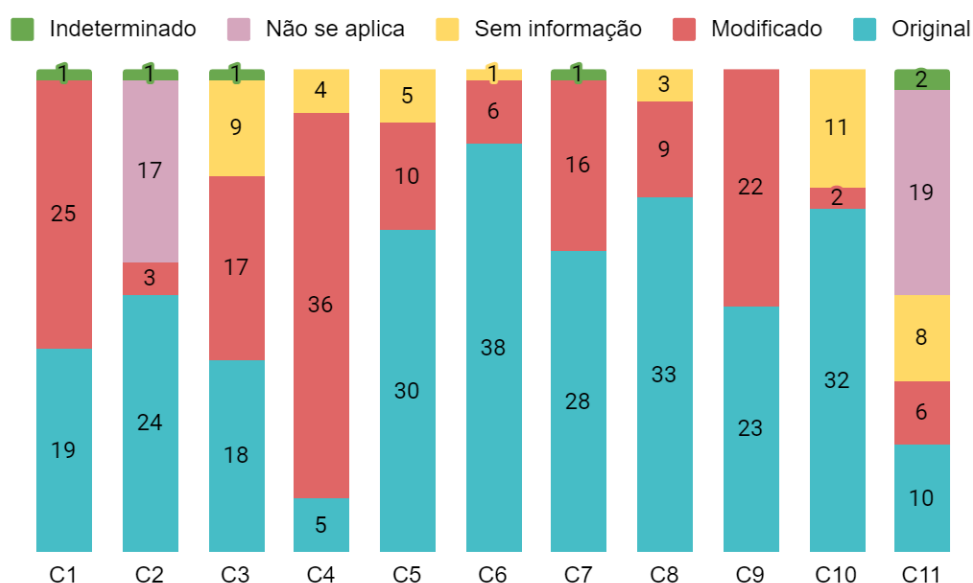
não as relatam por não perceberem que uma mudança foi realizada ou, ainda, devido a um fator de esquecimento, relacionado com o tempo entre a implementação e a aplicação do questionário.

Na Figura 3 apresentamos um panorama da frequência com que identificamos, para cada categoria, as classificações definidas. Essas classificações levam em consideração a leitura das dissertações e produtos educacionais, bem como as informações coletadas no questionário.

Em sua maioria as classificações “Sem informação” estão relacionadas aos casos em que obtivemos acesso apenas à dissertação e ao produto educacional. Nesses casos, os relatos não apresentavam informações suficientes para que fizéssemos um juízo acerca da implementação da característica. Tal fato, nos leva a salientar a importância do desenvolvimento de relatos detalhados nas dissertações de MPE, uma vez que estes podem possibilitar que futuros adotantes, a partir da leitura dos produtos educacionais ou dissertações, percebam e entendam as adaptações e dificuldades enfrentadas pelos autores durante a implementação do(s) método(s).

Conforme mencionado na Seção 3, entendemos reinvenção como o grau que uma característica/ inovação é modificada (ROGERS, 2003). Portanto, inicialmente verificamos quantitativamente as alterações em cada categoria e, na sequência, as analisamos qualitativamente, buscando identificar o grau com que a adaptação afetou os princípios pedagógicos que sustentam o método. Em relação ao tipo de instituição de ensino (público ou privado), não encontramos diferenças significativas nas reinvenções realizadas.

Figura 3 - Distribuição do total de trabalhos, em cada categoria de análise, em função de alterações introduzidas no método PI.



Fonte: elaborada pela autora.

Das 11 categorias que representam as características essenciais do PI, três apresentaram uma quantidade significativa de modificações (C4, C1, C9), pois mais de 50% dos professores as modificaram. Elas estão relacionadas com a preparação prévia, a dinâmica em sala de aula e a aplicação de questões conceituais em sala. Outras duas categorias (C3 e C7), associadas ao tempo de exposição oral e ao encaminhamento da discussão entre os alunos, foram alteradas por 17 e 16 docentes, respectivamente.

Outras duas categorias relacionadas com a adaptação das aulas a partir das respostas dos alunos na preparação prévia (C2) e a atribuição de notas para essas tarefas (C11) demonstraram uma quantidade moderada de classificações “Não se aplica”, ou seja, não foram implementadas devido à decisão do professor de modificar C1. Nas demais categorias, associadas ao momento de votação (C6, C8) e reflexão dos testes conceituais (C5) e à pontuação dos testes conceituais (C10), a quantidade de modificações não foi muito expressiva (até 10 participantes modificaram).

A seguir descrevemos as reinvenções realizadas em cada uma das 11 categorias (em ordem decrescente de quantidade de modificações: C4, C1, C9, C3, C7, C5, C8, C6, C11, C2 e C10), e, quando identificado, apresentamos suas respectivas justificativas. Em alguns casos apresentados, um mesmo docente realizou mais de uma modificação por categoria, ou seja, o total de reinvenções ultrapassa 45, que representa o número total de professores que compõem a pesquisa. Ademais, um mesmo docente pode ter apontado mais de uma justificativa para a mesma reinvenção. Por fim, apresentamos, no item 6.1.12., as reinvenções realizadas para viabilizar a continuidade do PI após a conclusão do MPE e as razões para a descontinuidade do método indicadas nas respostas ao questionário dos 31 respondentes.

5.1.1. Mudanças em questões intercaladas com exposições orais (C4)

Em relação à C4 as mudanças identificadas nos trabalhos e nas respostas ao questionário, bem como as respectivas justificativas apresentadas pelos professores estão elencadas no Quadro 5.

A mudança mais comum, feita por 28 professores, foi RC4a. Ou seja, primeiro os docentes realizavam a exposição oral de todo o conteúdo da aula e depois aplicavam os TCs, como ilustrado a seguir.

“A aula começou com uma breve explanação sobre a Conservação da Energia Mecânica, e discussões sobre a influência do atrito no dia a dia. Alguns exemplos de questões de vestibulares também foram apresentados aos alunos, sobretudo com intuito de expor aos mesmos a forma como muitos desses exames têm cobrado os assuntos discutidos. Passado pouco mais de 20 min nessa primeira parte, pediu-se aos

estudantes para acessarem novamente o Socrative e foram apresentadas, uma a uma, questões sobre o discutido no vídeo e na aula.” (ID42)

Quadro 5 - Reinvenções e justificativas apresentadas pelos docentes em relação às questões intercaladas com exposições orais (C4).

Reinvenções	Justificativas explicitadas pelos docentes
RC4a ²⁹ - Aplicação dos TCs ao final do período/aula (n=28).	Elevada quantidade de dúvida dos alunos (n=1). Necessidade de cumprir o conteúdo (n=1).
RC4b - Aula dedicada exclusivamente à aplicação dos TCs (n=16).	Elevada quantidade de dúvida dos alunos (n=1).
RC4c - Aplicação dos TCs em um único momento na aula (n=7).	-
RC4d - Aplicação dos TCs no formato de “lista de exercícios” disponibilizada aos alunos no início da aula (n=1).	-

Fonte: elaborado pela autora.

Em alguns desses casos, o professor também utilizava uma aula exclusiva para aplicação dos TCs (RC4b). O seguinte trecho ilustra essa reinvenção:

“Primeiramente em uma aula de 55 minutos, foi feita uma exibição de um vídeo [...] Após o vídeo, que teve uma duração de aproximadamente 15 minutos, foram feitas algumas perguntas pós-vídeos sobre a 1ª e 3ª Leis de Newton. Essas perguntas foram discutidas, ainda na primeira aula de forma dialogada entre os alunos e o professor, essa etapa teve uma duração aproximada de 15 minutos. Depois o professor explicou e enunciou a 1ª e 3ª Leis de Newton, a duração dessa etapa foi de aproximadamente 15 minutos. Na aula seguinte, foram apresentadas as questões conceituais com a metodologia IpC [Instrução pelos Colegas] e o uso do sistema de votação aqui desenvolvido. [...] Foram realizadas um total de 07 questões em 02 aulas de 55 minutos.” (ID44)

Para as modificações RC4a e RC4b apenas três professores apresentaram justificativas. Um deles aplicou todos os TCs ora no início, ora no final do período, nunca intercalando com outras atividades, em função da elevada quantidade de dúvidas dos alunos na preparação prévia. Segundo ele, uma exposição e discussão das respostas da tarefa de preparação prévia mais demorada implicou falta de tempo para aplicar todos os TCs da forma prevista pelo método. Também pela quantidade de dúvida dos alunos em relação ao conteúdo, outro docente destinou uma aula exclusiva para aplicar todos os TCs. O terceiro docente justificou a aplicação dos TCs ao final do período pela necessidade de cumprir todo o conteúdo. Com relação a essa última justificativa, entendemos que ela pode indicar a existência de normas sociais a respeito dessa ação que guiam algumas ações dos professores em sala de aula. Na TDI “*as normas de um sistema social podem ser uma barreira à mudança*” (ROGERS, 2003, p. 26), ou seja, uma

²⁹ Código para Reinvenção na Categoria 4 (RC4). As letras a, b, c e d representam as diferentes mudanças realizadas na categoria.

inovação para ser bem-sucedida deve apresentar suporte das normas sociais do contexto em que está sendo aplicada.

Frente a essas mudanças na C4, em que de certa forma os professores priorizaram a exposição do conteúdo em detrimento das discussões entre os colegas, evidenciamos como possível causa para todas as adaptações a influência de crenças de ensino transmissionistas do docente, nas quais o professor é entendido como o transmissor dos conteúdos e os alunos os receptores. Nesse caso, o docente utilizou o tempo em sala de aula para garantir uma transmissão eficaz, e não o aproveitou para que, por exemplo, um aluno aprenda com o outro, em discussões sobre os conceitos. Outra hipótese está relacionada à influência da prática tradicional de propor questões ao final da aula expositiva, para exclusivamente avaliar a compreensão dos estudantes. Isso vai ao encontro do destaque dado por Rogers (2003) de considerar as práticas prévias no processo de adoção de uma inovação. Além disso, a pequena carga-horária semanal destinada à disciplina de Física e a quantidade excessiva de conteúdos a serem tratados (fatores determinados pelas normas sociais) podem ter levado os docentes a organizarem um conjunto de questões para ser aplicado ao final da aula, reduzindo o tempo que seria destinado à atividade de intercalar entre a aplicação de questões e pequenas exposições dos conceitos.

Essas modificações e justificativas em C4 dificultam atender os princípios pedagógicos (apresentados no Quadro 4) relacionados com essa característica, uma vez que resultam na redução do tempo destinado: ao engajamento ativo dos estudantes nas atividades de ensino e às reflexões individuais sobre os conceitos, desconsiderando o ritmo de aprendizagem de cada aluno, e conseqüentemente diminuindo o engajamento cognitivo dos estudantes que auxilia na aprendizagem. Ademais, a exposição de todo o conteúdo anteriormente à aplicação dos TCs leva o docente a padronizar suas aulas e não considerar os conhecimentos prévios dos alunos que também são essenciais para a aprendizagem. Com essas adaptações que priorizam a exposição oral do conteúdo, a vantagem relativa (sentido rogeriano) da adoção do PI em relação às práticas antecessoras (tradicionais) pode ser menor.

5.1.2. Mudanças na preparação prévia (C1)

Em relação à C1, o Quadro 6 apresenta as reinvenções identificadas e justificativas apontadas nos trabalhos e nas respostas ao questionário dos docentes, alunos do MPE.

Com relação às duas reinvenções mais recorrentes (RC1a e RC1b), um professor sugeriu as leituras esporadicamente, e outro solicitou, em aula, apenas o retorno das dúvidas e

curiosidades sobre o material dos alunos. O seguinte trecho, apresenta o relato do autor desse segundo caso em sua dissertação.

“ [...] As aulas foram estruturadas tendo no primeiro momento um breve comentário e discussão sobre a TL, indagação das possíveis dúvidas após a leitura de cada tema e ainda, se os alunos compreenderam a linguagem abordada no texto e se abarcaram as imagens em cada tema proposto.” (ID08)

O autor desse recorte confirmou, em resposta ao questionário, que não aplicou questões sobre a leitura prévia. No entanto, não apresentou justificativa para isso.

Quadro 6 - Reinvenções e justificativas apresentadas pelos docentes em relação à preparação prévia como indicado pelo método (C1).

Reinvenções	Justificativas explicitadas pelos docentes
RC1a – Indicação de materiais para leitura prévia, sem questões sobre eles (n=11).	Entendimento do professor de que a leitura seria suficiente para o aluno entender o conteúdo (n=2). Falta de tempo do professor para analisar as respostas às tarefas de preparação prévia (n=1).
RC1b - Ausência de qualquer tarefa de preparação prévia (n=6).	Falta de engajamento e resistência para usar ambientes virtuais por parte dos discentes (n=1).
RC1c – Tarefa de preparação realizada totalmente ou parcialmente em sala de aula (n=7).	Falta de acesso à internet e computadores (n=1). Falta de tempo e engajamento dos alunos (n=1). Falta de engajamento dos alunos (n=2).
RC1d - Indicação de leitura de materiais e resolução prévia de lista de exercícios numéricos (n=1).	-

Fonte: elaborado pela autora.

