

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
DOUTORADO EM ENSINO DE FÍSICA**

**ADOÇÃO E DIFUSÃO DE INOVAÇÕES DIDÁTICAS EM DISCIPLINAS DE FÍSICA GERAL:
ESTUDOS DE CASO EM DUAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS***

MAYKON GONÇALVES MÜLLER

Porto Alegre

2017

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
DOUTORADO EM ENSINO DE FÍSICA**

**ADOÇÃO E DIFUSÃO DE INOVAÇÕES DIDÁTICAS EM DISCIPLINAS DE FÍSICA GERAL:
ESTUDOS DE CASO EM DUAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS**

MAYKON GONÇALVES MÜLLER

Tese realizada sob a orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e coorientação da Profa. Dra. Eliane Angela Veit, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Física

**Porto Alegre
2017**

AGRADECIMENTOS

Sintetizar, em poucas páginas, os agradecimentos de um trabalho que perdurou durante anos de minha vida é um grande desafio. Antes de passar a agradecer àqueles que fizeram parte dessa jornada, tomo a liberdade de trazer uma frase, muito conhecida, escrita por Isaac Newton: “*Se enxerguei mais longe foi porque me apoiei nos ombros de gigantes*”. Ela reflete o meu sentimento de gratidão por ter tido o suporte de pessoas que me fizeram chegar nesse momento de minha vida.

Início os agradecimentos por meus pais, Angela e Jardelino, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões, incluindo dedicar 11 anos da minha vida a minha formação como professor e pesquisador da área de Ensino de Física. Obrigado por estarem ao meu lado nos momentos difíceis, por nunca terem deixado eu desistir dos meus sonhos e, principalmente, por todo amor que eu recebi e recebo de vocês.

Poucas pessoas têm a sorte de terem irmãos como os meus. Marloon, Sandro e Jairo, muito obrigado por toda a compreensão nos muitos momentos em que estive ausente devido às tarefas do doutorado. Sem o amor e a amizade de vocês com certeza essa jornada teria sido muito mais difícil.

Realizar este trabalho seria impossível sem meus orientadores Eliane e Ives. Muito obrigado por toda a dedicação, ensinamentos e conselhos ao longo da minha formação como pesquisador. Especialmente, muito obrigado por acreditarem no meu potencial.

Aos professores Marco A. Moreira, Fernando Lang, Neusa Massoni, Fernanda Ostermann, Claudio Cavalcanti e Aleksandro Pereira, muito obrigado por todos os ensinamentos. A contribuição de vocês na minha formação como professor e pesquisador é inestimável. Um agradecimento especial para a professora Neusa Massoni, pela magnífica colaboração durante a realização desta tese.

Nesse caminho, a pós-graduação me proporcionou amigos, com os quais pude compartilhar todas as minhas angústias e alegrias. Muito obrigado aos colegas e amigos Alex, Camila, Nelson, Jader, Breno, Leonardo, Rafael Brandão, Terrimar, Vagner, Felipe, Tobias, Jonathan, Claudio, Renato, Josiane, Diomar, Ricieri, Glauco, Nathan, Carlos Rafael, Mara e Thaís.

Entre as pessoas que acompanharam de perto todos os meus anseios, não posso deixar de mencionar todo o companheirismo que a Greice me proporcionou. Nos momentos de fraqueza, nunca me deixou esquecer que eu era capaz de superar as adversidades. Apesar dos pesares, muito obrigado por tudo. Aproveito para agradecer todo o carinho que sempre tive da Lara e da Stefanie, as quais sempre torceram pelo meu sucesso.

Após meu ingresso como docente no IFSUL – campus Pelotas-CAVG, minha vida mudou completamente. Nova cidade, novos desafios e novos amigos. Entre as pessoas que me acolheram, uma delas tem um lugar especial guardado dentro de mim, a Katlen. Não existem palavras para te agradecer por tudo que fizeste, e fazes, por mim. Muito obrigado por estar ao meu

lado na reta final desse trabalho, me encorajando sempre a não desistir. Ao morarmos juntos, trouxe para minha vida outras duas pessoas muito especiais, a Bruna e o Gustavo. Sem vocês três minha vida em Pelotas não seria a mesma. Muito obrigado por serem a minha família, não de sangue, mas de alma.

E por falar em família de alma, a que eu construí em Rio Grande também é parte integrante dessa jornada. Vocês tornaram minha moradia em Rio Grande mais leve e me mostraram a força que a amizade tem. Mateus, Cristiane, Yolanda, Mariana, Glenda, Camyla e Jessica, muito obrigado por todo apoio nos últimos meses.

Por fim, agradeço pela colaboração de todos os professores e estudantes que fizeram parte da minha pesquisa. Agradeço, também, à CAPES, por ter parcialmente financiado a execução desta tese.

Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes.

Autor Desconhecido

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE FIGURAS	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. Introdução	15
2. Revisão da Literatura	20
2.1 Difusão e adoção de inovações didáticas	20
2.1.1 Justificativa	20
2.1.2 Escopo da revisão	20
2.1.3 Artigos de revisão da literatura	21
2.1.4 Artigos sobre difusão e adoção de inovações didáticas em disciplinas de Física universitária.....	23
2.1.5 Uma síntese reflexiva da literatura referente à adoção e difusão de inovações didáticas	35
2.2 Método interativo de ensino Instrução pelos Colegas – IpC.....	37
2.2.1 Justificativa	37
2.2.2 Escopo da revisão	38
2.2.3 Aplicações do IpC têm sido investigadas em quais contextos de ensino (nível de ensino, país, área de ensino e disciplinas)?.....	39
2.2.4 Que impactos na aprendizagem dos estudantes são atribuídos ao IpC nas pesquisas?.....	41
2.2.5 Quais são os resultados instrucionais da implementação do IpC em termos das: a) atitudes dos professores em relação ao método?	57
2.2.6 Quais são os resultados instrucionais da implementação do IpC em termos das: b) variações/modificações feitas na estrutura original do método?	57
2.2.7 Uma síntese reflexiva da literatura referente ao método interativo de ensino IpC.....	59
3. Referencial Teórico	61
3.1 A Teoria da Difusão de Inovações de Everett M. Rogers	62
3.2 O Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas	68
4. Metodologia de Pesquisa	70
4.1 Estudo de caso na acepção de Robert Yin	70
4.2 Encadeamento dos estudos	72
4.3 Análise de dados qualitativos	73

5. Estudo I: Estudo de caso sobre a adoção de métodos ativos no ensino de Física universitária	77
5.1 Como ocorreu o processo de mudança da prática docente de uma professora universitária de Física receptiva a inovações didáticas, que passou a utilizar os métodos de ensino IpC e EsM?.....	77
5.1.1 Trajetória de Ana	78
5.1.2 Mudança da prática de Ana: um relato de observação.....	80
5.1.3 A mudança na prática de Ana à luz do modelo de Rogers.....	84
5.2 Uma síntese dos resultados obtidos	90
6. Estudo II: Estudo de caso sobre a continuidade da prática inovadora de Ana e seus respectivos impactos nos estudantes	93
6.1 Contexto da pesquisa.....	93
6.2 Procedimentos metodológicos de investigação	94
6.3 Como ocorreu a continuidade da prática inovadora adotada por uma professora universitária de Física, que passou a utilizar os métodos IpC e EsM?	95
6.3.1 Um relato de observação acerca da continuidade da prática inovadora de Ana.....	96
6.3.2 A prática instrucional de Ana e sua apropriação do IpC e do EsM: uma síntese à luz do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas (MIID)	106
6.4 Como a adoção da inovação didática (adaptação do IpC+EsM) impactou a aprendizagem dos conteúdos de Física por parte dos estudantes, bem como no desenvolvimento de crenças e atitudes em relação aos métodos?.....	107
6.4.1 Desempenho dos estudantes no BEMA	108
6.4.2 Engajamento e desempenho dos estudantes na disciplina	110
6.4.3 Crenças e atitudes dos estudantes frente aos métodos	114
6.4.4 Uma síntese dos resultados obtidos à luz da TDI.....	120
6.5 Como, e em que medida, os impactos da prática inovadora de Ana influenciaram a continuidade de sua prática?	122
7. Estudo III: Estudo de caso sobre a adoção e difusão de métodos ativos em disciplinas de Física Geral de uma universidade pública brasileira	127
7.1 Contexto da pesquisa.....	127
7.2 Procedimentos metodológicos de investigação	128
7.3 Participantes do estudo	129
7.3.1 Professor A.....	129
7.3.2 Professor B.....	130
7.3.3 Professor C.....	131
7.3.4 Professor D.....	131
7.3.5 Professora A.....	131

7.3.6	Professora B.....	132
7.3.7	Graduando.....	132
7.4	Como ocorreu o processo de adoção e difusão de inovações didáticas nas disciplinas de Física na universidade pública brasileira em que esse estudo foi conduzido?.....	133
7.4.1	Reconstrução histórica da adoção dos métodos ativos de aprendizagem	133
7.4.2	Reconstrução histórica da difusão dos métodos ativos de aprendizagem	145
7.5	Como e por que as inovações didáticas adotadas nas disciplinas de Física de uma universidade pública brasileira se difundiram?.....	150
7.5.1	Inovação	150
7.5.2	Canais de comunicação	153
7.5.3	Tempo.....	154
7.5.4	Grupo social.....	158
7.5.5	Estrutura do processo de difusão de inovações	162
7.5.6	Considerações sobre as proposições teóricas estabelecidas para o Estudo III.....	163
8.	Uma síntese dos estudos empíricos conduzidos	165
8.1	Respostas às questões norteadoras de pesquisa	165
8.1.1	Quais as principais barreiras/dificuldades para a implementação e difusão de métodos de ensino inovadores em disciplinas de Física Geral?	165
8.1.2	Como professores que enfrentaram tais dificuldades, ainda sim, conseguiram modificar sua prática?	166
8.1.3	Como professores que modificaram suas práticas conseguiram mantê-las ao longo do tempo?	166
8.1.4	Como tais modificações impactam na aprendizagem dos conteúdos de Física abordados, crenças e atitudes dos estudantes sobre os métodos adotados?.....	167
8.2	Análise dos modelos de difusão de inovações e caminhos para a construção de um “Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas”	167
9.	Considerações Finais	171
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
	Apêndice A: <i>Peer Instruction</i> e <i>Just-in-Time Teaching</i>.....	184
	Apêndice B: relação das referências sobre adoção e difusão de inovações didáticas.....	190
	Apêndice C: termo de consentimento Estudo I.....	192
	Apêndice D: entrevistas semiestruturadas conduzidas no Estudo I.....	193
	Apêndice E: tarefas de leitura usadas no Estudo I.....	194
	Apêndice F: entrevista semiestruturada conduzida no Estudo II.....	196

Apêndice G: questionário aplicado aos alunos no Estudo II.....	198
Apêndice H: atividades utilizadas por Ana	200
Apêndice I: termo de consentimento Estudo II	202
Apêndice J: entrevistas semiestruturadas conduzidas no Estudo III.....	203
Apêndice K: termo de consentimento docentes Estudo III.....	205
Apêndice L: termo de consentimento graduando Estudo III	206
Apêndice M: Aprendizagem Baseada em Problemas	207
Apêndice N: relato de observação da aula do Professor A	209
Apêndice O: relato de observação da aula do Professor B	211
Anexo A: teste BEMA	213
Anexo B: tarefas de leitura aplicadas no Estudo II	233