Não foi possível identificar nas dissertações, a razão atribuída pelos professores para a eliminação das questões sobre a leitura (RC1a) ou da tarefa de preparação prévia por completo (RC1b). Já nas respostas ao questionário, três docentes apontaram suas razões para essas modificações, são elas: (i) falta de tempo do professor para analisar a resposta dos alunos antes da aula; (ii) falta de engajamento dos alunos nas atividades prévias e resistência discente para usar ambientes virtuais; e (iii) entendimento do professor de que a leitura seria suficiente para o aluno entender o conteúdo. Frente a essas justificativas levantamos a hipótese de que os três motivos apontados para RC1a e RC1b consistem em dificuldades devido às práticas anteriores dos docentes e discentes com relação ao processo de ensino-aprendizagem. Ou seja, tanto alunos como professores estão acostumados a realizar tarefas diferentes das propostas pelo método e tal mudança de suas práticas exige mais esforço para desempenhar novas tarefas, sem a percepção de vantagens relativas, observáveis, desde o início.

Dentre os seis professores que não utilizaram as tarefas de preparação prévia (RC1b), apenas um comentou no texto da dissertação e no questionário que não foi possível utilizá-las devido à resistência dos alunos ao uso de ambientes virtuais e à falta de engajamento dos

alunos. Inclusive, é possível notar, na unidade de análise a seguir, que o método, em alguns casos, já foi apresentado sem considerar a preparação prévia:

“O método Instruções pelos Colegas (IpC) consiste em, depois de uma rápida exposição do conteúdo, de cerca de 15 minutos, aplicar-se alguns testes conceituais de múltipla escolha para os alunos responderem individualmente.” (ID20)

Nesses seis casos, RC1b, cinco não apresentaram a tarefa como parte integrante do PI; e o docente que não utilizou por resistência e falta de engajamento estudantil indicou a preparação prévia como opcional. No questionário apenas um docente justificou a ausência dessa característica com a falta de engajamento dos alunos.

A não apresentação de questões em conjunto com os materiais indicados para leitura (RC1a) deixa de oferecer ao aluno uma oportunidade dele próprio avaliar o quanto está conseguindo compreender e aplicar os conceitos e de desenvolver hábitos de estudo. Além disso, retira a possibilidade de o professor preparar a aula de acordo com as dificuldades dos estudantes, passíveis de serem detectadas nas tentativas de respostas às questões prévias.

A completa ausência da tarefa de preparação prévia (RC1b), além dos prejuízos relacionados ao planejamento das aulas em termos das dificuldades e interesses da turma, restringe a possibilidade de um melhor aproveitamento do tempo em sala de aula para atividades de engajamento cognitivo discente e para suas reflexões individuais sobre os conceitos. Nesse caso, o tempo é usualmente destinado à apresentação do conteúdo por parte do professor. Essa modificação também reduz a responsabilidade do aluno sobre a própria aprendizagem.

Além dessas mudanças, identificamos sete professores que transpuseram, total ou parcialmente, a tarefa de preparação para a sala de aula (RC1c). Um desses docentes realizou a mudança devido à falta de tempo e engajamento dos alunos para fazer atividades fora de sala de aula e o outro pela falta de acesso à internet e computadores. Outros dois desses professores optaram por realizar apenas a leitura de um material em sala de aula devido à falta de engajamento dos alunos para realizar as atividades, como podemos perceber nas respostas apresentadas por eles no questionário:

“Porque as atividades de casa costumam ser de baixo aproveitamento. A maioria deles não leem materiais que solicitamos previamente, exceto quando condicionamos uma pontuação a eles.” (ID17)

“A atividade prévia teve que ser feita em sala. Quando ficou para casa, pouquíssimos [alunos] fizeram.” (ID13)

Tal adaptação, RC1c, em certo sentido desvia das intenções originais do método, uma vez que: destina o tempo de sala de aula para a realização da TL, diminuindo o tempo das discussões entre os alunos; e não incentiva a formação de hábitos de estudo extraclasse. Contudo, nossa hipótese é que essa mudança representa uma solução encontrada pelo docente para viabilizar o uso da inovação no seu contexto, pois ainda se mantém a preparação individual dos alunos.

Por fim, destacamos que nos trabalhos em que os professores apresentaram suas justificativas para as alterações, a falta de engajamento dos alunos é uma das principais razões às modificações (quatro dos 10 professores convergiram para essa justificativa), na etapa de preparação prévia (C1). Tal resultado vai ao encontro das razões para não adotar um método ativo de ensino identificadas em estudos realizados em universidades norte-americanas por Henderson e Dancy (2007), Turpen, Dancy e Henderson (2016) e Dancy e Henderson (2012). Nessas pesquisas, as principais razões apontadas foram as atitudes negativas dos estudantes com relação ao método e com relação à universidade e a dificuldade do docente para engajar os estudantes. À luz do nosso referencial teórico, entendemos que essas razões indicam a incompatibilidade das práticas anteriores com a inovação e a ausência da percepção de uma necessidade ou problema relacionado as suas práticas de ensino e aprendizagem.

5.1.3. Mudanças na aplicação de testes conceituais em sala de aula (C9)

Outra categoria com elevada quantidade de modificações foi a C9. Todas as 22 mudanças detectadas consistiram no uso de pelo menos uma questão numérica/formulista como teste conceitual. O recorte a seguir exemplifica as questões que eram utilizadas:

“TC9 - (UFMG - adaptada) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem: a) um período de 3 segundos. b) um período de 60 segundos. c) um período de 20 segundos. d) uma amplitude de 5 centímetros.” (ID35)

De certo modo essa alteração não leva em conta que o método considera a compreensão conceitual fundamental na aprendizagem de Física e auxilia na resolução de problemas. Ou seja, o método prioriza a aprendizagem conceitual, uma vez que pode facilitar a resolução de problemas. No entanto, apesar de não ser desejável a escolha de questões apenas numéricas, a combinação de algumas dessas com testes conceituais não descaracteriza o método e podem, inclusive, viabilizar a sua implementação em algumas instituições. Como hipótese, poderíamos considerar que, entre as razões para as alterações realizadas nesta categoria, estão as normas sociais e as expectativas de pais, alunos e da instituição de ensino sobre a responsabilidade do

professor em ensinar à turma a resolver problemas que permitam os discentes serem aprovados em avaliações externas (e.g., ENEM, vestibulares). Tais avaliações costumam ser baseadas em questões que envolvem a aplicação de fórmulas e de cálculos para a área da Física.

5.1.4. Mudanças nas exposições orais breves (C3)

A quarta categoria que sofreu mais reinvenção foi C3. Identificamos nos trabalhos de 17 docentes um longo tempo destinado às exposições orais em pelo menos uma aula. Cinco desses professores admitem exceder o tempo de explanação em seus relatos, porém não informam o quanto. Dentre esses, um docente apontou que optou por realizar uma aula exclusiva para exposição do conteúdo e outra para aplicar os TCs por acreditar que o trabalho fluiria melhor dessa forma. Essa modificação e justificativa estão retratadas no seguinte trecho:

“Neste método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais do professor, onde ele enfatiza os conceitos mais relevantes a serem trabalhados. Em sequência, são apresentadas as questões conceituais de múltipla escolha, que denominamos de pós-teste, para os educandos responderem primeiramente individualmente e depois discutirem com os colegas (Oliveira, 2012). Em nosso trabalho, optamos por utilizar duas aulas para realizar essa atividade (pois acreditamos que o trabalho fluiria melhor dessa forma), uma aula para ministrar os conteúdos pertinentes e outra aula para apresentar as questões conceituais.” (ID39)

Dentre esses docentes, um argumentou que sua pouca experiência em sala de aula o levou a decidir realizar uma aula exclusiva para exposição do conteúdo e outra para aplicar os TCs. Outros dois explicitaram que investiram mais tempo nas exposições devido à quantidade de dúvidas apresentadas pelos alunos na TL. Um deles admite que, além da quantidade de dúvidas, dificuldades pessoais o levaram a optar por exposições mais longas. Outros dois justificaram essa mudança pelo fato de os alunos não realizarem a TL, ficando a cargo dos docentes a apresentação detalhada dos conteúdos.

Com relação a essa modificação entendemos que ela desvia em certo grau do princípio pedagógico que sustenta esse aspecto do método. Isso porque o esperado é que o tempo de sala de aula seja destinado ao engajamento ativo dos alunos nas atividades e não somente a exposições do professor. No entanto, salientamos aqui que essas mudanças podem ser soluções dos docentes para dificuldades relacionadas com as tarefas de preparação prévia (C1).

A título de hipótese, com base nos conceitos rogerianos, as práticas preestabelecidas de um docente, que usualmente expõe em sala de aula todo o conteúdo, podem ter interferido no tempo dedicado pelo docente para a exposição dos conceitos, ou seja, sua experiência precedente não apresenta compatibilidade com a inovação. Assim como, a baixa carga horária

e a grande quantidade de conceitos a serem cumpridos (*i.e.*, normas sociais) podem ter levado os docentes a dedicar maior parte do seu tempo para exposição oral desses conteúdos e deixar a resolução de problemas como tarefa secundária. Outra hipótese plausível é que as crenças de ensino e aprendizagem do professor, alinhadas a uma perspectiva transmissionista de ensino, podem ter induzido ele a utilizar mais tempo para exposição. Ainda, é possível que o adotante perceba uma maior complexidade em expor brevemente cada conceito, intercalando com testes conceituais, e engajar os estudantes ativamente nas tarefas.

5.1.5. Mudanças na discussão entre colegas (C7)

No que diz respeito à C7, o Quadro 7 elenca as reinvenções e razões explicitadas pelos professores nos trabalhos e nas respostas ao questionário. Apesar de detectarmos um número alto de alterações (n=17), apenas um professor não orientou os alunos a discutirem suas respostas para os TCs com os colegas, diferentemente dos resultados de Dancy, Henderson e Turpen (2016), em que 7 (40%) de 18 professores raramente ou nunca pediam para os alunos discutirem.

Com relação à RC7a, apenas um docente apresentou a carga horária limitada como justificativa. Pelo mesmo motivo, outro docente realizou a RC7c. Por fim, um professor alegou o desconhecimento de instrumentos de coleta e análise automática das respostas dos alunos aos TCs como razão para RC7b.

Quadro 7 - Reinvenções e razões indicadas pelos docentes em relação à discussão entre os colegas (C7).

Reinvenção	Razões explicitadas pelos docentes
RC7a - Interferência do professor durante as discussões, direcionando a escolha das respostas (n=7).	Baixa carga horária da disciplina (n=1).
RC7b – Encaminhar a discussão entre os alunos sobre os TCs independentemente da quantidade de acertos (n=5).	Falta de conhecimento sobre instrumentos de coleta e análise automática das respostas (n=1).
RC7c - Substituição da discussão em pequenos grupos pela exposição de um aluno para a turma sobre sua resposta (n=2).	Baixa carga horária da disciplina (n=1).
RC7d - Troca da discussão por exposição oral do professor (n=1)	-
RC7e - Indicação de discussões após a votação de vários TCs (n=1).	-
RC7f - Discussão organizada por uma estudante, que assumiu o papel de líder de turma (n=1).	-

Fonte: elaborado pela autora.

Frente às reinvenções RC7a, RC7b e RC7e, apresentadas no Quadro 7, entendemos que os professores que as implementaram realizaram a discussão entre os estudantes apenas mudando

o momento ou as condições em que era indicada. Ou seja, essas alterações preservam as intenções originais do método, apenas diminuindo a complexidade percebida pela unidade de adoção: (i) um estudante pode aprender com outro; (ii) o desenvolvimento do pensamento crítico e da habilidade de argumentação dos alunos pode auxiliar na compreensão conceitual dos conteúdos; (iii) o tempo de sala de aula deve ser valorizado com o engajamento ativo dos alunos nas atividades; (iv) a compreensão conceitual é fundamental na aprendizagem de Física e auxilia na resolução de problemas; (v) os conhecimentos prévios dos alunos são essenciais para a aprendizagem; (vi) o engajamento cognitivo dos discentes com atividades de ensino auxilia na promoção da aprendizagem.

Para RC7c, RC7d e RC7f, entendemos que os pressupostos do método (i), (ii), (iii) e (vi) foram desconsiderados pelos seus autores. Destacamos aqui que devido ao pressuposto (i) estar relacionado apenas com essa característica do método (C7), sua modificação, se mal conduzida, pode debilitar o PI, impactando negativamente nos resultados advindos de sua implementação.

Por fim, uma hipótese explicativa para as mudanças em C7 é que a usual distribuição dos períodos de Física em mais de um dia da semana, a baixa carga-horária da disciplina e a necessidade de cumprir uma elevada quantidade de conteúdos (normas sociais) podem ter levado alguns docentes a destinarem pouco tempo para as discussões, ou interferindo nelas para poderem avançar com o conteúdo.

5.1.6. Mudanças na reflexão individual dos testes conceituais (C5)

Em relação à C5, o Quadro 8 indica a reinvenção e as razões explicitadas pelos professores nos trabalhos e nas respostas ao questionário.

Quadro 8 - Reinvenção e razões indicadas pelos docentes em relação à reflexão individual do estudante para cada teste conceitual (C5).

Reinvenção	Razões explicitadas pelos docentes
RC5a - Reflexão coletiva – discussão entre os alunos antes da primeira votação (n=10)	Alta quantidade de alunos por turma (n=2).
	Reação positiva dos alunos em relação às interações em sala de aula (n=1).
	Falta de tempo para as discussões dos TCs entre os alunos (n=1).

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à RC5a, nota-se que uma das justificativas apresentadas pelos professores (a alta quantidade de alunos por turma) está relacionada com a instituição (normas sociais). O número de alunos por turma não é, usualmente, algo que esteja sob controle do docente. Por isso, entendemos que esse fator foi visto como barreira a ser contornada pelos professores para viabilizar o uso do método em seu contexto educacional.