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Contínuo de categorias do MIID (baseado em Henderson e Dancy, 2008).	69
Quadro 2 – Produto inicial das etapas de <i>agrupamento</i> e <i>desagrupamento</i> com parte das respostas dos estudantes do Estudo II.	75
Quadro 3 – Produto final após nova execução das etapas de <i>agrupamento</i> e <i>desagrupamento</i> com parte das respostas dos estudantes do Estudo II.	76
Quadro 4 – Síntese das vantagens e das limitações apontadas por Ana frente ao uso do IpC e do EsM.	88
Quadro 5 – Teste Conceitual utilizado por Ana na terceira aula.	99
Quadro 6 – Síntese dos elementos do IpC e EsM, incorporados à prática instrucional de Ana. ADO: Adoção, ADA: Adaptação, REI: Reinvenção.	107
Quadro 7 – Descrição provas da disciplina Física Geral – Eletromagnetismo.	112
Quadro 8 – Classificação das implementações I da ABP, do EsM e do IpC nas categorias da MIID. ADO: Adoção, ADA: adaptação, REI: reinvenção, INV: invenção.	153

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conversão de notas em conceitos.....	98
Tabela 2 – Resultados obtidos pelos estudantes no BEMA.....	109
Tabela 3 – Número de estudantes por categoria de quantidade de TL respondidas.....	111
Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre a média dos estudantes nas provas (Médias Provas), a participação nas Tarefas de Leitura (Part_TL) e o ganho normalizado no BEMA (BEMA_<g>).....	114
Tabela 5 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 10, 12 e 13 do questionário de crenças e atitudes.....	115
Tabela 6 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 9, 14 e 11 do questionário de crenças e atitudes.....	117
Tabela 7 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 15, 16, 17 e 18 do questionário de crenças e atitudes.....	118
Tabela 8 – Classificação das consequências à luz da TDI.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de publicações por continente	40
Figura 2 – Distribuição de publicações por área do conhecimento.	41
Figura 3 – Modelo centralizado de difusão de inovações (Adaptado de Rogers, 2003).	67
Figura 4 – Modelo descentralizado de difusão de inovações (Adaptado de Rogers, 2003)	68
Figura 5 – Caracterização dos estudos de caso (YIN, 2015).	71
Figura 6 – Anfiteatro em que as aulas de Ana foram ministradas. (Fonte: autor)	94
Figura 7 – Gráfico construído por Ana, com dados de semestres anteriores, mostrando a relação entre a participação nas TL e a média nas provas. (Fonte: apresentação de Ana para a primeira aula).....	97
Figura 8 – Alunos discutindo suas respostas ao Teste Conceitual exposto no Quadro 5.....	99
Figura 9 – Exemplo de uma questão que requeria cálculos para a obtenção da resposta.....	100
Figura 10 – Problema apresentado aos estudantes na Aula 17.....	101
Figura 11 – Questão com objetivo de coletar as respostas obtidas na resolução do problema apresentado na Figura 10.	101
Figura 12 – Exemplo de questão envolvendo uma aproximação matemática.	102
Figura 13 – Demonstração do fenômeno de indução magnética.	104
Figura 14 – Problema envolvendo a Lei de Coulomb resolvido por Ana com o auxílio de uma mesa digitalizadora.	105
Figura 15 – Frequência de acertos para as questões do teste BEMA.	109
Figura 16 – Quantidade de estudantes que responderam TL na categoria >75%.	111
Figura 17 – Distribuição dos conceitos por prova.	113
Figura 18 – Distribuição dos conceitos finais da disciplina Física Geral – Eletromagnetismo.	113
Figura 19 – Sala de aula do primeiro andar (capacidade: 180 lugares) (Fonte: autor)	128
Figura 20 – Sala de aula do segundo andar (capacidade: 70 lugares) (Fonte: autor)	128
Figura 21 – Esquema do sistema de difusão do Estudo III. Adaptado de Rogers (2003).....	163

RESUMO

Tornar o ensino centrado nos estudantes tem sido foco de atenções de grande parte da área de pesquisa e ensino de Ciências nos últimos 30 anos. Essa tendência tem origem nos resultados poucos positivos em relação à aprendizagem de conteúdos de Ciências, especialmente de Física, obtidos por meio das abordagens tradicionais. Neste contexto, ressignificar as atividades didáticas, especialmente os métodos de ensino utilizados pelos professores, torna-se, portanto, fundamental. A despeito dos esforços de professores e pesquisadores no desenvolvimento de novos métodos de ensino centrados nos estudantes, a abordagem tradicional ainda é onipresente na prática instrucional universitária, tanto no contexto internacional, quanto nacional. A não adoção de práticas inovadoras por parte dos professores, apesar dos resultados notoriamente positivos obtidos por meio delas, indica que existem muitas barreiras no processo de mudança da prática docente. Por conseguinte, compreender em profundidade o processo de difusão e mudança das práticas de ensino pode contribuir para que novos métodos sejam incorporados com sucesso, tendo sua adoção continuada. É nesse contexto que a presente tese se insere. Em linhas gerais, nossa pesquisa visa investigar, no contexto de duas universidades públicas brasileiras: a adoção de métodos de ensino inovadores centrados nos estudantes, em disciplinas de Física Geral; os fatores que influenciam a adoção e a difusão de tais métodos, em comparação com disciplinas equivalentes de universidades de outros países; os impactos na aprendizagem de conteúdos de Física e nas crenças e atitudes dos estudantes acerca dos métodos de ensino. Para isso, utilizando as orientações metodológicas para estudos de caso de Yin, e embasados pela Teoria de Difusão de Inovações de Rogers, realizamos três estudos de caso, dois exploratórios e um explanatório. Os resultados do primeiro estudo evidenciam que o processo de mudança da prática docente foi influenciado pela percepção de uma vantagem relativa frente à prática instrucional anterior, pela compatibilidade entre as crenças de ensino e aprendizagem da professora e os pressupostos básicos dos métodos, pela observabilidade dos resultados obtidos na implementação e pela forma como esses métodos foram inseridos no contexto de ensino, isto é, com suporte de especialistas. Os resultados do segundo estudo apontam que a continuidade da prática inovadora dessa professora variou entre uma adaptação e uma reinvenção dos métodos de ensino centrados nos estudantes Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC). As modificações feitas nos métodos foram balizadas pelas crenças da professora e pela dificuldade de cumprir o cronograma de conteúdos da disciplina. Em termos dos impactos na aprendizagem, nossa análise indica que o desempenho dos estudantes em um teste padronizado foi inferior ao apontado pela literatura. Por outro lado, os métodos contribuíram para um bom engajamento dos estudantes na disciplina, bem como para o desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao IpC e ao EsM. O terceiro estudo, realizado em uma universidade diferente dos dois primeiros estudos, identificou que os docentes investigados fizeram uso de variações dos métodos Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), IpC e EsM. As modificações nos métodos foram realizadas de acordo com as necessidades específicas dos docentes, pelos contextos de ensino em que se encontravam e pelas suas crenças e experiências anteriores. Ainda em relação à adoção dos métodos, o processo de tomada de decisão de modificar a estrutura da disciplina de Física I, por meio da adoção de uma variação do EsM, foi coletivo, tornando o método uma prática estabelecida após a primeira experiência de seu uso. Segundo os docentes, a adoção dos métodos centrados nos estudantes foi responsável por uma melhora no engajamento e na aprendizagem dos estudantes. Contudo, um resultado negativo apontado pelos docentes foi a cultura que os estudantes desenvolveram em copiar as respostas das denominadas pré-aulas. Inferimos que este resultado está atrelado ao fato de que tais atividades eram avaliadas por grau de correção, e não pelo engajamento dos estudantes. Entre os docentes investigados, a difusão das inovações didáticas se deu por meio de uma estrutura descentralizada, onde um dos professores pode ser compreendido como um inovador local que difundiu os métodos ativos entre seus pares. Compreendemos que o modelo de difusão averiguado foi eficiente, pois a taxa de adoção dos métodos ativos, ou variações deles, foi elevada. Contudo, ressaltamos que a presença de um especialista (agente da mudança) poderia ter evitado a descontinuidade da prática do EsM.

Palavras-chave: Adoção e Difusão de Inovações Didáticas, Ensino Superior, Física Geral

ABSTRACT

Making student-centered teaching has been the focus of a great number of researchers within the area of Science teaching and research over the past 30 years. This tendency has its origin in the few positive results in relation to the learning of Science contents, especially of Physics, obtained through traditional approaches. In this context, re-signifying the didactic activities, especially the teaching methods used by teachers, becomes, therefore, fundamental. Despite the efforts of teachers and researchers in developing new student-centered teaching methods, the traditional approach is still ubiquitous in university instructional practice, both internationally and nationally. The non-adoption of innovative practices by teachers, despite the notoriously positive results obtained through them, indicates that there are many barriers in the process of changing teaching practice. Therefore, an in-depth understanding of the process of dissemination and change in teaching practices can contribute to the successful incorporation of new methods and their continued adoption. It is in this context that this thesis is inserted. In general terms, our research aims to investigate, in the context of two Brazilian public universities: the adoption of innovative student-centered teaching methods, in General Physics disciplines; the factors that influence the adoption and diffusion of such methods, in comparison with equivalent disciplines of universities in other countries; the impacts on the learning of Physics contents and the students' beliefs and attitudes about teaching methods. For this purpose, using Yin's methodological guidelines for case studies, and based on Rogers' Theory of Diffusion of Innovations, we conducted three case studies, two exploratory and one explanatory. The results of the first study show that the process of change in teaching practice was influenced by the perception of a relative advantage over the previous instructional practice, by the compatibility between the teaching and learning beliefs of the teacher and the basic assumptions of the methods, by the observability of the results obtained in the implementation and by the way these methods were inserted in the teaching context, that is, with the support of specialists. The results of the second study indicate that the continuity of this teacher's innovative practice varied between an adaptation and a reinvention of the student-centered teaching methods Just-in-Time Teaching (JiTT) and Peer Instruction (PI). The modifications made in the methods were defined by the beliefs of the teacher and by the difficulty of fulfilling the content schedule of the discipline. In terms of the impacts on the students' learning, our analysis indicate that the students' performance on a standardized test was lower than that reported in the literature. On the other hand, the methods contributed to a good students' engagement with the discipline, as well as to the development of positive attitudes towards the PI and the JiTT. The third study, conducted in a university other than where the first two studies took place, identified that the teachers investigated made use of variations of the methods Problem-Based Learning (PBL), PI and JiTT. The modifications in the methods were made according to the specific needs of the teachers, the teaching contexts in which they were inserted and their previous beliefs and experiences. Still, in relation to the adoption of the methods, the decision-making process to modify the structure of the discipline of Physics I, through the adoption of a variation of the JiTT, was collective, making the method an established practice after the first experience of its use. According to the teachers, the adoption of student-centered methods was responsible for an improvement in students' engagement and learning. However, a negative result pointed out by the teachers was the culture that the students developed in copying the answers provided in the so-called pre-classes. We infer that this result is linked to the fact that such activities were evaluated by degree of correction, and not by student engagement. Among the teachers investigated, the diffusion of didactic innovations occurred through a decentralized structure, where one of the teachers can be understood as a local innovator who diffused the active methods among his peers. We understand that the diffusion model verified was efficient, since the rate of adoption of the active methods, or variations of them, was high. However, we emphasize that the presence of a specialist (agent of change) could have avoided the discontinuity of the JiTT practice.

Keywords: Adoption and Diffusion of Didactic Innovations, Higher Education, General Physics

1. Introdução

Os impactos do ensino tradicional, baseado no modelo de transmissão e disseminação de conhecimento e informações no ensino de Ciências, em geral, e Física em particular, são no mínimo desanimadores e preocupantes. Historicamente, a década de 1980 marca o início de uma série de investigações acerca da influência dessa abordagem na aprendizagem de conteúdos de física por alunos universitários. (HAKE, 1998a, 1998b; HALLOUN; HESTENES, 1985; MCDERMOTT, 1991). Dentre as consequências da abordagem tradicional, encontradas em mais de 30 anos de pesquisa, podem ser ressaltadas: a baixa compreensão e retenção dos conceitos mais relevantes da matéria em estudo; a desmotivação para aprender Física; as taxas de evasão nas disciplinas; o desenvolvimento, por parte dos estudantes, de crenças e atitudes negativas frente à Física e ao aprender Física (CROUCH; MAZUR, 2001; CUMMINGS et al., 2008; HAKE, 1998a; MAZUR, 2009). Tais resultados são relevantes considerando a importância das disciplinas de Física para os mais diversos cursos de graduação, seja pela consolidação de conhecimentos fundamentais para outras áreas, ou pelo desenvolvimento de habilidades e competências mais gerais que transcendem à disciplina, a exemplo da capacidade de reflexão, de solução de problemas, de adaptação a novas situações, e das habilidades sociais de comunicação e de trabalho colaborativo.

Frente à importância e a relevância das disciplinas de Física em cursos de graduação, bem como aos resultados negativos do ensino tradicional, a área de pesquisa em ensino de Ciências e Física tem, nas últimas décadas, focalizado esforços em tornar os estudantes mais ativos no processo de aprendizagem. A origem dessa tendência advém dos resultados positivos da chamada “aprendizagem ativa”. Apesar de não se tratar de um conceito absolutamente novo, a aprendizagem ativa é reconhecida como uma nova abordagem para a sala de aula, onde atividades são programadas para engajar os estudantes durante todo o processo de aprendizagem, em contraste ao ensino tradicional, caracterizado por aulas eminentemente expositivas (PRINCE, 2004). Notavelmente, há uma mudança na concepção do modelo educativo, que deixa de ser estruturado na transferência e acumulação de conhecimentos, e passa a ser alicerçado na construção do conhecimento pelo estudante.

Essa nova maneira de compreender a educação está intimamente relacionada às mudanças ocorridas no âmbito do mercado de trabalho, que passou a exigir profissionais cada vez mais flexíveis, aptos a solucionar problemas e trabalhar colaborativamente. Entre as competências cognitivas superiores que a formação desse novo profissional passa a exigir, Kuenzer (2001, p. 17) destaca: *análise, síntese, estabelecimento de relações, criação de novas soluções inovadoras, rapidez de resposta, comunicação clara e precisa, interpretação e uso de diferentes formas de linguagem, capacidade para trabalhar em grupo [...]*.

Neste contexto, ressignificar as atividades didáticas, especialmente os métodos de ensino utilizados, torna-se, portanto, fundamental. Professores e pesquisadores da área de ensino

têm se empenhado no desenvolvimento de métodos de ensino que promovam o engajamento dos estudantes durante o processo de aprendizagem como, por exemplo: *One-Minute Paper* (STEAD, 2005), *Think-Pair-Share* (LYMAN, 1981), *Problem-Based Learning* (BARROWS; TAMBLYN, 1980), *Team-Based Learning* (MICHAELSEN; SWEET, 2011), *Just-in-time Teaching* (NOVAK, 1999), *SCALE-UP* (BEICHNER et al., 2007). Esses métodos não esgotam, de maneira alguma, as possibilidades disponíveis para os professores. Henderson et al. (2012) investigaram a adoção de, pelo menos, 24 métodos ativos de aprendizagem por professores em disciplinas de Física universitária.

Alguns métodos de ensino têm adquirido destaque em âmbito internacional, especialmente por terem conseguido dinamizar o processo de ensino e aprendizagem e apresentarem, sistematicamente, resultados positivos quanto à aprendizagem dos conteúdos e engajamento dos estudantes. Estamos nos referindo, especialmente, aos métodos: o *Just-in-Time Teaching* (NOVAK, 1999) e o *Peer Instruction* (MAZUR, 1997), em uma tradução livre Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC), respectivamente (ARAUJO; MAZUR, 2013).

O IpC é um método de ensino interativo, desenvolvido pelo professor Eric Mazur na Universidade de Harvard nos anos 90 do século passado. Este método prevê que o professor limite a exposição inicial de um conceito chave específico e, na sequência, apresente um Teste Conceitual (*ConceptTest*), de escolha múltipla, a ser respondido individualmente pelos alunos (em aproximadamente dois minutos) em um processo de votação. Os sistemas mais utilizados para coletar as respostas dos alunos são os *clickers* (espécie de controle remoto que enviam as respostas para o computador do professor), os *flashcards* (cartões cartonados coloridos que são manuseados e levantados pelos alunos no momento da votação) e os *plickers*¹ (aplicativo, disponível para tablets e smartphones, que permite coletar as respostas dos estudantes por meio do reconhecimento de padrões contidos nos cartões que são distribuídos aos estudantes). Caso a frequência de acertos na votação se situe entre 35% e 70%, os alunos são orientados a formar pequenos grupos, preferencialmente com colegas que tenham optado no Teste Conceitual por alternativas diferentes, e discutir suas respostas por cerca de três minutos, quando votam novamente. O objetivo é que os alunos reflitam individualmente e, depois, discutam em grupo suas respostas, cada aluno procurando argumentar e convencer o outro de que sua resposta é a correta, antes de o professor apontar a alternativa certa (ARAUJO; MAZUR, 2013).

O Ensino sob Medida (EsM) foi elaborado pelo professor Gregor Novak da Universidade de Indiana (EUA) e colaboradores, no ano de 1999. Esse método possibilita que o professor planeje suas aulas a partir dos conhecimentos e dificuldades dos seus alunos, manifestadas em suas respostas fornecidas em atividades fora da sala de aula e prévias aos encontros presenciais. Usualmente essas atividades envolvem leituras e por isso são denominadas de Tarefas de Leitura (TL). Uma TL consiste na indicação de um material para leitura (seções do livro texto, por exemplo)

¹ Para mais informações, ver: <https://www.plickers.com/> (acesso em 30/09/2017)

acompanhada de questões para avaliar a compreensão do material e obter *feedback* sobre as principais dúvidas e dificuldades dos estudantes. Ambos os métodos são melhor detalhados no Apêndice A.

Diversos trabalhos de pesquisa vêm mostrando melhora no desempenho e na capacidade de resolução de problemas adquiridos por alunos de Física em nível Médio e Superior ao trabalharem com o IpC (BUTCHART; HANDFIELD; RESTALL, 2009; CROUCH; MAZUR, 2001; GOK, 2012a; LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008; LENAERTS; WIEME; ZELE, 2003; MILLER, 2013; NICOL; BOYLE, 2003; RUDOLPH et al., 2014) e com o EsM (BELLONI; CHRISTIAN, 2003; FORMICA; EASLEY; SPRAKER, 2010; WITTMANN; THOMPSON, 2008). Além disso, algumas pesquisas mostram que a aprendizagem torna-se ainda mais expressiva quando o EsM é utilizado em conjunto com o IpC (CROUCH et al., 2007; CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR; WATKINS, 2009). No contexto brasileiro, destacamos os relatos de experiência sobre a adoção do IpC e do EsM desenvolvidos por Campagnolo e colaboradores (CAMPAGNOLO et al., 2014), por Oliveira e colaboradores (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015) e por Müller e colaboradores (MÜLLER et al., 2012).

Apesar dos resultados positivos obtidos com o emprego do IpC e do EsM, tais métodos ainda são pouco difundidos e utilizados no contexto do ensino superior brasileiro, no qual a abordagem tradicional predomina. Esse problema também é encontrado na literatura internacional da área (HENDERSON; DANCY, 2008). Segundo Henderson (2005), a não adoção de práticas inovadoras por parte dos professores, apesar dos resultados positivos obtidos por meio delas, indica que existem muitas barreiras no processo de mudança da prática docente. Indubitavelmente, a incorporação de novas estratégias didáticas em ambientes formais de ensino não é um processo simples; barreiras e tensões surgem, podendo levar à descontinuidade de práticas inovadoras (HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012). Por conseguinte, compreender em profundidade o processo de difusão e mudança das práticas de ensino pode contribuir para que novos métodos sejam incorporados com sucesso, tendo sua adoção continuada.

Em linhas gerais, esta tese busca investigar, no contexto de duas universidades públicas brasileiras:

- (i) *Quais as principais barreiras/dificuldades para a implementação e difusão de métodos de ensino inovadores em disciplinas de Física Geral?*
- (ii) *Como professores que enfrentaram tais dificuldades, ainda assim, conseguiram modificar suas práticas?*
- (iii) *Como professores, que modificaram suas práticas, conseguiram mantê-las ao longo do tempo?*
- (iv) *Como tais modificações impactam na aprendizagem dos conteúdos de Física abordados, crenças e atitudes dos estudantes sobre os métodos adotados?*

Buscando responder a essas questões, delineamos três estudos empíricos, compreendendo dois estágios de análise. No primeiro, buscamos adquirir conhecimento aprofundado acerca do evento a ser estudado. Foram realizados dois estudos exploratórios (Estudo I e II) com uma professora de Física (unidade de análise), que passou a utilizar os métodos centrados nos estudantes IpC e EsM, em uma universidade pública brasileira do estado do Rio Grande do Sul. No primeiro estudo, investigamos o processo de adoção dos métodos (mudança da prática docente), bem como as dificuldades enfrentadas (questões *i* e *ii*). No segundo, analisamos a continuidade de sua prática e os respectivos impactos na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes em relação aos métodos (questões *iii* e *iv*).

Amparados pelos resultados obtidos nos dois primeiros estudos, bem como pelos resultados encontrados na revisão da literatura acerca da adoção e difusão de inovações didáticas no ensino de Física, formulamos questões de pesquisa e proposições teóricas sobre os fatores decisivos para adoção e difusão de inovações didáticas, analisados no segundo estágio da pesquisa. Realizamos um estudo descritivo/explanatório (Estudo III) com um grupo de docentes, e um estudante de graduação, de uma universidade pública brasileira do estado de São Paulo, onde as disciplinas de Física Geral foram reestruturadas por meio da implementação de métodos ativos de ensino. Nesse estudo, analisamos: o processo de adoção de inovações didáticas em uma disciplina de Física Geral; os impactos da adoção desses métodos na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes; e o processo de difusão das inovações entre os docentes investigados.

Nos próximos capítulos, passaremos a expor os resultados dos estudos realizados. Iniciamos apresentando, no Capítulo 2, a revisão da literatura com dois focos, a saber: i) estudos sobre a difusão e adoção de inovações didáticas; e ii) pesquisas relacionadas ao método interativo de ensino IpC. No Capítulo 3, apresentamos o referencial teórico adotado, qual seja, a Teoria de Difusão de Inovações (TDI) de Everett M. Rogers (ROGERS, 2003).

Amparados nas orientações metodológicas de Yin (2015), no Capítulo 4 apresentamos a metodologia de pesquisa utilizada nos estudos empíricos. Os resultados do primeiro, segundo e terceiro estudos são apresentados, respectivamente, nos capítulos 5, 6 e 7. Juntos, os três estudos, embasados pela Teoria de Difusão de Inovações de Rogers (2003), nos permitiram compreender o processo de mudança da prática docente; os fatores relacionados à continuidade da prática inovadora e seus respectivos impactos na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes; e a dinâmica de difusão de inovações didáticas em um grupo de docentes.

Em específico sobre o processo de difusão de inovações, os modelos estabelecidos pela TDI (*ibid.*), identificados nos estudos I e III, possuem algumas deficiências, a saber a baixa taxa de difusão entre outros docentes (Estudo I – modelo centralizado) e as variações realizadas pelos docentes no método de ensino EsM, que levou à descontinuidade de sua adoção (Estudo III – modelo descentralizado). À vista disso, defendemos que um modelo mais flexível deve ser priorizado, a fim de compreender um processo cuja característica fundamental é a dinamicidade

(SMITH, 2012). Apontamos, ao final desta tese, alguns encaminhamentos para a construção de um modelo que denominamos de *Modelo Dialógico de difusão de Inovações Didáticas*. Nele, entendemos a inovação didática como uma prática construída por meio de uma relação de troca de saberes entre os docentes e os especialistas. É um modelo que preconiza uma relação mais próxima entre esses indivíduos, favorecendo o estabelecimento de uma prática inovadora local, focada nas necessidades específicas de cada contexto. Acreditamos que esse modelo seja mais adequado para estabelecer estratégias de mudança da prática instrucional. No Capítulo 8, após traçarmos uma síntese dos resultados obtidos, retomando as questões norteadoras de pesquisa, apresentamos a proposta de construção do modelo aqui brevemente exposto.