Ao docente que aponta como razão, para a modificação RC5a, a falta de tempo para as discussões dos TCs entre os alunos, devido ao tempo ocupado em discussões de TCs anteriores, levantamos a hipótese de que essa justificativa está associada com a carga horária da disciplina (normas sociais). Ou seja, para dar tempo de aplicar todos TCs planejados pelo docente, em alguns momentos ele indicou que os alunos já refletissem antes da primeira votação em pequenos grupos o TC.

Outro docente que permitiu aos alunos que conversassem entre si, anteriormente à primeira votação, teve como motivação a reação positiva dos alunos na discussão do primeiro TC aplicado. Assim, entendemos que o professor considerou a empolgação e o engajamento dos estudantes para permitir essa interação. No entanto, ele não considerou que para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos e promover uma discussão produtiva entre eles os alunos deveriam primeiro se engajar cognitivamente e pensar individualmente em argumentos que sustentassem suas respostas.

Entendemos que, independente da justificativa apresentada para essa reinvenção (RC5a), ao permitir ou solicitar que os alunos reflitam desde o início de forma coletiva sobre os TCs, o professor pode prejudicar o engajamento cognitivo individual dos alunos nos TCs, diminuindo seu comprometimento com a própria resposta e dificultando a elaboração de argumentos que a sustente nas discussões com os colegas após a primeira votação. Além disso, a abreviação do tempo destinado a reflexão individual pode ser negativa para compreensão dos conceitos na medida que os estudantes podem ter ritmos de aprendizagem diferentes.

5.1.7. Mudanças na segunda votação individual dos testes conceituais (C8)

No que diz respeito à C8, o Quadro 9 indica as reinvenções e as razões explicitadas pelos docentes nos trabalhos e nas respostas ao questionário.

Quadro 9 - Reinvenções e razões indicadas pelos docentes em relação à segunda votação dos testes conceituais individual (C8).

Reinvenção	Razões explicitadas pelos docentes
RC8a – Votação em pequenos grupos (n=7).	Elevada quantidade de alunos por turma (n=2). Falta de tempo para as discussões entre os alunos (n=1).
RC8b – Ausência de segunda votação (n=1).	Todos os alunos, após a discussão, sabem a resposta correta (n=1).
RC8c – Presença da segunda votação independentemente da quantidade de acertos da primeira votação (n=1).	Falta de tempo para a computação dos votos, realizados com fichas de papel (n=1).

Fonte: elaborado pela autora.

Os motivos institucionais apontados para RC8a são os mesmos relatados em RC5a. Tal modificação apesar de não permitir que cada aluno escolha sua alternativa, com base nos seus próprios argumentos, viabiliza o uso do método em salas de aula com quantidade elevada de alunos. Em contrapartida, o docente que optou por RC8b possivelmente desconsiderou a intenção original do método de alcançar melhores resultados de aprendizagem tornando os alunos corresponsáveis por ela. O recorte a seguir expõe essa modificação (RC8b) e a justificativa apresentada por ID05:

"Nesta questão, 32 alunos acertaram, marcando 2V, em amarelo. Erraram marcando (V), 19 alunos, e erraram marcando (zero), 7 alunos. Como o percentual de acertos ficou abaixo de 70 %, recorremos ao método instrução por colegas para estimular a troca de conhecimentos entre os pares. Ao seguir o método ao pé da letra, uma nova votação após a discussão, indicou 100% de acertos. Notamos aí, que a nova votação após a discussão entre os colegas, não indicaria a realidade uma vez que todos saberiam a resposta. Nestes casos, preferimos sanar as dúvidas durante a correção."
(ID05)

A partir desse trecho podemos entender que o professor acreditou que esse cenário, das votações do primeiro TC, se repetiria para os próximos. Infelizmente, o autor não apresentou mais detalhes sobre sua modificação e justificativa com relação a essa característica em sua resposta ao questionário. Levantamos a hipótese de que o professor não compreendeu ou se apropriou do princípio pedagógico que sustenta essa característica, antes de iniciar a implementação do PI. Ou seja, não entendeu que a segunda votação individual visa promover a responsabilidade do estudante pela própria aprendizagem e possibilita que mesmo após a discussão com os colegas o aluno discorde da alternativa escolhida pelo grupo ou que não seja convencido a mudar de resposta. Tal hipótese, é apontada como uma limitação à adoção de inovações pelos professores em contexto norte-americano de ensino (HENDERSON, 2005). Outra hipótese é de que os professores podem estar sendo afetados por normas sociais que não legitimam a incorporação da nova prática, pré-requisito para iniciar o processo de adoção de uma inovação na perspectiva rogeriana (ROGERS, 2003).

Destacamos que a razão apontada para RC8c também representa uma mudança da forma como uma característica é implementada. No entanto, essa modificação não está desalinhada com o princípio pedagógico e representa uma alternativa para viabilizar o uso do método por professores que enfrentam dificuldades infraestruturais que dificultam a realização da coleta dos votos a partir de recursos eletrônicos. Nesse sentido, levantamos a hipótese de que o docente recorreu ao uso do papel para votação, pois estava enfrentando essas dificuldades infraestruturais ou por desconhecer instrumentos de coleta e análise automática das respostas. Ressaltamos que tal modificação apenas potencializou o método, viabilizando-o naquele

contexto, visto que permaneceu realizando a votação de forma individual anteriormente e após a discussão entre os estudantes.

5.1.8. Mudanças na primeira votação individual dos testes conceituais (C6)

Com relação à C6, a única reinvenção realizada, por seis professores, foi o uso da votação dos TCs em pequenos grupos (dois ou mais alunos). Dentre as justificativas, estão as mesmas apresentadas para C5: alta quantidade de alunos por turma (n=2); reação positiva dos alunos em relação às interações em sala de aula (n=1); e a falta de tempo para as discussões dos TCs entre os alunos (n=1).

Com relação a primeira e a última justificativas apontadas, levantamos a hipótese de que os professores não têm acesso a recursos, de natureza infraestrutural, financeiro e/ou pedagógico, suficientes para um melhor aproveitamento do método no seu contexto. Assim como, essa mudança pode ter sido realizada pelos professores pelas normas sociais, mesma razão apresentada para RC8b.

O trecho a seguir ilustra o caso em que o docente orienta a realização da primeira votação em grupos, devido a reação dos alunos com relação à interação entre eles em sala de aula.

“Posteriormente, foi aplicado o TC 3.4, relacionado à conservação da carga elétrica. Diferente do que recomenda a literatura, os alunos realizaram a primeira votação em grupo, pois estavam gostando da interação entre eles. A votação teve um resultado de 100% e assim se seguiu para o TC 3.8, cujo tema era conservação do momento linear.”(ID32)

Nesse caso, a situação em sala de aula fez o professor mudar o método, adaptando-o conforme os interesses e entusiasmo dos alunos. No entanto, entendemos que dessa forma o desenvolvimento do pensamento crítico e a corresponsabilidade de cada aluno pela própria aprendizagem podem ser comprometidos, na medida que basta uma pessoa do grupo responder.

Outro ponto a ser considerado com relação a essa modificação de C6 é o grau de complexidade envolvido na adoção do método de ensino, uma vez que o professor precisa ter mais controle da turma para intercalar atividades de exposição com interação entre os alunos.

5.1.9. Mudanças na avaliação das tarefas de preparação prévia (C11)

No que se refere à C11, seis professores optaram por não avaliar as atividades de preparação prévia realizada pelos alunos. Em relação a essa única reinvenção, identificada em C11, não foram encontradas justificativas tanto nas dissertações como no questionário. Nesse caso, entendemos que os professores não descaracterizaram e nem potencializaram o método, ao não

utilizar da avaliação prevista.

Uma possível hipótese para tal modificação é evitar o aumento na carga de trabalho docente, na medida que julgam necessário corrigir as respostas fornecidas pelos alunos. No entanto, uma avaliação formativa (i.e., por engajamento, esforço ou participação) é essencial para aprendizagem e auxilia no desenvolvimento de hábitos de estudo. Em especial, os outros princípios pedagógicos que sustentam essa característica (avaliar as respostas às TLs por engajamento) visam atingir melhores resultados de aprendizagem promovendo a responsabilidade do estudante pela própria aprendizagem e valorizando o tempo em sala de aula, destinando-o ao estudo ativo dos conceitos pelos alunos.

5.1.10. Mudanças na análise das respostas dos alunos às tarefas de preparação prévia (C2)

Em relação à C2, identificamos duas reinvenções sem razões evidenciadas nas dissertações e respostas ao questionário. Uma das modificações, realizada por dois professores, foi a indicação de uma leitura prévia e o retorno de possíveis dúvidas dos alunos, ou seja, não havia questões a serem respondidas pelos estudantes sobre o material, para guiá-lo. Apesar desses casos serem considerados “Original” para C1, para C2 esta representa uma mudança, pois nem sempre os alunos vão apresentar dúvidas sobre o material, uma vez que sem questões sobre a leitura é possível que eles nem percebam suas dificuldades. Portanto, quando os alunos não enviam suas dúvidas o professor não tem como definir o nível de compreensão que eles tiveram do conceito em estudo (conhecimentos prévios) e preparar uma aula sob medida para as necessidades da turma, valorizando o tempo em sala de aula com o engajamento ativo dos estudantes nas atividades. Entendemos que tal mudança pode ter sido realizada devido a crença dos professores de que para preparar uma aula eles não precisam analisar as respostas dos alunos às TLs; ou devido ao aumento de trabalho que haveria se ele enviasse questões sobre a leitura e analisasse as respostas de todos os alunos.

A outra reinvenção com relação à C2 é para o docente que indica apenas a leitura de materiais e a resolução prévia de lista de exercícios numéricos, no entanto, não toma contato com as respostas dos alunos. Em sala ele apenas organiza os alunos em grupos para conferir suas respostas e depois de um tempo disponibiliza o gabarito da lista. Nesse caso, possivelmente o professor buscou incentivar os alunos a serem responsáveis pela sua aprendizagem e interagirem entre si (engajarem-se ativamente nas atividades), visando melhores resultados de aprendizagem. Contudo, ao não analisar as respostas dos alunos às TLs,

a abordagem do conteúdo não foi ajustada às dificuldades e interesses da turma, e consequentemente, sua prática em sala de aula ficou desalinhada com um dos princípios pedagógicos que sustentam tal característica (os conhecimentos prévios dos alunos são essenciais para a aprendizagem). Além disso, o uso de questões apenas numéricas pode não indicar exatamente o nível de compreensão conceitual do aluno, mas sim suas habilidades matemáticas.

5.1.11. Mudanças na avaliação das respostas dos alunos aos testes conceituais (C10)

No que diz respeito à C10, a reinvenção, realizada por dois professores, foi o uso de pontuação por acerto nos TCs. Um deles considerou para a pontuação as respostas da primeira votação e o outro da segunda votação dos TCs. Em ambos os casos o docente não apresenta razões para suas alterações. Contudo, temos como hipótese que esses professores aderiram à pontuação dos TCs visando um maior comprometimento dos alunos nesse período, tendo em vista que em muitos contextos de ensino os alunos só realizam as atividades quando essas são pontuadas.

Essa atribuição de notas para as respostas dos TCs também pode ser realizada devido a cobranças institucionais relacionadas às atividades realizadas em sala de aula; ao julgamento dos colegas; à prática tradicional de pontuar questões; entre outros motivos. Destacamos que pontuar o acerto dos TCs leva o aluno a responder as questões considerando aquilo que ele pensa que o professor espera como resposta e lhe garantirá a melhor nota, o que muitas vezes difere da resposta que acredita ser correta.

Em termos do nosso referencial teórico, as hipóteses levantadas para essa modificação, estão fortemente relacionadas com normas sociais e práticas prévias no contexto de ensino tradicional.

5.1.12. Sobre as reinvenções para a adoção continuada do PI (após o MPE)

Para aqueles docentes que continuaram a implementação do PI após a conclusão do MPE, entendemos que outras reinvenções poderiam ser necessárias. Para tanto as questões 15.3.1. e 15.5.1. do questionário (vide Apêndice 1) perguntaram aos docentes, que afirmaram ter modificado o método após a conclusão do MPE, quais as mudanças realizadas por eles. Dentre os 31 respondentes do questionário, identificamos 14 que continuaram utilizando o PI após a conclusão do MPE. A frequência com que esses docentes utilizam o método é muito variada. Alguns utilizam uma vez por ano e outros uma vez por mês – a cada novo conteúdo.

Nesses casos as mudanças necessárias para a continuidade, apontadas por 10 docentes, constituíram-se principalmente em alterações com relação às votações. As reinvenções realizadas foram: a integração de tecnologias (n=2) (e.g., *Google* formulários); adição de questões de cálculo como TCs (n=1); permitir, algumas vezes, as votações dos TCs em duplas (n=1). Adicionalmente, um professor passou a utilizar o *Peer Instruction* sem o *Just-in-Time Teaching*, conseqüentemente, retirando a TL. Além dessas reinvenções, dois professores comentaram que modificaram o sistema de votação. A seguir apresentamos a resposta de um deles.

“Outras formas de coletar os dados. Por ser mais rápidos que as placas que usei no mestrado.” (ID26)

Dentre as respostas a essa questão, dois docentes relataram mudanças na distribuição do tempo em sala de aula para cada atividade, isto é, votações, exposições e discussões. Outro professor realizou modificações que apenas enriqueceram a implementação do método, incluindo práticas experimentais e formulários do *Google*. Por fim, um docente relatou alterações nas atividades interdisciplinares planejadas e aplicadas durante o MPE, conforme o trecho a seguir.