Por fim, expomos no Capítulo 9 as considerações finais desta investigação, discutindo as implicações para a adoção e difusão de inovações didáticas do modelo proposto nesta tese, bem como as lacunas que ainda necessitarão ser preenchidas em estudos futuros.

2. Revisão da Literatura

A revisão da literatura realizada nesta tese será exposta neste capítulo em duas subseções, dedicadas para cada um de seus focos: difusão e adoção de inovações didáticas (Seção 2.1) e o método interativo de ensino Instrução pelos Colegas (Seção 2.2). Em cada seção, serão apresentadas as justificativas para suas execuções, os respectivos escopos e os principais resultados encontrados, acompanhados de uma síntese reflexiva.

2.1 Difusão e adoção de inovações didáticas

2.1.1 Justificativa

Dedicamo-nos a revisar artigos publicados na área de difusão e adoção de inovações didáticas, no contexto do ensino superior, por sua evidente importância para a composição de nossa pesquisa. Temos consciência de que ao discutirmos a incorporação de novas propostas de ensino no contexto da educação superior, estamos adentrando em um campo de pesquisa extremamente amplo, que possui diversos enfoques. Questões relativas à formação do docente universitário, à sua prática, à identidade docente, à estrutura organizacional universitária, entre outros, são temas que facilmente são evocados nos estudos do papel do docente universitário (BIREAUD, 1990; CUNHA, 2006; MEDEIROS, 2007; ZABALZA, 2003, 2006) e nas abordagens da temática de inovações pedagógicas no ensino superior (CUNHA; ZANCHET, 2007; CUNHA, 1999, 2008). Reconhecemos que nossa revisão é um recorte de um grande campo de pesquisa com resultados de expressiva relevância, especialmente quando vivemos momentos de questionamento sobre as práticas de ensino da universidade contemporânea (CHAUÍ, 1999). Nesse sentido, compreendemos que a adoção de métodos interativos de ensino seja um caminho promissor para que a abordagem tradicional seja superada. Por conseguinte, investigar como se dá o processo de incorporação e difusão de novas práticas de ensino em nível superior adquire um papel de igual importância para o emergente debate acerca do ensino na universidade contemporânea.

2.1.2 Escopo da revisão

Buscamos estudos sobre difusão de inovações didáticas, publicados em revistas e anais de eventos no período de 2005 a 2015, tendo como foco o ensino de Física em nível superior. Além disso, incluímos artigos de revisão da literatura nessa temática. A busca foi feita na plataforma “*Google Scholar*” e por meio de duas bases de dados internacionais: *Social Sciences Citation Index (SSCI)* (plataforma *Web of Science*) e *Education Resources Information Center (ERIC)*. Utilizamos os termos “*Physics*” AND “*Diffusion of Innovation*”, bem como os termos

“*Physics*” AND “*Instructional Change*”² e seus correspondentes em português (Difusão de Inovações, Física e Mudança Instrucional) e em espanhol (*Difusión de Innovación, Física, Cambio de Instrucción*). Resultaram 24 artigos, todos redigidos em inglês. Na sequência passamos a discriminar os artigos encontrados, dentro das seguintes categorias: *artigos de revisão da literatura* e *artigos sobre difusão e adoção de inovações didáticas em disciplinas de Física universitária*.

2.1.3 Artigos de revisão da literatura

Três foram os artigos de revisão de literatura encontrados sobre as seguintes temáticas: difusão de inovações educacionais no ensino superior (SMITH, 2012); mudança da prática instrucional em disciplinas STEM³ (HENDERSON; BEACH; FINKELSTEIN, 2011); e uso da TDI (ROGERS, 2003) em pesquisas científicas (KAPOOR et al., 2011). Esses trabalhos apresentam resultados relevantes para o desenvolvimento de nossa investigação, que passamos a sintetizar.

Smith (2012) analisou 89 artigos, com revisão por pares e publicados de 2000 a 2009, com o objetivo de sintetizar fatores que facilitam ou impedem a difusão de inovações educacionais em nível superior. Segundo a autora, os professores tendem a implementar inovações em suas aulas quando: i) recebem, da instituição, reconhecimento e benefícios, em alguns casos financeiro, por modificarem suas práticas; ii) o discurso da instituição legitima a prática de inovações; iii) grupos de apoio são criados para discussões acerca das práticas inovadoras; iv) a instituição apresenta uma infraestrutura adequada para a adoção da inovação; v) as inovações são implementadas para solucionar problemas específicos da instituição; e vi) apresentam experiências anteriores com práticas inovadoras de ensino. Como barreiras para a adoção e difusão de inovações, foram destacadas as necessidades de: i) tempo para que os professores se adaptem às novas práticas; e ii) desenvolvimento de habilidades relacionadas à inovação a ser adotada. Para transpô-las, as instituições devem reservar uma carga horária do docente para que ele possa experimentar e se familiarizar com a inovação, bem como promover, por exemplo, treinamentos e *workshops* visando o desenvolvimento das habilidades necessárias para a implementação efetiva da prática inovadora.

Uma grande parte dos estudos abrangidos na revisão de Smith (ibid.) utilizou a Teoria de Difusão de Inovações de Rogers (2003). Na visão da autora, o desenvolvimento do modelo de Rogers, baseado em teorias do desenvolvimento organizacional, torna fácil a compreensão dos achados empíricos, contudo, ressalta ela, frente à dinamicidade do processo de mudança da prática docente, abordagens mais relativistas seriam apropriadas.

² O termo “*instructional change*” é usado, com grande frequência, em artigos que analisam a adoção de novas propostas de ensino, o que justifica seu uso na busca de artigos para nossa revisão.

³ A sigla STEM é um acrônimo para as disciplinas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*). Os cursos da grande área STEM incluem, entre outros, Física, Astronomia, Química, Biologia, Engenharias, Ciência da Computação e Matemática.

Tais constatações são pertinentes para o desenvolvimento de nossa pesquisa, pois ressaltam a importância da análise de fatores que não estão presentes no modelo de Rogers, tais como a especificidade da disciplina e a estrutura organizacional das instituições de nível superior. Apesar da crítica tecida pela autora, os resultados encontrados em sua revisão sintetizam fatores que compreendem o processo de adoção e difusão de inovações, sendo esses relevantes para futuras investigações nessa área.

A revisão conduzida por Kapoor et al. (2011) traça um panorama das pesquisas, publicadas entre os anos de 1996 a 2011, que fizeram uso da TDI (ROGERS, 2003). Buscas, nas plataformas “*Web of Knowledge*” e “*Google Scholar*”, de trabalhos que citam a 4ª edição do livro de Rogers sobre a TDI localizaram um total de 1377 artigos. Foram identificados quais dos atributos das inovações (vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, testagem, observabilidade⁴), previstos por Rogers (ibid.), têm sido mais citados pelos pesquisadores. O atributo com maior número de citações nos estudos revisados foi complexidade (N = 834), seguido de compatibilidade (N = 653) e vantagem relativa (N = 536). A distribuição temporal do número de publicações mostra que ocorreu um aumento exponencial na quantidade de artigos a partir do ano de 2005, com um leve decréscimo entre os anos de 2009 e 2010. Nossa revisão da literatura, se estendendo do ano de 2005 a 2015, cobre uma década de intensa pesquisa na área.

Henderson et al. (2011) revisou 191 artigos, publicados em revistas entre os anos de 1995 a 2008, buscando compreender como a literatura tem promovido mudanças nas práticas instrucionais de cursos da área STEM. Os autores identificaram três comunidades de pesquisa que estão envolvidas com essa temática de investigação: pesquisadores em ensino de STEM; pesquisadores em desenvolvimento docente; pesquisadores em educação superior. De maneira geral, cada comunidade está comprometida com uma tradição de pesquisa acerca do processo de mudança instrucional.

Quatro categorias de estratégias de mudança instrucional foram identificadas por Henderson et al. (ibid.), a saber: disseminação de currículo e pedagogia; desenvolvimento de professores reflexivos; adoção de políticas; desenvolvimento de visão compartilhada. Na categoria que abarca disseminação de novos currículos e pedagogias, o papel dos agentes de mudança⁵ é utilizar o conhecimento especializado para ensinar e informar o professor sobre novas maneiras de gerir o currículo ou o processo de ensino. A categoria desenvolvimento de professores reflexivos abrange estratégias que visam encorajar os professores a usarem seus conhecimentos/experiências/habilidades para melhorar suas próprias práticas instrucionais. Informações sobre novos métodos de ensino podem ser fornecidas e o papel do agente de mudança é fornecer suporte a práticas reflexivas por parte dos professores, levando esses a identificarem e definirem mudanças a serem realizadas.

⁴ Tradução para os termos “*relative advantage, compatibility, complexity, trialability, observability*”, respectivamente.

⁵ Tradução literal para o termo em inglês “*change agent*”.

Na categoria adoção de políticas, a ênfase é no desenvolvimento de um ambiente apropriado (e.g., regras, sistemas de recompensa, investimento em estruturas de suporte) para facilitar o engajamento dos professores em atividades específicas ou desejadas. A função do agente de mudança é desenvolver, por meio de um conhecimento especializado, novos recursos ambientais que favoreçam novos comportamentos ou atitudes, que levarão a mudanças instrucionais. Já a categoria desenvolvimento de visão compartilhada reúne estratégias que ensinam a criação de novas visões coletivas para o departamento, unidade institucional, ou instituição, que darão suporte a novas práticas. Para tal, o agente da mudança deve criar meios para que os indivíduos trabalhem coletivamente na construção das mudanças pretendidas. Essa construção coletiva criará uma visão compartilhada por todos os indivíduos. O foco das duas primeiras categorias são os indivíduos; nesse sentido as ações dos agentes de mudança afetam um professor, ou um grupo de professores. Por outro lado, as duas últimas categorias afetam os ambientes nos quais são desejadas mudanças. Essas quatro categorias de estratégias de mudança instrucional constituem o Modelo de Mudança Instrucional desenvolvido por Henderson et al. (2011), sendo divulgado de maneira preliminar por meio do artigo de Henderson et al. (2008) e pelos artigos de Henderson et al. (2010) e Beach et al. (2012).

Os autores concluíram que existem duas práticas comuns que, de fato, não produzem os efeitos esperados: desenvolver e testar "melhores práticas" e materiais curriculares e, em seguida, tornar esses materiais disponíveis para outros professores; e elaboração de políticas "de cima para baixo" destinadas a influenciarem as práticas de ensino. Três condições precisam ser trabalhadas para que as estratégias sejam efetivadas: i) as estratégias devem estar alinhadas com, ou buscarem modificar, as crenças dos sujeitos envolvidos; ii) as intervenções necessitam de um longo período de tempo para apresentarem resultados; iii) o desenvolvimento de estratégias deve compreender a universidade como um sistema complexo, onde modificar o *ethos* não é um processo simples.

2.1.4 Artigos sobre difusão e adoção de inovações didáticas em disciplinas de Física universitária

Identificamos 18 artigos que analisaram a adoção e difusão de novas práticas de ensino no contexto de disciplinas de Física universitária (Apêndice B). Para uma melhor apreciação dos resultados encontrados nessas pesquisas, optamos por apresentá-los agrupados, dentro das linhas de investigação que emergiram após nossa revisão sistemática, a saber: *mudança da prática instrucional* (N=2); *barreiras à adoção de inovações didáticas* (N=7); *adoção e difusão de métodos interativos de ensino* (N=4); e *estratégias de mudança instrucional* (N=5).

2.1.4.1 *Mudança da prática instrucional*

O processo de mudança das práticas de ensino não é simples. Responsabilizar apenas os professores pela estagnação no modelo pedagógico tradicional, fadado ao insucesso, é, no mínimo, ingênuo. Ademais, acreditar que basta desenvolver novas abordagens de ensino que os professores irão facilmente “comprar a ideia” também compartilha de tal ingenuidade. A realidade das práticas de ensino nas salas de aula universitárias mostra que a incorporação de inovações didáticas não é uma prática comum. À vista disso, investigar esse processo é por demais necessário. Tal tarefa foi desempenhada nos estudos de Henderson (2005) e Pundak e Rozner (2008), apresentados na sequência.

Henderson (2005) desenvolveu um estudo de caso com um professor de Física universitária, chamado de Dr. Holt, que tentou modificar suas aulas por meio da adoção de métodos interativos de ensino. Esse estudo teve como referencial o modelo de adoção de inovações presente na Teoria de Difusão de Inovações de Rogers (ROGERS, 2003). O objetivo central do trabalho era desenvolver uma compreensão detalhada do processo de mudança instrucional. O caso investigado possuía, segundo o autor, os pré-requisitos necessários para modificar sua prática: insatisfação com práticas anteriores; crença que ao modificar sua prática os resultados de aprendizagem dos estudantes melhorariam; iniciativa de se familiarizar com novas abordagens metodológicas para a sala de aula e materiais instrucionais oriundos da pesquisa em ensino de Física; participação em uma programa nacional de incentivo a novas práticas docentes que visava a melhoria do ensino de disciplinas introdutórias de Física universitária; e, como parte do programa, apoio de um professor em residência que assistia alguma de suas aulas e discutia métodos de ensino com ele.

Como fonte de dados, foram utilizadas entrevistas semanais (total de 15 com duração entre 20 e 60 min), observações das aulas ministradas pelo professor (total de 62 aulas) e materiais distribuídos aos alunos (programa de estudos, testes e tarefas de casa). Henderson concluiu que Dr. Holt possuía um conjunto de crenças acerca do processo de ensino e aprendizagem que nortearam todo o processo de mudança de sua prática. Para Dr. Holt, quatro ações instrucionais deveriam ocorrer na ordem que segue: apresentação de um fenômeno físico aos estudantes; introdução dos conceitos físicos subjacentes ao fenômeno; proposta de questões e problemas aos estudantes; e, por final, motivá-los a compreender os conceitos por serem necessários para a resolução de problemas inéditos nos exames da disciplina. Sua prática anterior não incorporava tais atividades, principalmente devido à necessidade de abordar todos os conteúdos da súmula da disciplina.

Após sua decisão de modificar suas aulas, Dr. Holt planejou uma sequência de aulas, sintetizadas da seguinte forma: aula inicial onde o conceito físico é introduzido; após a primeira aula, os alunos leem o livro texto e submetem uma pergunta acerca da leitura; na aula seguinte, os alunos engajam-se em diversas atividades, incluindo o uso de quadro brancos para a resolução

colaborativa de problemas e respostas a questões conceituais de múltipla escolha (os alunos apresentavam suas respostas com cartelas coloridas); os alunos recebem sistematicamente tarefas para casa, sendo que um dos problemas resolvido é avaliado pelo professor; os exames são compostos por problemas inéditos, nos quais os estudantes devem descrever os procedimentos feitos para a sua resolução.

Tal conjunto de atividades foi inspirado por elementos de alguns métodos interativos de ensino, tais como o IpC e o EsM, bem como na crença, por exemplo, de que para que os estudantes tenham um bom desempenho na resolução de problemas é necessária uma base sólida de conhecimento conceitual. Cabe destacar que Dr. Holt, ao investigar alternativas metodológicas para suas aulas, limitou-se a buscar apenas informações acerca da existência de novos métodos.

Nem todas as atividades planejadas por Dr. Holt tiveram sua continuidade ao longo do semestre. Henderson identificou quatro fatores que limitaram o processo de mudança de sua prática docente. O primeiro fator relaciona-se ao seu conjunto de crenças, que tornaram, por exemplo, as aulas focadas excessivamente na aprendizagem conceitual, limitando o desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas, o que acarretou em um desempenho insatisfatório dos estudantes no primeiro exame da disciplina. Como consequência, Dr. Holt abandonou o uso de problemas inéditos nos exames.

Outro fator é a maneira como Dr. Holt se apropriou do conhecimento acerca dos novos métodos de ensino. A falta de compreensão dos princípios dos métodos fez Dr. Holt enfrentar dificuldades em sua implementação. Por exemplo, ao implementar o trabalho em grupo com os quadros brancos, Dr. Holt não dedicou tempo para que os grupos compartilhassem suas soluções uns com os outros. Ele também decidiu não atribuir uma nota para o trabalho em grupo. No decorrer do semestre, ele descobriu que cada vez menos os estudantes levavam a sério tal atividade.

Os dois últimos fatores estão relacionados ao planejamento otimista de Dr. Holt, que não antecipou possíveis problemas que poderia enfrentar. O principal deles foi a necessidade de muito tempo para a preparação dos materiais para as aulas, fazendo com que Dr. Holt adotasse uma versão limitada de seu planejamento ou, em alguns momentos, retornasse à sua prática anterior. Além disso, muitas das atividades previstas consumiam muito tempo de aula. Devido à necessidade de cobrir o conteúdo da disciplina, ele acabou por optar por aulas semi-interativas com menor, ou nenhum, tempo para o trabalho colaborativo com os quadros brancos.

Também Pundak e Rozner (2008) se ampararam no modelo de Rogers (2003) para analisar o processo de implementação de inovações, em um estudo desenvolvido com quatro professores de Física, e três de Cálculo, de uma universidade em Israel. Segundo os autores, todos os casos investigados possuíam pré-requisitos necessários para se engajarem no processo de adoção de inovações (ibid.), a saber: insatisfação com os resultados de aprendizagem obtidos

por meio das aulas tradicionais; insatisfação dos estudantes por não avaliarem as disciplinas como produtivas para sua formação como engenheiros; e motivação para modificarem suas práticas.

O modelo de Rogers é composto por cinco etapas: i) conhecimento; ii) persuasão; iii) decisão; iv) implementação) e v) confirmação. A aquisição de conhecimento (primeira etapa) acerca das inovações utilizadas ocorreu de diversas maneiras, em alguns casos partiu do próprio professor, em outros ocorreu no Centro para o Desenvolvimento e Avanço do Ensino de Ciências na Universidade (*Center for the Development and Advancement of Teaching at the College*) e por meio de encontros entre os professores da instituição. A etapa de persuasão foi baseada no conhecimento desenvolvido pelos professores na primeira etapa, tendo como marco fundamental o exercício de planejamento de como tais métodos seriam adotados em suas práticas docentes. Alguns professores não se mostraram convencidos de que seriam capazes de modificar suas aulas. A criação de grupos de apoio foi uma das estratégias utilizadas para que os professores pudessem transpor suas dúvidas e relatar suas preocupações. A etapa de decisão durou cerca de 10 meses, nos quais os professores desenvolveram materiais e optaram por quais métodos de ensino utilizariam.

Durante a implementação feita pelos professores, Pundak e Rozner (ibid.) conduziram entrevistas para investigar quais métodos estavam em uso, bem como as dificuldades encontradas. Os métodos adotados foram: IpC; animações como ferramentas para a resolução de problemas; demonstrações interativas; *feedback* para tarefas via *web*; resolução de problemas colaborativo; apresentações interativas. Entre os sete professores, apenas um fez o uso de um único método; os demais adotaram pelo menos quatro das estratégias citadas. Entre as dificuldades enfrentadas pelos professores, destacaram-se: a limitação do tempo para a implementação de uma grande variedade de métodos; a necessidade de dedicar muito tempo no preparo das aulas; os desafios do uso de tecnologias, tais como o sistema de som e de projeção de imagens pelo computador; a falta de ímpeto na busca de soluções metodológicas que estivessem de acordo com as características do professor e da disciplina. Nesse sentido, segundo Pundak e Rozner, a presença de um professor assistente, que tenha maestria no uso de tais métodos, possibilitaria a discussão acerca dos problemas enfrentados assim que surgem, favorecendo possíveis soluções.

2.1.4.2 *Barreiras à adoção de inovações didáticas*

Na seção anterior, relatamos dois estudos de caso que investigaram o processo de mudança da prática docente. Pudemos perceber que, ao implementar novos métodos de ensino, o professor pode se deparar com diversos tipos de dificuldades, tornando a continuidade dessas práticas inovadoras incerta. Nesse sentido, é possível perceber que a prática inovadora é limitada por barreiras, que, por sua vez, têm diversas origens por se tratar de um evento social. Buscando identificar as barreiras à adoção de inovações didáticas, uma sequência de estudos foi realizada

pelo professor Charles Henderson e colaboradores (HENDERSON; DANCY, 2007, 2005, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; HENDERSON; MESTRE; SLAKEY, 2015), os quais passamos a apresentar.

Henderson e Dancy (2005) buscaram identificar fatores que afetam a incorporação de inovações didáticas, investigando as crenças e práticas educacionais de quatro professores experientes de Física, que não possuíam relações formais com grupos de pesquisa na área de Ensino de Física. Ao identificar as principais crenças que tais professores possuíam sobre o processo de ensino e aprendizagem, foi possível perceber uma relevante relação com as premissas dos chamados métodos interativos de ensino. Apesar de possuírem crenças compatíveis, e inclusive conhecerem alguns métodos, tais como o IpC, os professores investigados faziam um uso modificado dos mesmos. A prática de tais professores incorporava alguns elementos dos métodos, sendo essa escolha balizada por suas crenças e contextos específicos. Nesse sentido, os autores advogam que os pesquisadores da área de Ensino de Física devem focar esforços na apresentação de diversas possibilidades metodológicas aos professores, bem como no oferecimento de suporte para o desenvolvimento de soluções particulares para cada contexto institucional, em vez de prescreverem “receitas fechadas”.

Henderson e Dancy (2007), também buscando identificar quais fatores impedem a difusão de inovações didáticas em salas de aula universitária, realizaram um estudo com cinco professores de Física que se apresentavam como potenciais utilizadores de inovações didáticas. Mesmo possuindo crenças sobre o ensino e a aprendizagem coerentes com grande parte dos chamados métodos interativos de ensino, os professores entrevistados não os utilizavam.

Os autores (ibid.) afirmam que tal resultado está fortemente relacionado às características situacionais em que tais professores estão inseridos. Em outras palavras, as dificuldades que os professores encontram durante sua atividade docente diária influenciam a maneira como novas propostas de ensino são incorporadas em suas práticas. Nos discursos dos professores, os autores encontram os seguintes fatores situacionais limitantes à adoção de inovações didáticas:

- atitude dos estudantes em relação à universidade: alguns estudantes não se comprometem com o aprendizado dos conteúdos, sendo que muitos buscam apenas a obtenção do grau;
- expectativa de cobrir o conteúdo: alguns professores acabam por optar pelo método tradicional pois conseguem garantir que todos os conteúdos da disciplina serão abordados;
- falta de tempo: os professores estão, muitas vezes, extremamente ocupados com uma grande carga horária de horas-aula, ou de pesquisa, e não possuem tempo para se dedicar à adoção de novos métodos de ensino;

- normas do departamento: quando outros membros do departamento estão engajados em modificar suas práticas, torna-se mais fácil o processo de adoção de novas propostas de ensino;
- resistência dos estudantes: muitos estudantes apresentam resistências quanto à interação com outros colegas, ou até mesmo em pensar independentemente;
- quantidade de alunos e *layout* da sala: alguns dos professores afirmam que lecionam em classes com grande número de alunos e em ambientes que possuem as cadeiras e classes fixadas ao chão, impedindo, dessa forma, que os estudantes possam trabalhar colaborativamente em pequenos grupos, por exemplo.

Como sugestão, os autores (ibid.) destacam a necessidade de que os pesquisadores de novas estratégias didáticas, ao divulgá-las, também apresentem as principais dificuldades recorrentes ao adotá-las. Essa visão é uma crítica a uma grande parcela das publicações que apresentam tais métodos como extremamente fáceis de serem incorporados à prática docente. Duas estratégias básicas são sugeridas por Henderson e Dancy para que ocorra uma mudança de aulas tradicionais para alternativas: focar a análise da difusão de inovações nos indivíduos (abrangendo suas crenças e suas práticas) e identificar as barreiras situacionais, buscando maneiras de transpô-las.