“Apenas no planejamento. Nessa fase, o planejamento foi melhor definido para o trabalho interdisciplinar com o uso do PI. Apesar de sido uma excelente ferramenta, a atividade realizada com o professor de Química (época da dissertação), foi realizada de forma experimental e sem muito planejamento.” (ID04)

Outros professores, respondentes do questionário, descontinuaram a implementação do método depois de um tempo utilizando, em média dois anos após o término do MPE (n=7). Cinco deles alegaram não ter realizado novas reinvenções e os outros dois responderam:

“Devido à falta de rede wi-fi na escola após a implementação inicial, tive que enviar os testes para casa e retomá-los no início da próxima aula. Mantive os grupos de whatsapp e com eles pude manter o envio de material prévio, além de manter o feedback durante e após as tarefas.” (ID05)

“Permitir as interações para a segunda interação com toda a turma, sendo mais rápido orientar através de argumentos, levando-os para a construção de conceitos aceitos cientificamente.” (ID16)

No primeiro caso, entendemos que a falta de infraestrutura levou o docente a modificar o método para poder continuar a implementá-lo. Para o segundo, temos como hipótese de que as concepções de ensino e aprendizagem do professor e algumas cobranças institucionais, como a cobertura de todos os conteúdos previstos no plano de ensino.

5.2. Sobre as barreiras enfrentadas para adoção do *Peer Instruction*

Questão ii: Quais são as barreiras indicadas pelos professores, alunos do Mestrado Profissional em Ensino do Brasil, para implementar o Peer Instruction nas aulas de Física?

Nesta subseção apresentamos uma discussão sobre as barreiras enfrentadas pelos docentes para adoção do PI durante e após a conclusão do MPE, bem como discutimos os resultados encontrados com a literatura pertinente. Os dados apresentados correspondem às respostas fornecidas pelos 31 professores que se dispuseram a responder o questionário aplicado neste estudo. Por fim, apontamos as dificuldades indicadas pelos docentes para a descontinuidade da implementação do PI após a conclusão do MPE.

Em nosso instrumento de coleta de dados apresentamos duas questões sobre as dificuldades enfrentadas pelos professores para implementar o PI, uma dissertativa e outra de distribuição de pontos (questões 14 e 16 do Apêndice 1, respectivamente). A questão 14 convida os professores a descreverem as dificuldades percebidas por eles na implementação do método. A questão 16 elenca 14 possíveis barreiras encontradas pelos docentes para inovar em sala de aula, com base na literatura (TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016; HENDERSON; DANCY, 2005, 2007, 2008), e solicita que distribuam 100 pontos para tais aspectos, conforme o nível de dificuldade percebido associado a cada um deles.

Com relação à questão 16, a distribuição de pontos e sua respectiva porcentagem é apresentada no Quadro 10. Nesse quadro, organizamos as dificuldades percebidas pelos docentes conforme sua natureza, segundo a seguinte classificação elaborada por nós: *social*, *temporal*, *infraestrutural* e *pessoal*. As barreiras foram consideradas sociais quando associadas às atitudes negativas dos alunos, dos pais e da instituição frente à adoção do método de ensino. As barreiras de natureza temporal correspondem à ausência de tempo para realizar as atividades previstas pelo método. As infraestruturais estão relacionadas à ausência de materiais ou falta de organização dos recursos. E as pessoais são aquelas associadas a desafios percebidos pelos professores como de sua responsabilidade.

A pontuação de quatro itens se destaca frente aos outros, pois juntos representam cerca de 50% da pontuação total (1598 pontos de 3100). São eles: i) Convencer os alunos a realizarem as tarefas de preparação prévia as aulas (por meio de leituras, vídeos, simulações, ...) (16,8%); ii) Elaborar ou selecionar material para preparação prévia dos alunos as aulas (11,7%); iii) Elaborar ou selecionar questões conceituais que gerem discussões entre os alunos (11,7%); iv) Falta de tempo para planejamento das aulas (11,4%). Entendemos que esses elementos tiveram

maior pontuação atribuída pelos docentes, pois combinam a complexidade do processo de mudança da prática docente com a necessidade do professor de realizar novas atividades.

A partir do Quadro 10, percebemos e salientamos que as três dificuldades mais pontuadas são aquelas apontadas na literatura como barreiras de usuários plenos (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016), isto é, de professores que implementam quase todas as características do método. Tal situação nos leva a entender que os professores analisados neste estudo apresentaram maior dificuldade com relação à implementação do método, justamente por buscaram se alinhar a ele. Entendemos que essa necessidade de alinhar as práticas dos docentes em sala de aula com o método pode advir do compromisso assumido por eles com seus orientadores, devido ao contexto em que estão inseridos e suas exigências para conclusão do curso de MPE.

Quadro 10 - Distribuição de pontos atribuídos para cada barreira apresentada na questão 16 (vide Apêndice 1). As cores indicam a natureza da barreira: azul – pessoais (*i.e.*, docentes); rosa – temporais; laranja – infraestruturais; e verde - sociais.

Barreiras indicadas com base na literatura	Pontuação atribuída pelos docentes (porcentagem em relação à pontuação total)
Convencer os alunos a realizarem as tarefas de preparação prévia às aulas (por meio de leituras, vídeos, simulações...).	522 (16,8%)
Elaborar ou selecionar material para preparação prévia dos alunos às aulas.	361 (11,7%)
Elaborar ou selecionar questões conceituais que gerem discussões entre os alunos.	361 (11,7%)
Falta de tempo para planejamento das aulas.	354 (11,4%)
Preparar as aulas a partir das dúvidas e dificuldades enviadas pelos alunos previamente às aulas.	248 (8%)
Motivar os estudantes a trabalharem em grupo em sala de aula.	204 (6,6%)
Número de alunos por turma.	198 (6,4%)
Falta de infraestrutura.	180 (5,8%)
Manter a disciplina em sala com os alunos arranjados em grupos.	178 (5,7%)
Mediar as discussões em grupo em sala de aula de modo que sejam produtivas.	160 (5,2%)
Falta de maturidade dos alunos.	110 (3,5%)
Falta de apoio da instituição.	109 (3,5%)
Resistência dos alunos em participar das atividades.	100 (3,2%)
Resistência dos pais dos alunos.	15 (0,5%)

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisarmos a natureza dos elementos que mais se destacaram nessa questão, percebemos que fatores sociais, como o apoio dos pais dos alunos, afetaram menos a decisão de inovar dos professores do que fatores pessoais, temporais e infraestruturais, a exemplo da falta de recursos, falta de tempo para preparar os materiais e a dificuldade de convencer os estudantes a realizarem as tarefas prévias. Em especial, os fatores pessoais se mostraram mais

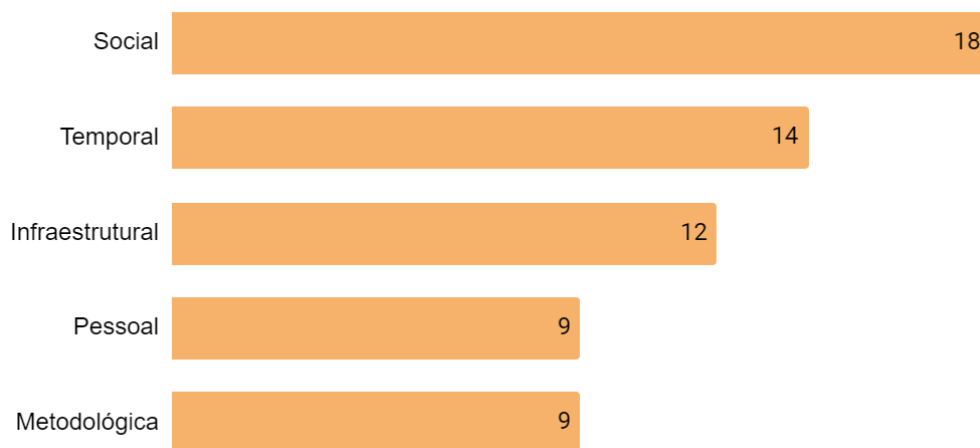
relevantes à adoção do PI do que o restante dos elementos apresentados. E, apesar desses fatores pessoais estarem relacionados com os sociais (elemento mencionado com maior frequência nas questões abertas do questionário), ainda representam para os docentes as questões mais difíceis de serem superadas. A exemplo, essa relação pode ser visualizada com o desafio mais pontuado, convencer os alunos a realizarem as TL, e a barreira social, explorada em seguida, indicada com maior frequência, falta de engajamento dos alunos nas TL. Em suma, convencer os alunos a realizarem as atividades pode representar um desafio relacionado ao docente, mas é dependente do contexto social. Para determinadas turmas, em contextos específicos, o docente pode se julgar mais ou menos capaz de convencer os estudantes a realizarem a tarefa extraclasse.

Além dessa análise inicial da distribuição de pontos, para identificar quais as barreiras enfrentadas pelos docentes com maior frequência, também classificamos as respostas das questões abertas (14 e 18 vide Apêndice 1) conforme sua natureza. Durante essa classificação foi necessário criar uma nova categoria para indicar barreiras associadas ao método e a chamamos de “Metodológica”. Tais dificuldades não foram apresentadas como alternativa na questão 16, pois foram pouco identificadas na literatura.

Na Figura 4 apresentamos a frequência com que identificamos cada uma das barreiras reportadas. Nessa classificação o número de menções total não corresponde à quantidade de docentes, respondentes do questionário, pois um mesmo professor pode indicar mais de uma dificuldade em suas respostas. Salientamos também que, apesar da questão 18 não estar diretamente relacionada as barreiras, suas respostas, por vezes, indicavam dificuldades relacionadas ao contexto de implementação do método, às crenças de ensino e aprendizagem pessoais do docente ou ao próprio método de ensino, uma vez que questionava sobre ele.

Durante a análise buscamos caracterizar as barreiras mais recorrentes enfrentadas pelos professores, mesmo que todas elas estejam associadas. Ou seja, uma mesma dificuldade pode estar relacionada a mais de uma classificação, sendo uma mais saliente que a outra. A exemplo do seguinte trecho: *“Tempo de busca e montagem de equipamentos multimídia na escola, ou tempo de mudança de sala de aula para onde os equipamentos estavam disponíveis.”* (ID22). Nessa situação, o tempo é uma consequência da falta de infraestrutura percebida pelo docente, sendo classificado, portanto, como infraestrutural.

Figura 4 - Frequência das menções às barreiras de acordo com sua natureza.



Fonte: elaborado pela autora.

A seguir apresentamos os resultados encontrados com relação a cada uma dessas classificações em ordem decrescente de quantidade de menções.

Barreiras sociais

A barreira social identificada com maior frequência foi a falta de engajamento dos estudantes nas atividades prévias a aula (indicado por 13 dos 18 professores). Nesse sentido, é possível que os professores tenham descontinuado, ou nem tenham tentado utilizar todas as características da inovação didática em sala de aula, devido à sua percepção da falta de hábito dos alunos de realizar tarefas extraclasse. Assim como podem não ter adotado alguma estratégia, pois percebem uma resistência estudantil para realizar atividades, tanto extraclasse como em sala de aula, que anteriormente não eram de sua responsabilidade. Sete professores apontaram a resistência estudantil frente ao método como uma barreira para a mudança das suas aulas, isto é, os alunos resistiram em fazer as atividades propostas pelo docente em sala de aula, se negando a realizá-las ou modificando a maneira como a realizaram. Essas barreiras percebidas pelos docentes também foram investigadas e identificadas em estudos norte-americanos (BORDA *et al.*, 2020; FINELLI *et al.*, 2019; ANDREWS *et al.*, 2020; DANCY; HENDERSON, 2012; TURPEN; DANCY; HENDERON, 2016; HENDERSON; DANCY, 2007). Inclusive Sturtevant e Wheeler (2019) descobriram que os professores mais insatisfeitos com as estratégias de ensino ativo tendiam a responsabilizar as atitudes dos alunos como sua maior barreira.

A resposta apresentada a seguir ilustra essas duas dificuldades enfrentadas pelo docente, bem como indica obstáculos devido à falta de colaboração da instituição.

“Resumidamente; Na dinâmica: 1 - a questão da preparação prévia, devido à falta de hábito de leitura e disciplina de estudo dos alunos. 2 - A resistência dos alunos em mudar de lugar e ou grupo na sala (fazer o rodízio). No planejamento: 1 - Improvisos e sobressaltos no calendário de aulas da escola.”(ID14)

Outro professor que aponta a falta de apoio da instituição comenta:

“Tempo de aula - as duas aulas da semana, em cada turma, eram separadas (não eram em sequência). Isso permitia somente a aplicação de até três testes conceituais. Exigências da escola quanto à preparação para vestibular e comparação com métodos de outro professor da escola.” (ID18).

Dessa forma, entendemos que para a instituição o uso da inovação didática não seria percebido como mais eficiente do que aulas transmissionistas em preparar os estudantes para o vestibular. Além disso, percebemos que, nesse caso, a instituição não auxiliou o professor a implementar a metodologia com a distribuição dos períodos adotada.

Outros fatores apontados com relação às barreiras sociais foram a resistência de pais e colegas de trabalho às metodologias ativas (n=1) e o perfil da turma (n=2). Em relação à última, são apontadas características dos estudantes que dificultaram a implementação do método, como exposto a seguir.