Outra investigação com foco na análise de barreiras para adoção de inovações é a desenvolvida por Henderson e Dancy (2008). Esse estudo teve como objeto de análise os mesmos sujeitos de pesquisa de Henderson e Dancy (2007), visando compreender as diferentes expectativas entre os pesquisadores da área de Ensino de Física, bem como os desenvolvedores de novos métodos de ensino e materiais instrucionais, e os professores de Física que adotam práticas inovadoras em suas aulas. Ao analisar as entrevistas, os autores desenvolveram um modelo relativo à maneira como as inovações didáticas são incorporadas à prática docente. Tal modelo é composto por quatro categorias de mudanças instrucionais, dispostas em um contínuo, a saber: i) adoção – a nova abordagem é desenvolvida por um agente externo e o professor a implementa de maneira fiel; ii) adaptação - a nova abordagem é desenvolvida por um agente externo e o professor a implementa com pequenas modificações; iii) reinvenção – o professor usa as ideias principais dos materiais desenvolvidos pelo agente externo modificando radicalmente sua implementação, ou até mesmo desenvolvendo novos materiais; iv) invenção – o professor desenvolve novas práticas e materiais de acordo com suas próprias crenças educacionais. Setenta por cento das mudanças implementadas pelos professores investigados foram categorizadas como reinvenção ou invenção. Nesse sentido, os autores argumentam que existem diferentes expectativas entre professores e pesquisadores. De um lado, pesquisadores, ao desenvolverem novas práticas, bem como pesquisas referentes aos correspondentes impactos, esperam que os professores façam implementações mais fiéis possíveis, com mudanças categorizadas como

adoção ou adaptação. Opostamente, os professores, ao modificarem suas práticas, realizam alterações nos materiais desenvolvidos pelos pesquisadores, ou até mesmo criam novos, a fim de os adequarem aos seus contextos locais e suas crenças educacionais. Entre as recomendações dadas pelos autores para diminuir o *gap* entre tais expectativas estão: desenvolver materiais que facilmente possam ser modificados pelos professores; apresentar novas práticas de ensino e seus fundamentos (e.g. métodos interativos de ensino – a aprendizagem é um processo eminentemente social e, portanto, deve-se valorizar a interação entre os estudantes); manter uma relação de parceria entre pesquisadores e professores; reconhecer que o processo de mudança é difícil em vez de culpar os professores pelo fracasso educacional.

Henderson e colaboradores (2012) investigaram, à luz da TDI, a prática de 722 professores de Física universitária nos Estados Unidos. O objetivo era identificar as taxas de adoção de inovações didáticas, bem como fatores que contribuem para a adoção de novas propostas didáticas. Segundo os autores, aproximadamente 88% dos professores conhecem pelo menos uma estratégia inovadora de ensino. Dos 722 professores investigados, cerca de 16% informaram ter conhecimento de alguma estratégia de ensino inovadora, mas nunca as utilizaram. Aproximadamente um terço dos professores, após utilizarem alguma inovação didática, tiveram sua prática descontinuada, conforme detalhadamente discutido em artigos anteriores (DANCY; HENDERSON, 2009; HENDERSON; DANCY, 2009). Para os autores, um dos possíveis fatores que levam à baixa continuidade da adoção de inovações didáticas é a maneira como os professores são apresentados a elas (HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012). A principal estratégia de disseminação costuma se dar na forma de palestras e *workshops*, de maneira que, quando decidem implementar tais inovações, não existe um suporte para o enfrentamento das dificuldades e conflitos que naturalmente surgem. A experiência negativa, nesses casos, leva a uma descontinuidade no uso das inovações.

Em estudo posterior, Henderson et al. (2015) buscaram identificar as principais barreiras para a difusão e adoção de achados da Ciência Cognitiva (CC) em disciplinas STEM⁶. Apesar de sua expressiva relevância, poucos resultados da CC têm sido utilizados como suporte para a prática instrucional em disciplinas de Física, bem como de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

O primeiro obstáculo para tal conjuntura é a pouca fundamentação teórica dos métodos interativos de ensino na CC que, quando existente, não é transmitida de maneira adequada para a comunidade de pesquisadores e professores. De maneira geral, há falta de diálogo entre os pesquisadores que trabalham com o desenvolvimento e disseminação de novas abordagens para a sala de aula e a pesquisa desenvolvida pela CC. Essa falta de apropriação admite, segundo os autores, duas possíveis explicações. A primeira centra-se no fato de que, historicamente, a área de

⁶ Apesar de nossa revisão inicial não incluir artigos publicados na área STEM, o artigo de Henderson e colaboradores (2015) foi inserido pois discute amplamente o tema na área de Ensino de Física.

Pesquisa em Ensino de Física (PEF) se autodesenvolveu dentro da área de Pesquisa em Física, herdando certas culturas de pesquisa que dificultam a interlocução entre tais comunidades. Outra razão é a pouca clareza nas implicações que os resultados obtidos pela CC possuem em termos da prática instrucional. A transposição do corpo de conhecimentos desenvolvidos dentro da CC, usualmente desenvolvidos em ambientes clínicos e/ou restritos, para o espaço de sala de aula envolve muito trabalho, especialmente porque, ao se lidar com situações de ensino, múltiplas variáveis contextuais precisam ser levadas em consideração.

O segundo obstáculo é identificado pelos autores como “obstáculos estruturais”. De acordo com eles, os desenvolvedores e pesquisadores de novas práticas de ensino têm assumido que basta produzir um apanhado convincente de resultados que demonstrem a eficiência de um novo método de ensino, por exemplo, para que ela se difunda rapidamente. A prática do docente universitário está imbricada em um sistema complexo que incluem normas de departamento, expectativas de cobrir todo o conteúdo da disciplina, expectativas dos estudantes, estruturas das salas de aula, tamanho das turmas, etc. Esses fatores devem ser compreendidos como obstáculos situacionais para a adoção de abordagens inovadoras na sala de aula universitária (HENDERSON; DANCY, 2007).

Parte dos trabalhos expostos na seção anterior fizeram uso explícito da TDI (Rogers 2003), que se mostra como um referencial potencial para o estudo do processo de adoção e difusão de inovações. Os resultados narrados anteriormente são de excepcional importância para o desenvolvimento desta tese, especialmente por terem sido sustentados pela TDI, referencial teórico que adotamos.

2.1.4.3 Adoção e difusão de métodos interativos de ensino

Identificamos quatro estudos com foco no processo de adoção e difusão de métodos de ensino. Rogers et al. (2010) analisaram a adoção do método SCALE-UP (“*Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies*”) e, à luz da TDI⁷, Foote et al. (2014) investigaram sua difusão. Dancy et al. (2010) avaliaram a difusão do IpC. Já Khatri et al. (2015) não fizeram uso da TDI para investigar a difusão do IpC, mas esse artigo foi incluído na presente revisão, pois esse é justamente o método que foi adotado pelo nosso sujeito de pesquisa nos Estudos I e II e por alguns dos sujeitos do Estudo III.

Rogers et al. (2010), por meio de um estudo de caso longitudinal com duração de sete anos, avaliaram o processo de adoção do método interativo de ensino SCALE-UP em disciplinas introdutórias de Física e Astronomia. O processo de escolha do método ocorreu após a

⁷ A TDI pode ser utilizada, conforme exporemos na Seção 3, com foco nos indivíduos (e.g. professores que adotaram inovações didáticas), nas instituições (e.g. departamentos de universidades que adotaram novas estratégias para a mudança das práticas instrucionais), ou em objetos (e.g. difusão do uso de *clickers* em universidades americanas).

participação de um dos professores da universidade no *New Faculty Workshop* (NFW)⁸. Como instrumento de análise da aprendizagem dos estudantes, os autores utilizaram o teste padronizado *Force Concept Inventory* (FCI). Os resultados encontrados nos primeiros anos de implementação do SCALE-UP foram aquém do esperado. Por exemplo, o ganho normalizado médio obtido no primeiro ano de implementação foi de 0,23⁹. Ao incorporar outras estratégias didáticas, como roteiros abertos para as atividades de laboratório, houve, nos últimos anos de estudo, um aumento no ganho normalizado médio obtido pelos estudantes no FCI (valores entre $\langle g \rangle = 0,5$ e $\langle g \rangle = 0,6$). Os resultados encontrados pelos autores indicam que o processo de adoção de uma nova estratégia didática deve se dar por meio de um planejamento a longo prazo, sendo que resultados negativos podem ser encontrados nos primeiros anos. Esse planejamento deve envolver todos os professores das disciplinas em que novas estratégias de ensino serão adotadas, bem como os membros responsáveis pela administração do departamento/faculdade/universidade. Dessa forma, os resultados negativos encontrados servirão de ponto de partida para que as estratégias adotadas sejam repensadas e não abandonadas.

Foote et al. (2014) realizaram um levantamento com 812 professores universitários para investigar a difusão do método de ensino denominado SCALE-UP. O estudo, amparado pela Teoria de Difusão de Inovações (ROGERS, 2003), teve por objetivos determinar a taxa de adoção do método em disciplinas universitárias americanas, quais os canais de comunicação utilizados pelos professores para adquirir informações acerca do SCALE-UP e, também, investigar possíveis modificações feitas na estrutura proposto originalmente pelo método e os impactos dessas modificações.

Da análise das respostas dos professores a um questionário *on-line*, foi verificado que o SCALE-UP é um método que se difundiu em 314 departamentos em 189 instituições de ensino superior de 21 países. Aproximadamente um terço dos departamentos (N=114) o utiliza em disciplinas de Física, tornando essa a área de maior representatividade. Tal resultado está, segundo os autores, atrelado ao fato de que o SCALE-UP foi desenvolvido originalmente em curso introdutório de Física. Igualmente, é possível perceber que há uma grande variedade de contextos que adotam tal abordagem para a sala de aula. Um fator que contribui para essa diversidade é a flexibilidade que o método proporciona, permitindo que os professores o adaptem de acordo com seu contexto particular e suas preferências.

Os participantes da investigação tomaram conhecimento sobre o SCALE-UP, predominantemente, por meio de meios de comunicação interpessoais, tais como palestras, *workshops* e conversas com colegas que já haviam utilizado o método. Tais resultados são consistentes com pesquisas conduzidas na área de difusão de inovações (ROGERS, 2003), tendo a interação social um papel importante no processo de adoção de novas ideias e práticas. Nesse

⁸ Maiores detalhes acerca do NFW serão abordados na seção 2.1.4.4.

⁹ Hake (1998) encontrou para cursos tradicionais ganhos normalizados médios de 0,23 e de 0,48 para cursos com métodos interativos de ensino.

sentido, programas de adoção de novos métodos de ensino devem reconhecer e utilizar interações pessoais como uma maneira de incentivar mudanças, especialmente quando o público alvo não possui o ímpeto de buscar informações a respeito de inovações.

O grau de interatividade proporcionado pelas variações das implementações feitas pelos professores foi avaliado a partir da porção de tempo dedicada a cada atividade prevista no SCALE-UP. Um fator crucial apontado por tal análise é a importância da infraestrutura da sala de aula, haja vista que o SCALE-UP requer a adoção de um ambiente muito diferente do tradicional. A sala de aula é remodelada em um formato de estúdio, com quadros brancos que ocupam todas as paredes, mesas redondas ou em formato de D, computadores para os estudantes, sistema de projeção e pequenos quadros brancos. Essas modificações buscam criar um espaço de fácil compartilhamento de conhecimento e de intenso trabalho colaborativo. Os dados obtidos apontam que quanto maior a disponibilidade desses elementos inseridos na sala de aula remodelada, maior é o nível de interatividade obtido pela adoção do método. Além disso, os autores afirmam que, apesar de parecer que a necessidade dessa infraestrutura é uma barreira para a adoção do SCALE-UP, o investimento por parte das instituições de ensino em tais equipamentos/elementos aumenta a visibilidade do método dentro dos departamentos, contribuindo para o aumento na taxa de adoção do mesmo.

Khatri (2015) analisaram o processo de disseminação do método Instrução pelos Colegas (IpC), por meio de uma detalhada descrição dos principais eventos compreendidos no processo. O estudo se concentrou nos aspectos históricos que contribuíram para a disseminação do método, não na investigação da difusão do IpC em um contexto educacional específico. Por meio da construção de um modelo de propagação, os autores elencaram os seguintes fatores para a expressiva difusão do método. Inicialmente, o IpC foi desenvolvido de maneira colaborativa entre Eric Mazur e outros pesquisadores da área de Pesquisa em Ensino de Física (e.g. criação de questões conceituais). Posteriormente, Mazur uniu-se com outras instituições de ensino além de Harvard buscando tornar o IpC um método aplicável a diferentes contextos. Tais eventos compreendem a etapa de *desenvolvimento interativo* do modelo proposto pelos autores. A disseminação do IpC ocorreu, em um primeiro momento, nos abertos aos professores dos departamentos. Outras estratégias foram a produção de vídeos e de um manual de usuário (MAZUR, 1997). Tais estratégias compõem o que os autores denominaram de *disseminação interativa*, segundo elemento de seu modelo. Por último, a criação de um manual de usuário pode ser vista como uma estratégia frutífera para proporcionar *suporte* a futuros usuários. A disponibilidade de uma quantidade considerável de questões conceituais pode ajudar a reduzir o trabalho de professores de Física que almejam adotar o IpC em suas aulas.

O estudo conduzido por Dancy et al. (2010) teve como foco a análise da difusão do IpC em universidades americanas. A análise de entrevistas conduzidas com 15 professores de Física (usuários do IpC) permitiu identificar como tais professores tiveram o primeiro contato com o IpC e

quais as suas motivações para terem adotado tal método. O IpC foi conhecido pelos professores predominantemente por intermédio de colegas e de apresentações, o que ressalta a importância das relações sociais no processo de difusão de inovações didáticas. Os fatores motivacionais que influenciaram o processo de adoção do IpC em suas práticas foram a insatisfação com a abordagem tradicional (aulas expositivas), o sentimento de que o IpC estava de acordo com as suas crenças educacionais, a facilidade de incorporação do IpC na sua prática e os resultados convincentes de que o método possui impactos positivos na aprendizagem dos estudantes. Na Seção 2.2, apresentamos uma revisão de pesquisas sobre a adoção do IpC, onde buscamos identificar quais os principais contextos em que pesquisas com o IpC têm sido realizadas, os principais impactos na aprendizagem dos estudantes, bem como os impactos instrucionais de sua adoção.

2.1.4.4 *Estratégias de mudança instrucional*

Desenvolver boas estratégias para que os professores modifiquem suas práticas de ensino é incontestavelmente pertinente, haja vista a complexidade do processo de incorporação de inovações didáticas exposta até o presente momento em nossa revisão. Alguns artigos avaliaram os impactos de estratégias desenvolvidas para impulsionar a adoção de novas práticas de ensino (CHASTEEN et al., 2015; DANCY; HENDERSON, 2012; HENDERSON, 2008; HENDERSON; BEACH; FAMIANO, 2009; WIEMAN; DESLAURIERS; GILLEY, 2013), sendo apresentados na sequência.

Henderson (2008) e Dancy e Henderson (2012) avaliaram o impacto da participação de professores de Física e Astronomia, de diferentes instituições universitárias americanas, em um *workshop*, denominado *New Faculty Workshop* (NFW), que tinha por objetivos promover um espaço para que os professores se familiarizassem com diferentes métodos interativos de ensino e oferecer-lhes meios para que modificassem suas práticas instrucionais. Os resultados apresentados por Henderson (2008) apontam que, em 11 anos de aplicações do NFW, os impactos promovidos na mudança da prática docente são significativos. Entre os 527 professores de Física e Astronomia investigados, apenas 3,5% não modificaram suas práticas instrucionais.

De forma similar, Dancy e Henderson (2012) apresentaram os resultados da participação no NFW de 15 professores de Física durante o verão de 2010. Destes, 14 reportaram que modificaram suas práticas (um professor já utilizava métodos interativos em sua prática), sendo o Instrução pelos Colegas (IpC) o método interativo de ensino mais utilizado (nove professores). Outras modificações incluem o uso do Ensino sob Medida (EsM), atividades de trabalho colaborativo e integração de simulações computacionais durante a exposição dos conceitos. Entre as dificuldades enfrentadas, os professores destacaram a necessidade de tempo para a preparação dos materiais para as aulas (e.g. questões conceituais para o IpC), a resposta pouco favorável dos estudantes aos métodos interativos, a preocupação de cumprir o programa da

disciplina e o sentimento de que suas modificações não estavam ocorrendo da maneira esperada. É importante destacar que 48% do tempo da carga horária dos professores em suas instituições foi dedicada à preparação das aulas, sendo de apenas 18% o tempo destinado para atividades de sala de aula. Entre os fatores que contribuíram e facilitaram a mudança da prática docente, destacam-se o apoio oferecido por colegas do departamento, que já haviam implementado métodos interativos, e a infraestrutura oferecida pelas instituições, a exemplo da disponibilidade dos *clickers* para a implementação do IpC. Frente aos resultados encontrados, os autores (ibid.) destacam que as instituições de ensino, engajadas na missão de promover mudanças das suas práticas, devem facilitar o acesso dos professores a recursos e materiais instrucionais (e.g. questões conceituais para o IpC), bem como prover um suporte contínuo aos professores durante a implementação de novos métodos de ensino.

Chasteen et al. (2015) investigaram os resultados obtidos na implementação de um programa institucional de incentivo à mudança no ensino de ciências, denominado SEI (*Science Education Initiative*), em um departamento de Física de uma universidade americana. O SEI possuía como objetivo central proporcionar mudanças em nível de departamento, tendo como filosofia a transformação das disciplinas por meio do desenvolvimento de materiais instrucionais inspirados pelas dificuldades apresentadas pelos estudantes, bem como pelos objetivos de aprendizagem a serem alcançados. A adoção desse modelo de mudança obteve sucesso no contexto em que os autores o investigaram, especialmente no que se refere à prática dos professores, que passaram a adotar métodos interativos de ensino (e.g. usar questões conceituais com o uso dos *clickers*), e ao impacto na aprendizagem dos estudantes.

Outro resultado positivo da implementação do SEI foi reportado por Wieman et al. (2013). Diferentemente dos resultados obtidos por Henderson et al. (2012), a aplicação do SEI em uma universidade pública do Canadá resultou em um número expressivamente reduzido de professores que deixaram de adotar novas práticas de ensino após terem tido experiências com as mesmas. Dos 70 professores investigados, apenas um optou por retornar ao método tradicional de ensino, com aulas eminentemente expositivas. Em contrapartida, o levantamento de Henderson, realizado com 722 professores universitários de Física, constatou que aproximadamente um terço dos professores que adotaram algum tipo de inovação didática teve sua prática descontinuada. Segundo Wieman et al. (2013), dois elementos, pertencentes ao programa SEI, contribuíram para a baixa desistência dos professores. A ajuda de pesquisadores da área de Ensino de Ciências, com a expertise em métodos interativos de ensino, durante todo o processo de adoção de novas práticas de ensino, e o ambiente departamental de apoio com o compromisso coletivo de mudança na maneira como os cursos de Ciências eram organizados. Indubitavelmente, a presença de especialistas da área de Ensino de Ciências, bem como uma instituição de ensino inovadora, facilitam a prática de novos métodos que se distanciam da abordagem tradicional.

Nessa mesma linha de investigação, Henderson et al. (2009) reportaram resultados da implementação de um programa de incentivo à adoção de novos métodos de ensino, em uma universidade americana, denominado “*Co-teaching*” (“Ensino compartilhado”, em uma tradução livre). Como o próprio nome sugere, o programa prevê que professores experientes compartilhem com professores novatos a maestria de disciplinas em que novas práticas de ensino serão adotadas. Tal programa teve como participante um professor de Física novato que passou a implementar métodos interativos de ensino em uma disciplina compartilhada com outro professor de Física (com grande experiência com tais práticas instrucionais). Por meio das observações realizadas, bem como de entrevistas conduzidas com ambos os professores ao longo do semestre, os autores concluíram que a maneira como o professor novato foi introduzido aos métodos interativos de ensino foi extremamente frutífera. Sua prática ao longo do semestre incorporou muitos dos elementos previstos pelo programa da disciplina, que previa a ocorrência de diversas tarefas para tornar os estudantes ativos no processo de aprendizagem, indicando alto índice de sucesso do programa *Co-teaching*. O suporte fornecido pelo professor experiente foi de extrema valia. Além disso, ao longo do semestre, os autores puderam perceber que houve uma mudança nas atitudes do professor novato em relação à incorporação dos métodos no futuro, que passou a afirmar que iria utilizar as atividades vivenciadas ao longo do semestre em uma disciplina futura.

2.1.5 Uma síntese reflexiva da literatura referente à adoção e difusão de inovações didáticas

Os esforços de pesquisadores e professores no âmbito do desenvolvimento de novas práticas de ensino, que rompem com o paradigma da abordagem tradicional, são motivados por uma mudança na compreensão do papel do aluno no processo de aprendizagem. Tornar o aluno engajado ativamente em sala de aula tornou-se o objetivo principal de diversos métodos interativos de ensino. A comunidade de pesquisadores em Ensino de Física passou, nos últimos 30 anos, a legitimar a incorporação de tais métodos. No entanto, conforme nossa revisão pôde esclarecer, existe uma grande defasagem entre o que é recomendado pela comunidade de pesquisadores e a prática dos professores, especialmente em nível universitário (HENDERSON; DANCY, 2007, 2005, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; HENDERSON; MESTRE; SLAKEY, 2015).

Investigar o processo de adoção de novas práticas instrucionais por professores é um caminho promissor para a compreensão das dificuldades e barreiras que surgem durante a transposição de tais práticas para o contexto real de sala de aula, que podem, até mesmo, levar à sua descontinuidade (HENDERSON, 2005; PUNDAK; ROZNER, 2008). Por se tratar de um evento social, diversos são os elementos que o compõem, sendo seu estudo de grande valia. Os estudos empíricos, apresentados nas seções 5 e 6, buscaram compreender, no contexto de uma universidade pública brasileira, como se deu o processo de adoção conjunta de dois métodos interativos de ensino, o IpC e o EsM, por uma professora de Física.

A difusão de inovações didáticas também compartilha de dificuldades. Muitas propostas de ensino investigadas amplamente por pesquisadores da área de ensino (por exemplo o IpC, que será revisado na Seção 2.2) ainda não se constituem como “práticas comuns” (HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012). Os motivos relacionados à baixa incorporação dos chamados métodos interativos de ensino são identificados como barreiras à sua difusão, sendo investigados por alguns trabalhos. A necessidade de cobrir o conteúdo da disciplina, a falta de tempo para preparar novos materiais, a falta de suporte do departamento e da instituição, a resistência dos alunos em interagir com os colegas e a falta de infraestrutura adequada são exemplos das barreiras que professores enfrentaram ao tentarem modificar suas práticas (HENDERSON; DANCY, 2007, 2005, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; SMITH, 2012). O artigo de Henderson et al. (2015) categoriza tais barreiras como “obstáculos estruturais”, que a nosso ver consegue captar a essência da prática docente como um sistema complexo. Na seção 6 da presente tese, apresentamos um estudo empírico acerca da difusão de inovações em uma universidade pública brasileira. Nesse estudo identificamos as normas sociais estabelecidas, elencando quais se configuraram como barreiras para a adoção e difusão das inovações didáticas.