“Alunos com dificuldades de interação social, assim como outros que são muito extrovertidos. Sendo que esses últimos tinham dificuldades de concentração.” (ID16)

“Segundo, os alunos não têm costume de debater, em trabalhos cooperativos e também de ser claro e objetivo nas suas argumentações. Em geral, os alunos são tímidos na hora de expressar suas ideias. Daí acredito que o PI tem como necessidade a continuidade de sua aplicação em vários momentos para torna-se mais efetivo. Se sua aplicação não é interessante se for feita de forma esporádica.” (ID23)

Nessa perspectiva, sugerimos, com base na literatura, duas estratégias que podem facilitar a adoção de inovações didáticas. A primeira estratégia consiste na realização de ações de pesquisadores em ensino diretamente nas instituições de ensino, isto é, visitas de pesquisadores nas escolas voltadas para professores e supervisores (i.e., instituição em geral) para divulgação de inovações didáticas, apresentando os seus impactos no ensino e aprendizagem quando adotadas. Dessa maneira, a intenção é tornar a instituição mais receptiva à mudança da prática docente e possibilitar o trabalho colaborativo da instituição com os docentes, diminuindo as barreiras sociais relacionadas a essa questão. A outra estratégia para aumentar o apoio social à mudança da prática docente compreende a disponibilização de um suporte contínuo ao docente para adoção de inovações. Tal suporte pode ser proporcionado com a formação de comunidades de prática ou programas de desenvolvimento profissional, visto que tais práticas têm se mostrado eficazes para adoção e continuação da implementação de estratégias de aprendizagem ativa (PRICE *et al.*, 2021; BORDA *et al.*, 2020; TOMKIN *et al.*, 2019; MOGHTADER *et al.*,

2021; DANCY *et al.*, 2019; BENABENTOS *et al.*, 2020).

Barreiras temporais

As barreiras de natureza temporal foram identificadas de duas formas nas respostas dos professores. Uma está relacionada à baixa carga horária destinada ao Ensino de Física para cada turma; a outra está associada ao tempo de preparação dos materiais, aulas e questões que é mais elevado do que o preparo das aulas expositivas tradicionais, as quais usualmente não consideram as características e dificuldades dos alunos. A seguir apresentamos algumas respostas do questionário que expõem essas duas dificuldades.

“O tempo de planejamento e de preparação para profissionais que tem 40 ou 60 horas/aulas, ou seja, muitas turmas e todos diferentes umas das outras.” (ID28)

“Tempo envolvido na elaboração das atividades prévias. Administração do tempo de sala de aula.” (ID27)

“Tempo investido em busca, adaptação (às vezes tradução) e montagem das questões. Acredito que montagem (ou divulgação, se já há) de um repositório em língua portuguesa possa ser de grande auxílio!” (ID22)

“A disponibilidade de horário, a carga horária de Física no ensino médio regular é muito pequena o que dificulta as discussões e votações.” (ID06)

Nesse sentido, entendemos que possivelmente a adoção do *Peer Instruction* se torna mais fácil e rápida se os professores trabalharem colaborativamente com mais professores da sua disciplina. Assim, eles podem elaborar os materiais em conjunto e discutir sobre os desafios enfrentados durante a implementação da inovação. Além disso, sugere-se que os pesquisadores da área, orientadores do MPE, ou desenvolvedores das metodologias ativas invistam mais na elaboração de materiais de suporte ao adotante, facilitando seu conhecimento e sua implementação, bem como divulguem melhor esses materiais de apoio em escolas de ensino básico.

Barreiras infraestruturais

As barreiras infraestruturais identificadas estão relacionadas com à ausência de materiais ou falta de organização dos recursos, ou seja, com a ausência de uma infraestrutura adequada das salas de aula que dificultou a implementação do *Peer Instruction*. Dentre os obstáculos relacionados à falta de organização dos recursos estão a logística necessária para utilizá-los (n=3) e a quantidade elevada de alunos por turma (n=4). Essa primeira dificuldade é representada nos seguintes trechos das respostas de dois docentes:

“Tempo de busca e montagem de equipamentos multimídia na escola, ou tempo de mudança de sala de aula para onde os equipamentos estavam disponíveis.” (ID22)

“Infelizmente, nas escolas que trabalho, não existe projetor nas salas, então, eu perdi 10 minutos em média para montar e desmontar o equipamento (projetor, notebook, ligar 4G para acessar o plickers, ligar caixa de som).” (ID25)

Com relação à ausência de recursos das instituições, os professores indicaram como obstáculo a falta de recursos em geral e tecnológicos (n=5) e de acesso à internet (n=2). Nesses casos, os professores ou não tinham os recursos necessários, ou estes não eram adequados às atividades previstas pelo método. Um dos respondentes comentou que algumas vezes comprou os materiais para conseguir inovar em sala de aula, como apresentado no seguinte trecho:

“[...] a falta de material para a aplicação do método na escola estadual escolhida. Fazendo com que muitos dos materiais fossem previamente adquiridos por mim para que no momento da aplicação não tivesse imprevistos.” (ID29)

Outro professor comentou que as condições estruturais e a localização da sua escola dificultavam suas aulas, conforme exposto no trecho a seguir.

“A estrutura da sala de aula: com ventiladores ineficazes e ruído externo de trânsito de veículos leves e pesados na avenida ao lado das janelas da sala. Quando veículos pesados passavam a aula tinha que ser interrompida, apesar do uso de microfone pelo professor.” (ID19)

Como é evidente, as justificativas a essas barreiras infraestruturais estão relacionadas com o contexto em que o método foi adotado. Em especial, no nosso estudo, notou-se uma quantidade superior de professores atuando em instituições públicas de ensino, as quais, em geral, têm acesso a uma quantidade de recursos inferior se comparado com as privadas. Dos 31 respondentes do questionário, 21 implementaram seu produto educacional, e conseqüentemente o PI, em escolas estaduais, seis em federais e quatro em escolas particulares. Nesses casos, entendemos que não basta o professor querer inovar, por vezes, as condições infraestruturais da sua instituição e o tempo de preparação docente necessário dificultam a adoção de uma inovação didática, principalmente a longo prazo. Frente a essas informações, é importante que maiores investimentos sejam destinados às instituições públicas de ensino para facilitar a adoção de inovações didáticas, visto que problemas com a adequação das salas de aula (configuração das salas e recursos disponíveis) e o tamanho das turmas já foram investigados e representam uma das principais dificuldades enfrentadas pelos docentes (STURTEVANT; WHEELER, 2019; BORDA *et al.*, 2020; APKARIAN *et al.*, 2021; HENDERSON; DANCY, 2007).

Barreiras pessoais

Em relação às barreiras que foram consideradas pessoais, identificamos cinco obstáculos, citados por nove docentes. Quatro desses desafios estão relacionados ao esforço, à dedicação, do professor para desempenhar as tarefas, e foram mencionados 12 vezes. São eles: pouco controle da turma (n=2); maior quantidade de trabalho para planejamento de uma quantidade menor de conteúdo (n=3); seleção ou elaboração de questões conceituais adequadas (n=3); e gerenciamento do tempo para as atividades em sala de aula (n=4). O outro elemento mencionado por um docente está relacionado à dificuldade dele em manter o sigilo das votações.

O trecho a seguir ilustra a maior demanda de trabalho do docente para planejamento das atividades de uma quantidade menor de conteúdo:

“O trabalho de preparação das atividades é maior do que em uma disciplina que utiliza a metodologia tradicional.” (ID31)

Nessa perspectiva, entendemos que apesar do docente ser o principal responsável pelas atividades em sala de aula no modelo de ensino transmissionista tradicional, quando ele alinha sua prática ao PI suas responsabilidades e ações mudam, mas suas condições de trabalho e os hábitos dos alunos permanecem os mesmos. A exemplo da exposição dos conteúdos no ensino tradicional, em que apenas o professor fala para toda a turma, e no ensino com o PI em que os alunos discutem com o docente e formam grupos para debater sobre as questões. Observe que, nesse caso, se torna mais desafiador ao professor controlar a turma para não dispersar do tópico em estudo do que quando apenas ele expõe oralmente.

Entendemos que a maioria desses obstáculos pessoais indicados pelos professores correspondem a dificuldades de usuários plenos (i.e., aqueles professores que implementam o método de forma alinhada com a proposta, utilizando quase todos os elementos do método) (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016). Dessa forma, compreendemos que os professores do nosso estudo buscaram se alinhar ao método, apesar de realizar uma quantidade significativa de reinvenções. Além disso, salientamos que essas barreiras de natureza pessoal estão relacionadas com as sociais, como a resistência estudantil para interagir em sala de aula e realizar as tarefas previamente à aula (DANCY; HENDERSON, 2012; BORDA, 2020) e a falta de tempo para realizar as atividades planejadas (HENDERSON, 2005; PUNDAK; ROZNER, 2008).

Barreiras metodológicas

As questões relacionadas aos aspectos metodológicos, mencionadas pelos professores, podem ser reunidas em dois grupos: i) limitações do método (n=6); e ii) complexidade do PI (n=3). Dentre as respostas que indicaram limitações, identificamos reclamações sobre: o foco exclusivo em tópicos ou questões conceituais (n=2); o tempo limitado para as exposições orais (n=1); e a necessidade de implementação intercalado com outras metodologias devido aos diferentes tópicos abordados (n=3). Ilustramos essa primeira dificuldade associada às limitações do método com uma resposta à questão 18, em que solicitamos aos respondentes indicar os pontos negativos do método (vide Apêndice 1).

“Foco apenas em questões conceituais/sem envolvimento de fórmulas.” (ID04).

A respeito desses obstáculos, acreditamos que a motivação dos professores ao apontá-los está relacionada às suas intenções de cobertura dos conteúdos do plano de ensino, fator apontado como limitante para mudança da prática docente na literatura (HENDERSON; DANCY, 2007; TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016; DANCY; HENDERSON, 2012; BORDA *et al.*, 2020; ERDMANN; MILLER; STAINS, 2020).

Outra razão para essas barreiras pode estar relacionada com a expectativa docente e social de aprovação dos alunos em avaliações externas, geralmente compostas por problemas matemáticos, formulistas. Nesse sentido, Apkarian *et al.* (2021) indicam que os professores que acreditam que as avaliações dos estudantes são a parte mais importante do ensino utilizam principalmente aulas expositivas. Em outras palavras, uma possível razão para os professores indicarem o foco na aprendizagem conceitual como uma limitação do método está relacionada com suas expectativas de alinhar suas práticas em sala de aula com as avaliações externas.

Em relação à complexidade percebida pelos docentes sobre o método, as respostas apontam: a demanda por recursos tecnológicos, o tempo para votações individuais e a falta de conhecimento dos alunos sobre a dinâmica do método. Entendemos que tais fatores podem ser contornados no decorrer da implementação do método pelo professor com a modificação de suas atividades que dependem de recursos tecnológicos ou com o auxílio da instituição para obter acesso aos materiais necessários. Salientamos que os recursos tecnológicos podem ajudar, mas não são essenciais para a implementação do PI, tanto o uso de *clickers* como o de *flashcards* apresentam resultados de aprendizagem semelhantes (LASRY, 2008). A diferença entre o uso desses sistemas de votação está em termos de ensino:

“os *clickers* mostraram-se melhores por facilitarem a contagem das votações, por não permitirem que um estudante veja o que o outro está marcando no momento da votação e, também, por manterem um registro das opções individuais, que pode ser usado para acompanhar a evolução dos alunos em direção aos objetivos de aprendizagem” (MÜLLER *et al.*, 2012, p. 495).

Além disso, Percheron *et al.* (2021, no prelo) destaca que a mudança do sistema de votação não altera a atividade a ser realizada.

Barreiras que levaram à descontinuidade do PI após a conclusão do MPE

Dentre as razões, relatadas por sete professores, para a descontinuidade do PI depois de tentar implementá-lo sozinho, após a conclusão do MPE, estão a falta de infraestrutura institucional e alguns fatores pessoais. Como fatores infraestruturais, os docentes relataram dificuldades relacionadas ao acesso à *internet*, à quantidade de alunos por turma (elevada ou baixa) e a incompatibilidade do método com o sistema de avaliação escolar. Entendemos que tais dificuldades estão relacionadas ao contexto social e suas normas, o que as torna difíceis de serem contornadas por um único professor.

Em relação aos fatores pessoais que levaram à descontinuidade do método estavam: a falta de tempo para preparar materiais; a demanda de trabalho do método frente ao ensino transmissionista; e a atuação profissional fora de sala de aula (*e.g.*, cargo administrativo). Para os dois primeiros casos, entendemos que o docente ainda poderia viabilizar a adoção do PI, desde que trabalhasse em colaboração com outros professores da sua instituição de ensino ou de outras de contextos semelhantes. Ao trabalhar de forma colaborativa, como sugerido, a demanda de trabalho dos professores seria dividida entre eles, isto é, as tarefas de preparação e seleção dos materiais exigiriam menos tempo extraclasse de cada um e os desafios poderiam ser compartilhados e resolvidos em conjunto. Tal sugestão é sustentada pela identificação do tempo de preparação dos materiais como uma das principais barreiras tanto no contexto de ensino analisado neste estudo como em pesquisas no ensino superior norte-americanas (DANCY; HENDERSON, 2012; TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016; HENDERSON, 2005; PUNDAK; ROZNER, 2008).

Apesar de reconhecermos que o início do processo de adoção exige mais tempo do professor, entendemos que essa tarefa se torna mais fácil ao longo do tempo, assim como todas as outras atividades desenvolvidas pelo docente. Por exemplo, assim como as primeiras exposições orais exigiram maior dedicação do professor e depois apenas foram adaptadas à cada turma, os materiais do PI serão preparados e ajustados. No entanto, entendemos que a

carga horária dos professores do contexto educacional brasileiro costuma ser elevada e tal fator pode ser crucial para a mudança da sala de aula.

Os outros professores que não seguiram implementando o PI após o MPE apresentaram como justificativa fatores pessoais e temporais. A falta de tempo foi apontada por cinco dos 10 professores, isto é, o tempo dedicado para preparar materiais e a carga horária destinada à disciplina representam a principal dificuldade enfrentada pelos docentes ao tentar inovar. Em geral, os professores que lecionavam em escolas públicas (público majoritário do nosso estudo) apresentavam uma carga horária alta de trabalho, o que pode ter dificultado a preparação de aulas diferentes para cada uma das suas turmas. Além disso, entendemos que uma ampla adoção de inovações didáticas seria mais fácil se não representasse uma tarefa exclusiva do professor, mas sim um trabalho colaborativo entre instituições de ensino e indivíduos (pesquisadores e professores).

Com relação aos fatores pessoais, identificamos diferentes problemas, como a atuação profissional em ensino remoto (devido à pandemia da COVID-19) ou a saída da sala de aula (admissão em cargo administrativo da instituição). Nesse primeiro caso, um dos docentes ainda comentou que o PI não se aplicaria no ensino remoto, a menos que passasse por alguma reformulação, questão interessante para futuros estudos. Outros motivos apontados, foram: as incertezas metodológicas do professor após a implementação no MPE; e a atuação profissional em outras séries (não ministrar mais aulas para as séries para as quais desenvolveu os materiais).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram evidenciadas as características do PI que mais sofreram modificações quando implementadas em contexto brasileiro de ensino por professores, ex-alunos do MPE, e quais as dificuldades enfrentadas por eles nesse processo de adoção. Inicialmente, identificamos nos relatos de MPE quais as alterações realizadas pelos docentes no método de ensino em análise e buscamos identificar quais as razões e dificuldades que o levaram a realizar tal modificação. Posteriormente, aplicamos um questionário com a maioria dos docentes que tiveram suas dissertações analisadas.

As reinvenções mais frequentes, realizadas durante o MPE, detectadas foram: a ausência de uma tarefa de preparação prévia ou o uso apenas de leituras e/ou vídeos prévios; a aplicação dos testes conceituais apenas ao final do período; o uso de questões algébricas como testes conceituais; o tempo mais longo de exposição oral do professor; e a intervenção do docente na discussão ou sua realização independentemente do percentual de acertos na votação das questões conceituais.

Considerando todas as modificações identificadas, apresentamos algumas hipóteses gerais, orientadas por nossa leitura das dissertações e respostas aos questionários, observando as razões levantadas pelos professores sempre que presentes. De modo geral, o resultado vai ao encontro do que é apontado na literatura da área, com destaque para as seguintes justificativas: preocupação do professor em cumprir o conteúdo programado (TURPEN; DANCY; HENDERSON, 2016; HENDERSON; DANCY, 2007; DANCY; HENDERSON, 2012; BORDA *et al.*, 2020; ERDMANN; MILLER; STAINS, 2020); crenças de ensino e aprendizagem do docente desalinhadas com as que sustentam as práticas do método de ensino (HENDERSON, 2005); falta de tempo em sala de aula para realizar as atividades planejadas (*ibid.*); falta de compreensão dos princípios do método (DANCY; HENDERSON; TURPEN, 2016; HENDERSON, 2005); e dificuldades para utilizar tecnologias em sala de aula (PUNDAK; ROZNER, 2008).

Além dessas, apontamos que o possível desconhecimento de alguns princípios pedagógico do método pode estar relacionado com o canal de comunicação, na acepção de Rogers (2003), pelo qual o indivíduo tomou conhecimento do método.

Dentre as barreiras para implementação do PI mais recorrentes, durante o MPE, identificamos: a falta de engajamento dos estudantes nas atividades prévias a aula; a carência de tempo para realizar as atividades previstas no método; a falta de recursos e a infraestrutura adequada para implementação do PI. Apesar de essas serem as mais frequentes, as dificuldades

de natureza pessoal (i.e., aquelas percebidas pelos docentes como de sua responsabilidade) representaram os desafios mais importantes e impactantes à adoção do PI. Frente a tal problema, acreditamos que ações de apoio e incentivo institucional seriam uma possível alternativa capaz de diminuir as barreiras enfrentadas e percebidas pelos docentes, levando-os a implementação de mais estratégias de aprendizagem ativa. Além disso, essas ações podem viabilizar a adoção dos métodos de ensino por mais de um professor, na mesma instituição, permitindo o diálogo e a troca de experiência entre eles e possivelmente viabilizando a continuação da adoção de inovações didáticas.

A diversidade dos problemas identificados demonstra a quantidade de ações e obstáculos que estão envolvidos na mudança da prática docente no contexto do MPE brasileiro, e também salienta a importância e delicadeza do trabalho dos professores para viabilizar a adoção dessas estratégias em suas salas de aula. Em suma, os docentes que decidem mudar sua prática além de enfrentar diversas situações novas e desafiadoras, ainda lidam com as expectativas sociais, a ausência de recursos e com a alta carga horária de trabalho. Tais dificuldades levam alguns dos docentes a descontinuar a implementação do método após a conclusão do MPE. Nesse sentido, entendemos que a continuidade da implementação de inovações didáticas pode ocorrer com maior frequência se for proporcionado aos adotantes um suporte contínuo, através de, por exemplo, Comunidades de Prática, pois estas possibilitam que os professores reflitam e superem as barreiras percebidas durante o processo de adoção (DANCY *et al.*, 2019; TOMKIN *et al.*, 2019).

Em relação à falta de informações nas dissertações sobre as mudanças realizadas no método, apontamos as seguintes hipóteses: alguns docentes não percebem que estão realizando reinvenções, por não terem compreendido corretamente as técnicas, ou as razões que as sustentam; e/ou se restringiram a apresentar o método, já adaptado ao próprio contexto de ensino, sem explicitar as modificações introduzidas, e assim evidenciar a intencionalidade de tais ações.

Independentemente das justificativas apontadas para as mudanças, uma hipótese para a ausência de informações explícitas sobre essas modificações pode estar relacionada com uma crença dos adotantes de que o método não é passível de modificação. No entanto, adaptações conscientes, que considerem os princípios pedagógicos que sustentam o método, são esperadas e desejáveis quando um método é levado de um contexto para outro, diferente do seu de origem.

Entendemos que a falta de informações na literatura acerca da estrutura básica do método, com apontamentos sobre elementos essenciais e características que podem ser adaptadas a diferentes contextos, pode dificultar sua disseminação. Nesse sentido, outra contribuição desse

estudo está associada à identificação das características fundamentais do PI, bem como dos princípios pedagógicos atrelados a elas. Essa identificação pode servir como base para que futuros adotantes do método possam perceber, de forma consciente, as suas próprias modificações e apontá-las em seus relatos do MPE para futuros leitores.

A partir da análise dos dados conseguimos indicar quais as características do PI que são reinventadas mais frequentemente, algumas razões dessas modificações e quais as barreiras para adoção do método percebidas pelos professores. Contudo, nossa expectativa de associar, diretamente as dificuldades enfrentadas com as mudanças realizadas no método pelos docentes, não foi possível. Tal limitação ocorreu devido à falta de informações nas dissertações, bem como pela maioria das respostas ao questionário serem respondidas de forma sucinta.

Outro fator que pode ser considerado uma limitação do nosso estudo está relacionado com o contexto de análise escolhido, o MPE, e suas exigências. Entendemos que a obrigatoriedade de produção e aplicação de um produto educacional inovador interfere na quantidade e no tipo de reinvenções realizadas por esses docentes ao adotar o PI. Além disso, possivelmente algumas barreiras podem ter sido superadas pelos professores devido a sua intenção de concluir o curso. Isso explica o fato de que apenas 14 dos 31 professores que responderam ao questionário continuaram aplicando o método após a conclusão do mestrado.

Por fim, esperamos que os resultados apresentados neste estudo, em especial, as hipóteses levantadas, sobre as justificativas às reinvenções realizadas, possam auxiliar futuras investigações no tema e assim contribuir para a melhoria no ensino de Ciências. Para concluir, esse trabalho não esgota as discussões sobre as reinvenções realizadas no PI e as razões apontadas pelos docentes. Investigações sobre a influência das crenças de ensino e aprendizagem, do programa de MPE e da formação inicial dos professores ainda podem ser realizadas para compreender melhor a adoção do método de ensino pelos professores no contexto do ensino básico brasileiro.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, M. E. et al. Student resistance to active learning: do instructors (mostly) get it wrong? **Australasian Journal of Engineering Education**, v. 25, n. 2, p. 142–154, 2020.

ANTUNES JUNIOR, E. L. Q. **Formação continuada de professores em larga escala: um estudo sobre o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**. 2018. Dissertação de Mestrado Acadêmico. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

APKARIAN, N. et al. What really impacts the use of active learning in undergraduate STEM education? Results from a national survey of chemistry, mathematics, and physics instructors. **PLoS ONE**, v. 16, n. 2 February, p. 1–15, 2021.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 362–384, 2013.

ARAUJO, R. S.; VIANNA, D. M. A carência de professores de Ciências e Matemática na Educação Básica e a ampliação das vagas no Ensino Superior. **Ciências e Educação**, v. 17, p. 807–822, 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed.: Almedina Brasil, 2011.

BAROLLI, E.; VILLANI, A.; MAIA, J. D. O. O Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS: reconstrução de uma história. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v.19, p. e2595, Out. 2017.

BENABENTOS, R. et al. Measuring the implementation of student-centered teaching strategies in lower- and upper-division STEM courses. **Journal of Geoscience Education**, p. 1–15, Jun 2020.

BORDA, E. et al. Initial implementation of active learning strategies in large, lecture STEM courses: lessons learned from a multi-institutional, interdisciplinary STEM faculty development program. **International Journal of STEM Education**, v. 7, n. 1, 2020.

BRASIL, 1995. **Portaria nº 47, de 17 de outubro de 1995**. Brasília.

BRASIL, 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB**. Lei nº 9.394. Brasília.

BRASIL, 2008. **Ficha de avaliação de Programa de Mestrado Profissional, Triênio: 2008-2010**.

BRASIL, 2015. Conselho do MNPEF. Regimento Geral do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

BRASIL, 2017. **Portaria nº 389, de 23 de março de 2017**. Brasília.

BREWE, E.; DOU, R.; SHAND, R. Costs of success: Financial implications of implementation of active learning in introductory physics courses for students and administrators. **Physical Review Physics Education Research**, v.14, n.1, p. 010109, 2018.

CAPES, 2012a. **Comunicado nº 001/2012. Área de Ensino**. Orientações para novos APCNS. Brasília.

CAPES, 2012b. **Edital CAPES nº 049/2012**. Programa Observatório da Educação.

CAPES, 2013. **Avaliação trienal: 2013**. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Documento de Área de Ensino. Brasília.

CHASTEEN, S. V. et al. Educational transformation in upper-division physics: The Science Education Initiative model, outcomes, and lessons learned. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 11, n. 2, p. 020110, 2015.

CHASTEEN, S. V.; CHATTERGOON, R. Insights from the Physics and Astronomy New Faculty Workshop: How do new physics faculty teach? **Physical Review Physics Education Research**, v. 16, n. 2, p. 20164, 2020.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221–266, 1999.

DANCY, M. et al. Faculty online learning communities: A model for sustained teaching transformation. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 2, p. 20147, 2019.

DANCY, M.; HENDERSON, C.; TURPEN, C. How faculty learn about and implement research-based instructional strategies: The case of Peer Instruction. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 1, p. 010110, 2016.

DANCY, M. H.; TURPEN, C.; HENDERSON, C. Why do faculty try research-based instructional strategies? *In: Physics Education Research Conference, Oregon*, 117-120, 2010.

DANCY, M. H.; HENDERSON, C. Experiences of new faculty implementing research based instructional strategies. *In: AIP Conference Proceedings, 1413*, 163–166, 2012.

EICKHOLT, J. et al. Advancing Adoption of Active Learning Pedagogy via New Avenues of Research and Training. **Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE**, v. 2019-October, n. 1608043, 2019.

ERDMANN, R.; MILLER, K.; STAINS, M. Exploring STEM postsecondary instructors' accounts of instructional planning and revisions. **International Journal of STEM Education**, v. 7, n. 1, 2020.

ESPINOSA, T. **Adoção de inovações didática no ensino universitário de Física na perspectiva de transposições praxeológicas**. 2019. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Análisis Praxeológico de los Métodos de

Enseñanza: un Puente entre la Investigación y la Práctica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 373–397, 2019.

FINELLI, C. J. et al. Promoting adoption of active learning and use of strategies to reduce student resistance to active learning. **Proceedings of the 8th Research in Engineering Education Symposium, REES 2019 - Making Connections**, p. 445–453, 2019.

FOOTE, K. T. Curriculum development in studio-style university physics and implications for dissemination of research-based reforms. **Physical Review Physics Education Research**, v.12, n.1, p. 010127, 2016.

FOOTE, K. T. et al. Diffusion of research-based instructional strategies: the case of SCALE-UP. **International Journal of STEM Education**, v.1, n.1, p.10, 2014.

FOOTE, K. T. et al. Enabling and challenging factors in institutional reform: The case of SCALE-UP. **Physical Review Physics Education Research**, v.12, n.1, p. 010103, 2016.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Um referencial teórico-metodológico para o desenvolvimento de pesquisas sobre atitude: a Teoria do Comportamento Planejado de Ick Ajzen. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v.7, n.1, p. 1-10, 2012.

HENDERSON, C. The challenges of instructional change under the best of circumstances: A case study of one college physics instructor. **American Journal of Physics**, v. 73, n. 8, p. 778–786, 2005.

HENDERSON, C. Promoting instructional change in new faculty: An evaluation of the physics and astronomy new faculty workshop. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 2, p. 179–187, 2008.

HENDERSON, C.; BEACH, A.; FAMIANO, M. Promoting instructional change via co-teaching. **American Journal of Physics**, v. 77, n. 3, p. 274–283, 2009.

HENDERSON, C.; BEACH, A.; FINKELSTEIN, N. Facilitating change in undergraduate STEM instructional practices: An analytic review of the literature. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 8, p. 952–984, 2011.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Teaching, Learning and Physics Education Research: Views of Mainstream Physics Professors. In: AIP Conference Proceedings, California, 790, 109-112, 2005.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 3, n. 2, p. 020102, 2007.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Physics faculty and educational researchers: Divergent expectations as barriers to the diffusion of innovations. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 1, p. 79–91, 2008.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 020107, 2009.

HENDERSON, C.; DANCY, M.; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, M. Use of research-based instructional strategies in introductory physics: Where do faculty leave the innovation-decision process? **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 2, p. 020104, 2012.

HENDERSON, C.; MESTRE, J. P.; SLAKEY, L. L. Cognitive Science Research Can Improve Undergraduate STEM Instruction. **Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences**, v. 2, n. 1, p. 51–60, 2015.

KAPOOR, K. K.; DWIVEDI, Y. K.; WILLIAMS, M. D. Rogers' Innovation Adoption Attributes: A Systematic Review and Synthesis of Existing Research. **Information Systems Management**, v. 31, n. 1, p. 74–91, 2014.

KHATRI, R. et al. Characteristics of well-propagated undergraduate STEM teaching innovations. In: *Proceedings of the 2015 Physics Education Research Conference*, 167-170, 2015.

KHATRI, R. et al. Designing for sustained adoption: A model of developing educational innovations for successful propagation. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 1, p. 010112, 2016.

LASRY, N. Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? **The Physics Teacher**, v.46, n.4, p. 242-244, 2008.

MAZUR, E. **Peer instruction: a user's manual**. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, v.1, 1997.

MAZUR, E. **Peer instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Porto Alegre, Penso, 2015.

MAZUR, E.; WATKINS, J. **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy**. Sterling: Stylus Publishing, 2010.

MOGHTADER, B. et al. Paired teaching in higher education: learning from science faculty. **International Journal for Academic Development**, p. 1–13, 2021.

MOREIRA, M. A. O mestrado (profissional) em ensino. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 5, n. 1, p. 131–142, 2004.

MOREIRA, M. A. 2021. **O produto educacional, por Marco Antônio Moreira** – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo UFSCar Sorocaba. Disponível em: <<http://www.mnpefsorocaba.ufscar.br/produtos/o-produto-educacional-por-marco-antonio-moreira>>. Acesso em Abril de 2021.

MOREIRA, M. A.; NARDI, R. O mestrado profissional na área de Ensino de Ciências e Matemática: alguns esclarecimentos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 3, p. 1–9, 2009.

MÜLLER, M. G. **Adoção e difusão de inovações didáticas em disciplinas de Física Geral: Estudos de caso em duas universidades públicas brasileiras**. 2017. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

MÜLLER, M. G. et al. Implementação do método de ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n. especial 1, p. 491-524, 2012.

MÜLLER, M. G. et al. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, e3403, 2017.

MÜLLER, M. G.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Inovação na prática docente: um estudo de caso sobre a adoção de métodos ativos no ensino de Física universitária. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 44-67, 2018.

NOVAK, G. et al. **Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology**. 1 ed. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley Professional, 1999.

OLMSTEAD, A.; TURPEN, C. Pedagogical sensemaking or “doing school”: In well-designed workshop sessions, facilitation makes the difference. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 2, p. 020123, 2017.

PERCHERON F. et al. Análise Praxeológica do método Peer Instruction: construção de um ponto de referência para o estudo de suas modificações e adaptações para diferentes contextos de ensino. **Ensino de Ciências Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 2, p. 36-52, 2021.

PRADO, M. R. M. **A formação pós-graduada em Ensino de Ciências Naturais e Matemática de docentes do IFRN: implicações na atuação docente**. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.

PRICE, E. et al. Analyzing a faculty online learning community as a mechanism for supporting faculty implementation of a guide-inquiry curriculum. **International Journal of STEM Education**, v.8, n.1, 2021

PUNDAK, D.; ROZNER, S. Empowering Engineering College Staff to Adopt Active Learning Methods. **Journal of Science Education and Technology**, v.17, n.2, p. 152-163, 2008.

REBEQUE, P. V.; OSTERMANN, F.; VISEU, S. Os Mestrados Profissionais em Ensino de Ciências e Matemática no Brasil: um tema pouco explorado na literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.10, n.2, p. 1-21, 2017.

RIBEIRO, R. J. O mestrado profissional na política atual da CAPES. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v.2, p. 8-15, 2005

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. 5. ed.: New York: Free Press of Glencoe, 2003.

ROGERS, M. et al. Implementing Comprehensive Reform of Introductory Physics at a Primarily Undergraduate Institution: A Longitudinal Case Study. **Journal of College Science Teaching**, v.44, n.3, p. 82-90, 2015.

SCANLON, E. et al. A method for analyzing instructors' purposeful modifications to research-based instructional strategies. **International Journal of STEM Education**, v.6, n.1, 2019.

SCHÄFER, E. D. A. **Impacto do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS na prática docente: um estudo de caso**. 2013. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

SENGUL, O. Professional Development (PD) Design for Undergraduate Physics Instruction. **US-China Education Review B**, v.8, n.5, p. 200-212, 2018.

SMITH, K. Lessons learnt from literature on the diffusion of innovative learning and teaching practices in higher education. **Innovations in Education and Teaching International**, v.49, n.2, p. 173-182, 2012.

STRUBBE, L. et al. Faculty Adoption of Active Learning Strategies via Paired Teaching: Conclusions From Two Science Departments. **Journal of College Science Teaching**, v.49, n.1, 2019.

STURTEVANT, H.; WHEELER, L. The STEM Faculty Instructional Barriers and Identity Survey (FIBIS): development and exploratory results. **International Journal of STEM Education**, v.6, n.1, 2019.

TOMKIN, J. H. et al. Evidence that communities of practice are associated with active learning in large STEM lectures. **International Journal of STEM Education**, v.6, n.1, p. 1-15, 2019.

TULLIS, J. G.; GOLDSTONE, R. L. Why does peer instruction benefit student learning? **Cognitive Research: Principles and implications**, v.5, n.15, p. 1-12, 2020.

TURPEN, C.; DANCY, M.; HENDERSON, C. Perceived affordances and constraints regarding instructors' use of Peer Instruction: Implications for promoting instructional change. **Physical Review Physics Education Research**, v.12, n.1, p. 010116, 2016.

VILLANI, A. et al. Mestrados profissionais em ensino de ciências: estrutura, especificidade, efetividade e desenvolvimento profissional docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.22, n.1, p. 127, 2017.

WIEMAN, C.; DESLAURIERS, L.; GILLEY, B. Use of research-based instructional strategies: How to avoid faculty quitting. **Physical Review Special Topics – Physics**

APÊNDICE 1 – Questionário enviado aos professores selecionados para o estudo

Grupo³⁰ de perguntas 1:

1. Concordo em participar do estudo “Dificuldades em inovar no ensino de Física: Um estudo sobre a adoção do método *Peer Instruction* em dissertações de Mestrado Profissional em Ensino com temas de Física no Brasil”, desenvolvido pelos pesquisadores Prof. Dr. Ives Solano Araujo e Prof. Dr. Tobias Espinosa e pela estudante de mestrado acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Ana Amélia Petter. Declaro que li o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) a mim enviado por e-mail (também disponível em http://www.if.ufrgs.br/~ives/TCLE_Projeto_Plat_Brasil_2020.pdf) e me considero devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Assim, indico que em relação à pesquisa: () Aceito participar. () Não aceito participar.

Se assinalar “Não aceito participar.”: finaliza o questionário.

Grupo de perguntas 2:

2. Nome completo: _____

3. Você está atuando como docente? () Sim () Não

Em caso afirmativo:

3.1. Nível(eis) de atuação docente: [Texto de ajuda: Marque todas as opções que se apliquem.]

() Ensino fundamental

() Ensino médio

() Educação de Jovens e Adultos (EJA)

() Curso pré-vestibular

() Graduação

() Pós-graduação

() Outro: _____

3.2. Em que tipo(s) de instituição? [Texto de ajuda: Marque todas as opções que se apliquem.]

() Escola Municipal

() Escola Estadual

() Escola Federal/Instituto Federal

() Escola privada

() Universidade pública

() Universidade privada

() Outro: _____

³⁰ Cada grupo de perguntas representa uma página do questionário que era visualizada pelos respondentes.

3.3. Qual a carga horária semanal total dedicada à regência de classe? ____ [Texto de ajuda: Em horas.]

4. Tempo de experiência docente:

() menos de 1 ano () entre 1 e 5 anos () entre 6 e 10 anos () entre 11 e 15 anos () entre 16 e 20 anos () mais de 20 anos

Grupo de perguntas 3:

Até ser mencionado o contrário, as questões a seguir se referem ao seu uso do método *Peer Instruction* (combinado ou não com o *Just-in-Time Teaching*) no contexto de sua dissertação de Mestrado.

5. No planejamento de suas atividades você realizou alguma modificação no método? () Sim () Não

Em caso afirmativo:

5.1. Qual(is)? Por quê? Por favor, justifique brevemente cada modificação.

E no momento da implementação do planejado? () Sim () Não

Em caso afirmativo:

5.2. O que foi modificado? Por quê? Por favor, justifique brevemente cada modificação.

Grupo de perguntas 4:

6. Você passou aos seus estudantes atividades de preparação prévia às aulas [Texto de ajuda: por exemplo, textos e/ou vídeos sobre o conteúdo a ser discutido em aula]? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 6:

6.1. As tarefas de preparação prévia dos alunos continham questões a serem respondidas e retornadas a você antes das respectivas aulas presenciais? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 6.1.:

6.1.1. Em relação ao retorno dado pelos alunos, você... [Texto de ajuda: Marque todas as alternativas que se aplicarem.]

() ... tomou conhecimento dos resultados, mas não os discutiu explicitamente com os alunos em aula.

() ... iniciou as aulas trazendo algumas respostas fornecidas por eles como ponto de partida para a abordagem dos conteúdos.

() ... focou suas exposições orais nas dúvidas e dificuldades apresentadas por eles nas atividades de preparação prévia.

() ... escolheu/criou as questões conceituais (ConcepTests) de acordo com as dúvidas e dificuldades apresentadas por eles na atividade de preparação prévia.

() ... outro: ____

Caso assinale (... iniciou às aulas trazendo algumas respostas fornecidas por eles como ponto de partida para a abordagem dos conteúdos.):

6.1.1.1. As respostas apresentadas à turma traziam a identificação dos alunos que as deram? () Sim () Não

Em caso negativo da 6.1.:

6.1.2. Por quê? ____

6.2. Os alunos recebiam nota (ou outro tipo de pontuação) para realizar as atividades?
() Sim () Não

Em caso afirmativo da 6.2.:

6.2.1. Explique brevemente como era definida a pontuação. [Texto de ajuda: acerto e erro, esforço, participação, ...] _____

6.3. Durante as aulas presenciais, você destinava tempo para os alunos realizarem as tarefas de preparação prévia? () Sim () Não

6.4. Você utilizou questões no início das aulas para avaliar se os alunos de fato tinham estudado o material de preparação prévia (exemplo, *quizzes*)? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 6.4.:

6.4.1. As questões eram pontuadas? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 6.4.1.:

6.4.1.1. Explique brevemente como era definida a pontuação. [Texto de ajuda: acerto e erro, esforço, participação, ...] _____

Em caso negativo da 6.:

6.5. Por quê? _____

Grupo de perguntas 5:

7. Em suas aulas presenciais usando o *Peer Instruction* você realizou exposições orais (com ou sem o auxílio de experimentos, simulações e/ou vídeos)? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 7.:

7.1. Qual era o tempo médio, contínuo, destinado à cada exposição oral?

() menos de 10 min

() entre 10 e 15 min

() entre 15 e 20 min

() entre 20 e 25 min

() entre 25 e 30 min

() mais do que 30 min

7.2. Quantos conceitos-chave do conteúdo eram em média discutidos em cada seção de exposição oral contínua? () 1 () 1 a 2 () 3 ou mais

Em caso negativo da 7.:

7.3. Por quê? _____

Grupo de perguntas 6:

8. O conjunto de questões para os alunos discutirem entre si em sala de aula era composto por questões... [Texto de ajuda: Marque todas as opções que se apliquem.]

() ... conceituais, cada uma focada apenas em um conceito-chave.

() ... conceituais, cada uma sobre o conteúdo, mas sem foco em um conceito específico.

() ... conceituais, baseadas nas dificuldades apresentadas pelos alunos na preparação prévia.

() ... conceituais, baseadas nas dificuldades comuns de estudantes (*misconceptions*) identificadas em pesquisas em Ensino de Física.

() ... numéricas que exigiam a aplicação de equações para serem resolvidas.

- ... dissertativas.
 - ... objetivas (ex.: múltipla escolha).
 - Outro: ____
9. Em relação aos Testes Conceituais (*ConcepTests*), você os aplicou ... [Texto de ajuda: Marque todas as alternativas que se aplicarem.] ... ao final da aula (ou de um período), após discutir os conteúdos com os alunos. ... em aulas específicas, sem exposição de conteúdos. ... intercalados com breves exposições orais sobre os conceitos. Outro: ____

Grupo de perguntas 7:

10. Em suas aulas, como você apresentou aos alunos os enunciados dos Testes Conceituais (*ConcepTests*)? [Texto de ajuda: Marque todas as alternativas que se aplicarem.] Usando projetor multimídia (*datashow*) Escrevendo na lousa Em papel Por meio eletrônico (exemplo, página da web, *WhatsApp*, E-mail...) Outro: ____
11. Após apresentar os enunciados dos Testes Conceituais (*ConcepTests*), e **antes de qualquer votação**, você...
- ... solicitou que os alunos refletissem **individualmente e em silêncio** antes de responder a questão
 - ... solicitou que os alunos refletissem sobre a questão **trocando ideias com os colegas** antes de responder a questão
 - ... organizou os alunos **em pequenos grupos** para que discutissem a questão antes de respondê-la
 - Outro: ____
12. Você orientou os alunos a formularem um raciocínio para tentar convencer quem tenha respondido diferente? Sim Não Outro: ____
- Em caso negativo ou “outro” da 12:
- 12.1. Por quê? ____

Grupo de perguntas 8 e 9:

13. Você usou algum sistema de votação para ter conhecimento das respostas dos alunos?
- Não, apenas perguntei o que tinham marcado de modo informal.
 - Sim
 - Outro: ____
- Em caso negativo da 13:
- 13.7. Por quê? ____
- Em caso afirmativo ou “outro” da 13:
- 13.1. Qual(is)? [Marque todos que se aplicarem.]
- Plickers*
 - Clickers*
 - Flashcards*
 - As mãos
 - Cédulas de papel
 - Aplicativo para os alunos responderem pelo celular, *tablet* ou computador (ex.: *Socrative*).
 - Outro: ____

13.2. Você solicitou aos alunos que realizassem a **primeira votação** dos testes conceituais... [Marque todos que se aplicarem.]

... individualmente. ... em pequenos grupos (duplas, trios...). Outro: ____

13.3. Após a **primeira votação**, você...

... passou a explicar qual a resposta correta para a questão, independente da distribuição de acertos para ela.

... disponibilizou tempo para que os alunos discutissem entre si quando o percentual de acertos das respostas ficou no intervalo 30% - 70% (ou em intervalo próximo a esse).

... disponibilizou tempo para que os alunos discutissem, independentemente do percentual de acertos da turma.

Outro: ____

13.4. Foram atribuídas notas/pontuações para as respostas da **primeira votação**: Sim

Não

Em caso afirmativo da 13.4:

13.4.1. Explique brevemente como era definida a pontuação. [Texto de ajuda:

Por exemplo, por acerto e erro, esforço, participação, ...] ____

13.5. Você solicitou aos alunos que realizassem uma **segunda votação**, sempre que houve discussão das respostas entre eles? Sim Não

Em caso afirmativo da 13.5:

13.5.1. O voto era individual? Sim Não

Em caso negativo da 13.5:

13.5.2. Por quê? ____

13.6. Foram atribuídas notas/pontuações para as respostas da **segunda votação**? Sim

Não

Em caso afirmativo da 13.6:

13.6.1. Explique brevemente como era definida a pontuação. [Texto de ajuda:

Por exemplo, por acerto e erro, esforço, participação, ...] ____

Grupo de perguntas 10:

14. Quais as principais dificuldades que você enfrentou para a implementação do *Peer Instruction* nas atividades do seu Mestrado? ____

Grupo de perguntas 11:

A partir desse momento as questões se referem ao seu uso do método *Peer Instruction* **em toda sua experiência**, não apenas no Mestrado Profissional.

15. Você continuou implementando o método *Peer Instruction* em suas aulas, mesmo **depois do ano de conclusão** de seu Mestrado?

Não

15.1. Por quê? ____

Sim, usei por um tempo, mas hoje não uso mais.

15.2. Por quê? ____

15.3. Foram realizadas modificações na aplicação do método em relação **ao que você já tinha feito no Mestrado**? Sim Não

Em caso afirmativo da 15.3.:

15.3.1. Quais e por quê? _____

15.6. Por quanto tempo você utilizou?

() Sim, continuo usando desde então.

15.4. Com que frequência? _____

15.5. Foram realizadas modificações na aplicação do método em relação **ao que você já tinha feito no Mestrado**? () Sim () Não

Em caso afirmativo da 15.5.:

15.5.1. Quais e por quê? _____

Grupo de perguntas 12:

16. Distribua o total de 100 pontos entre os seguintes itens para indicar suas **principais dificuldades** em adotar o *Peer Instruction* em suas aulas, considerando **toda sua experiência** até então. Nem todos os elementos precisam receber nota.

__ Convencer os alunos a realizar as tarefas de preparação prévia às aulas (por meio de leituras, vídeos, simulações...).

__ Elaborar ou selecionar material para preparação prévia dos alunos às aulas.

__ Motivar os estudantes a trabalharem em grupo em sala de aula.

__ Manter a disciplina em sala com os alunos arranjados em grupos.

__ Elaborar ou selecionar questões conceituais que gerem discussões entre os alunos.

__ Mediar as discussões em grupo em sala de aula de modo que sejam produtivas.

__ Preparar as aulas a partir das dúvidas e dificuldades enviadas pelos alunos previamente às aulas. __ Número de alunos por turma.

__ Falta de apoio da instituição.

__ Falta de tempo para planejamento das aulas.

__ Falta de maturidade dos alunos.

__ Resistência dos alunos em participar das atividades.

__ Falta de infraestrutura.

__ Resistência dos pais dos alunos.

17. Também considerando **toda sua experiência** com o método, quais os principais pontos positivos em trabalhar com o *Peer Instruction*? _____

18. E os pontos negativos? _____

19. Você recomendaria o *Peer Instruction* para um(a) colega? () Sim () Não

Em caso positivo da 19:

19.1. Quais conselhos você daria a ele(a)? _____

Em caso negativo da 19:

19.2. Por quê? _____

20. É do seu conhecimento que seu produto educacional, ou relato de experiência, tenha influenciado algum colega a implementar o *Peer Instruction* em suas aulas? Comente. _____

Grupo de perguntas 13:

21. Por favor, comente qualquer ponto que você considere relevante e não tenha sido abordado.

22. Muito obrigado(a) por responder o questionário! Suas respostas nos ajudarão muito a compreender o processo de adoção de inovações didáticas no contexto brasileiro de ensino. No futuro, você se disporia a participar de uma entrevista online por *webconferência*, conforme mencionada no TCLE? () Disponho-me a colaborar () Não me disponho

APÊNDICE 2 – Convite para responder ao questionário enviado por e-mail para os professores selecionados para o estudo

Prezada(o) Prof [nome do docente], espero que essa mensagem lhe encontre bem neste momento difícil que vivemos.

Meu nome é Ives Solano Araujo ([lattes](#)). Sou professor do Instituto de Física da UFRGS e tenho trabalhado desde 2009 com o professor Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA) no estudo e divulgação de métodos ativos de ensino, em particular do *Peer Instruction* (PI).

Atualmente, no Grupo de Pesquisa em Ensino de Física - IF/UFRGS, temos nos dedicado em investigar as dificuldades e soluções encontradas por professores brasileiros que tenham utilizado de alguma forma o PI em suas dissertações e produtos educacionais de Mestrado Profissional. Nosso objetivo principal é tentar melhor entender o processo de adoção de inovações didáticas e o que pode ser feito para ajudar os(as) docentes que se mostrem interessados em modificar suas aulas.

Encontramos seu trabalho em nossa revisão da literatura e escrevo para pedir sua colaboração. Esta mensagem é um convite para você participar da pesquisa “*Dificuldades em inovar no ensino de Física: um estudo sobre a adoção do método Peer Instruction em dissertações de Mestrado Profissional em Ensino com temas de Física no Brasil*”. Ela está vinculada à dissertação de mestrado acadêmico da aluna Ana Amélia Petter, orientada por mim e coorientada pelo meu colega o professor Tobias Espinosa (FURG), no escopo do [Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física](#) da UFRGS.

Este projeto está registrado na Plataforma Brasil sob o número 34076820.3.0000.5347 e teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS. Em anexo apresentamos o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), também disponível neste [link](#).

Após a leitura e concordância com o TCLE, solicitamos que responda ao questionário disponível em: <https://limesurvey.if.ufrgs.br/index.php/154791?lang=pt-BR> .

Sua colaboração é de fundamental importância para nossa pesquisa. Qualquer dúvida ou comentário, não hesite em me contactar pelo e-mail: ives@if.ufrgs.br

Muitíssimo obrigado pela atenção!

APÊNDICE 3 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa qualitativa intitulada *Dificuldades em inovar no ensino de Física: um estudo sobre a adoção do método Peer Instruction em dissertações de Mestrado Profissional em Ensino com temas de Física no Brasil*, que tem como pesquisadores responsáveis o Dr. Ives Solano Araujo³¹ (orientador do mestrado), docente do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e o Dr. Tobias Espinosa (coorientador do mestrado), docente do Instituto de Matemática, Estatística e Física da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). A pesquisa será realizada por Ana Amélia Petter, discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGenFís/UFRGS) e culminará como produto principal em sua dissertação de mestrado acadêmico. Este projeto está registrado na Plataforma Brasil sob o número 34076820.3.0000.5347 e teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS³².

Buscamos investigar em nossa pesquisa as principais dificuldades e soluções encontradas por professores brasileiros para inovar o ensino de Física. Em particular, temos como foco a adoção do método de ensino *Peer Instruction* por professores que realizaram Mestrado Profissional em Ensino. A coleta de dados inclui a leitura de dissertações e Produtos Educacionais do mestrado, aplicação de questionário online e entrevistas semiestruturadas por *webconferência*. Os documentos serão armazenados nas dependências do Instituto de Física/UFRGS, sob a guarda do Professor Ives Solano Araujo.

Nesse contexto, informamos que:

- sua participação é inteiramente voluntária;
- não haverá despesas para sua participação nesta pesquisa, assim como você não será remunerado(a) para tal;
- a transcrição das entrevistas e as respostas ao questionário serão utilizadas apenas para a pesquisa e poderão ser divulgadas em eventos e publicações científicas, sem trazer sua identificação explícita;
- a pesquisa oferece riscos mínimos aos participantes, como algum constrangimento pelas respostas fornecidas, ou aborrecimento pelo número de questões a responder. Para atenuar esses riscos buscaremos: manter seu anonimato; e implementar o questionário de modo que a quantidade de perguntas apresentadas seja minimizada, se alterando em função das respostas

³¹ Telefone de contato do pesquisador responsável: (51) 3308-6462. E-mail de contato do pesquisador responsável: ives@if.ufrgs.br.

³² Telefone de contato do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: (51) 3308- 3738. E-mail de contato do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: etica@propesq.ufrgs.br.

fornecidas. Além disso, você poderá se recusar a responder qualquer pergunta do questionário ou da entrevista, ou qualquer outra solicitação que lhe seja feita;

- o questionário será *online* e, portanto, respondido no momento e local de sua preferência e as entrevistas por webconferência também serão realizadas com base na disponibilidade informada pelo participante. Portanto, será necessário dispor de um aparelho com acesso à internet (ex.: celular, computador, *tablet*) para responder ao questionário e para conceder, caso manifeste disponibilidade no questionário e seja selecionado(a), a entrevista. Nas entrevistas, esclarecemos que apenas o áudio será gravado para posterior transcrição e análise de pesquisa, sem ser divulgado.

- ao preencher o questionário você poderá manifestar sua disponibilidade para participar da entrevista. Dentre os participantes que se dispuserem a ser entrevistados, serão escolhidos aqueles cujas respostas ao questionário demandarem maiores esclarecimentos para uma melhor compreensão de suas experiências didáticas.

- você poderá retirar seu consentimento ou interromper sua participação na pesquisa a qualquer momento antes da divulgação dos resultados, bastando para isso comunicar a algum dos pesquisadores;

Não existe benefício ou vantagem direta em participar deste estudo. Os benefícios e vantagens em participar são indiretos e consistirão na identificação de modificações comuns e dificuldades enfrentadas para inovar no ensino de Física, em especial ao adotar o *Peer Instruction*. Com esse diagnóstico, se poderá empreender ações no futuro que visem auxiliar os docentes a inovarem suas ações didáticas melhorando, na medida do possível e em certa medida, a educação oferecida nas redes de ensino para a disciplina de Física.

Ao responder afirmativamente a primeira questão do questionário online, disponível em <https://limesurvey.if.ufrgs.br/index.php/154791?lang=pt-BR>, você estará, automaticamente, concordando em participar da pesquisa o que corresponderá à assinatura do presente TCLE.

Prof. Dr. Ives Solano Araujo

Prof. Dr. Tobias Espinosa

Mestranda Ana Amélia Petter