Uma das visões criticadas pela literatura é a do professor como reproduzidor de receitas pré-estabelecidas pelos especialistas. Tal concepção vê o professor como um agente passivo no estabelecimento de sua prática, que incorpora métodos de ensino tal qual foram desenvolvidos. O estudo realizado por Henderson e Dancy (2008) identificou diferentes expectativas entre professores e desenvolvedores de novas propostas de ensino. Os pesquisadores, ao desenvolverem e pesquisarem novas práticas, recomendam que os professores as adotem com certo grau de fidedignidade. Inversamente, os professores que se engajam na tarefa de modificar suas práticas realizam transformações nos materiais desenvolvidos pelos pesquisadores, buscando maior apropriação para seus contextos e crenças. Em nossa concepção, tais diferenças têm origem na concepção de que existe uma divisão de papéis entre aqueles que assumem as funções intelectuais de produção de inovações, e aqueles que apenas são designados à aplicação das mesmas. Essa divisão de papéis produziu, no campo da pesquisa pedagógica, uma visão ingênua de que os professores são receptores passivos de um saber construído pelos especialistas (CONTRERAS, 2012). Como caminho a ser trilhado, compartilhamos das recomendações de Henderson e Dancy (2008), que balizam a importância: de um relacionamento mais próximo e amistoso entre professores e pesquisadores; do desenvolvimento de matérias passíveis de modificações; e da apresentação dos fundamentos que subsidiam os métodos desenvolvidos.

Para que novas práticas de ensino sejam incorporadas, e tenham sua continuidade, alguns artigos, abarcados em nossa revisão, se propuseram a avaliar os impactos das chamadas estratégias de mudança (CHASTEEN et al., 2015; DANCY; HENDERSON, 2012; HENDERSON;

BEACH; FAMIANO, 2009; WIEMAN; DESLAURIERS; GILLEY, 2013). A importância das relações pessoais é consenso em todas as estratégias investigadas. Nos conceitos da TDI (ROGERS, 2003), os principais canais de comunicação utilizados por tais estratégias são os *canais de comunicação interpessoais*, que possibilitam maior eficiência no processo de persuasão de indivíduos para adotar uma nova ideia.

Em resumo, por meio de nossa revisão pudemos ter uma visão ampla do estado da arte referente à adoção e difusão de inovações didáticas. Os resultados encontrados, bem como o baixo número de publicações (N=24), demonstram a importância de investigação nessa temática, principalmente por contribuírem para a discussão da necessária reforma do ensino universitário. Outros dois apontamentos são pertinentes nesse momento. A TDI é o referencial teórico mais adotado, sendo utilizado em seis dos artigos expostos, o que nos leva a acreditar que esse seja um referencial adequado para a concepção e fundamentação de nossa pesquisa. Além disso, o fato de não termos encontrado publicações nessa temática em português, reforça a importância de nossa pesquisa no contexto do ensino de Física universitária brasileira. Ao encontro destes argumentos, a adoção da TDI no primeiro estudo exploratório desta tese se mostrou profícua, o que também incentivou a continuidade de seu uso como referencial teórico nos estudos posteriores.

2.2 Método interativo de ensino Instrução pelos Colegas – IpC

2.2.1 Justificativa

A revisão sistemática dos artigos referentes ao Instrução pelos Colegas (IpC) teve início com a realização de uma Dissertação de Mestrado (MÜLLER, 2013), quando passamos a ter contato com as temáticas investigadas acerca desse método. Um dos resultados mais relevantes encontrados nessa revisão foi o reduzido número de publicações cujo objeto de análise eram os professores (e.g. crenças e atitudes dos professores acerca do IpC). Ficará evidente, ao apresentarmos os resultados finais de nossa revisão, que existe uma grande concentração de investigações sobre os impactos do IpC na aprendizagem dos estudantes. Evidentemente, não desmerecemos a importância de tais pesquisas, as quais revelam resultados positivos da adoção do IpC como método de ensino. Todavia, assim como algumas das pesquisas apresentadas na Seção 2.1, indagávamo-nos os motivos que, mesmo possuindo resultados claramente auspiciosos, tal método de ensino ainda era pouco adotado por professores universitários no Brasil. A partir desses questionamentos, tomamos conhecimento dos trabalhos desenvolvidos por Henderson e colaboradores (ver Seção 2.1.4.2) e delimitamos nossos problemas de pesquisa.

Além do aspecto cronológico, exposto anteriormente, examinarmos com profundidade a literatura referente ao IpC é relevante pois nos possibilita contrastar os resultados de uma de nossas linhas de investigação, que será apresentada no segundo estudo empírico, com os obtidos por outros pesquisadores, em diferentes contextos. Conhecer, portanto, os resultados dessas

pesquisas, nos permite traçar reflexões acerca da transposição do IpC, criado em Harvard, para universidades públicas brasileiras.

2.2.2 Escopo da revisão

O levantamento dos artigos abarcados por esta revisão da literatura inclui pesquisas publicadas em revistas entre os anos de 1991 e 2015, e foi realizado recorrendo a duas bases de dados internacionais: *Social Sciences Citation Index* (SSCI) (por meio da plataforma *Web of Science*) e *Education Resources Information Center* (ERIC). A busca dos artigos foi estendida a periódicos específicos¹⁰, classificados nos extratos A1 (19 periódicos), A2 (23 periódicos) e B1 (80 periódicos) na área de Ensino, da plataforma Sucupira (Qualis 2014). Na sequência, descrevemos os critérios utilizados, culminando na exclusão de alguns artigos e inclusão de outros.

No banco de dados ERIC, usamos como filtro no campo de busca o termo “Peer Instruction” contido em artigos em revistas com revisão pelos pares. Resultaram 198 artigos, dos quais 24 foram publicados antes de 1991 e por isso foram excluídos. Os 174 itens encontrados tiveram seus títulos e *abstracts* revisados manualmente em busca da palavra chave “Peer Instruction”, bem como de indícios de que o artigo tratava de uma pesquisa sobre o método. Dos 174 artigos, 94 não continham o termo “Peer Instruction” no título ou no *abstract*, um não era artigo de pesquisa e não tinha relação com IpC e 16 artigos apresentavam o termo “Peer Instruction” como referência à interação entre os estudantes (*peer teaching*, *peer tutors*, *peer-to-peer instruction*) em estratégias didáticas interativas, mas não ao método IpC especificadamente. Os 64 artigos restantes foram lidos integralmente.

Na base de dados SSCI, por meio da plataforma *Web of Science*, usamos como filtro o termo “Peer Instruction” no campo de tópico ou no título, contido em artigos publicados entre os anos de 1991 e 2015. Usamos, então, os filtros “articles” (n=131) em “document type” e “english” (n=130) em “language”. Os 130 itens encontrados tiveram seus títulos e *abstracts* revisados manualmente em busca da palavra chave “Peer Instruction”, bem como de indícios de que o artigo tratava de uma pesquisa sobre o método. Após a leitura dos *abstracts*, 50 foram excluídos por não conterem o termo “Peer Instruction”, e 30 não foram identificados como pesquisas relacionadas ao método, pois utilizavam o termo “Peer Instruction” como referência à interação entre os estudantes (*peer teaching*, *peer tutors*, *peer-to-peer instruction*) e não ao método IpC especificadamente; totalizando, dessa forma, 50 artigos que foram lidos integralmente. O total de artigos, obtidos por meio das plataformas SSCI e ERIC, lidos integralmente, foi de 87 (haja vista que 27 artigos foram encontrados em ambas as plataformas de busca), sendo que desses, 19 foram excluídos, pois tratavam de pesquisa que: apenas citavam o IpC (BERRETT, 2012; CLYDE et al., 2014; IMMERWAHR, 2009; PRATHER; BRISSENDEN, 2009); abordavam estratégias didáticas que se baseiam na filosofia do “*peer teaching*” (BLOODGOOD, 2012; BODEMER, 2014; GOLDE;

¹⁰ A revisão foi realizada apenas nos periódicos disponíveis *on-line*.

MCCREARY; KOESKE, 2006; JACQUES-FRICKE, BRIDGET T. HUBERT; MILLER, 2009; SORENSEN et al., 2006; SZLACHTA, 2013; VÁZQUEZ et al., 2012); e relatavam uso de sistemas de votação ou sistemas para apresentação de questões conceituais (LEE et al., 2013; WILKERSON; GRISWOLD; SIMON, 2005; WOELK, 2008). Além disso, outros dois artigos não foram encontrados por meio de meios eletrônicos para a leitura.

Nos periódicos classificados nos extratos A1, A2 e B1 na área de Ensino, utilizamos como filtro os termos “Peer Instruction”, “Instrução pelos Colegas”, “Instrução pelos Pares” e “Instrucción pelos colegas” e “Instrucción por Pares”. Por meio das buscas, encontramos um total de 13 artigos que se enquadraram no escopo de nossa revisão; destes, oito foram encontrados por meio da busca nas bases de dados e um é um artigo de divulgação do IpC (ARAUJO; MAZUR, 2013). Por conseguinte, nossa revisão abarca o número total de 72 artigos de pesquisa sobre o IpC.

Optamos, nessa seção, por sintetizar nossos resultados respondendo às seguintes questões:

- i. *Aplicações do IpC têm sido investigadas em quais contextos de ensino (nível de ensino, país, área de ensino e disciplinas)?*
- ii. *Que impactos na aprendizagem dos estudantes são atribuídos ao IpC nas pesquisas?*
- iii. *Quais são os resultados instrucionais da implementação do IpC em termos das: a) atitudes dos professores em relação ao método? b) variações/modificações feitas na estrutura original do método?*

Na sequência, passamos a apresentar os resultados encontrados.

2.2.3 Aplicações do IpC têm sido investigadas em quais contextos de ensino (nível de ensino, país, área de ensino e disciplinas)?

Os artigos compreendidos nesta revisão referem-se a estudos em diferentes níveis de ensino, a saber: Ensino Médio (n=5), Universidade do tipo “College” (n=7), Universidade (n=57) e Ensino Médio e Universidade (n=1). Os artigos de Vickrey et al. (VICKREY et al., 2015) e Araujo e Mazur (ARAUJO; MAZUR, 2013) não foram contabilizados por se tratarem de um trabalho de revisão da literatura e de divulgação, respectivamente. Há enorme predomínio no número de publicações cujo contexto de pesquisa é a universidade (aproximadamente 90%). A grande predominância de publicações no Ensino Superior pode ser interpretada de algumas maneiras. Em primeiro lugar, muitas pesquisas são realizadas onde os grupos de pesquisa em ensino estão situados. Dessa forma, o ambiente foco de pesquisa acaba sendo a instituição de nível superior. Além disso, as universidades enfrentam muitos problemas relacionados ao baixo nível de compreensão dos estudantes, ao índice de reprovação nas disciplinas introdutórias e à baixa motivação dos estudantes em aprender os conteúdos do curso. Adotar, portanto, novos métodos de ensino, bem como compreender suas respectivas eficiências, é de extrema importância.

Incontestavelmente, a Educação Básica também é afetada por problemas similares aos do Ensino Superior, especialmente no que se refere à motivação dos estudantes em aprenderem os conteúdos abordados em sala de aula. Frente ao reduzido número de publicações, pesquisar os impactos do IpC em ambientes formais de ensino básico é, portanto, uma linha de pesquisa promissora e necessária.

Em relação aos países em que essas pesquisas foram realizadas, conforme pode ser visto na Figura 1 há uma notória concentração de trabalhos na América do Norte, especificamente nos Estados Unidos da América (n=36), Canadá (n=5) e Estados Unidos e Canadá (n=1). O total de 42 artigos na América do Norte é superior à soma de todos os outros continentes juntos. Na África encontramos apenas um artigo (OUKO; AURAH; AMADALO, 2015). Apesar dessa grande diferença no número de publicações, verifica-se que há um movimento de pesquisadores na busca de resultados da implementação do IpC em contextos diferentes das universidades americanas, em que foi criado.

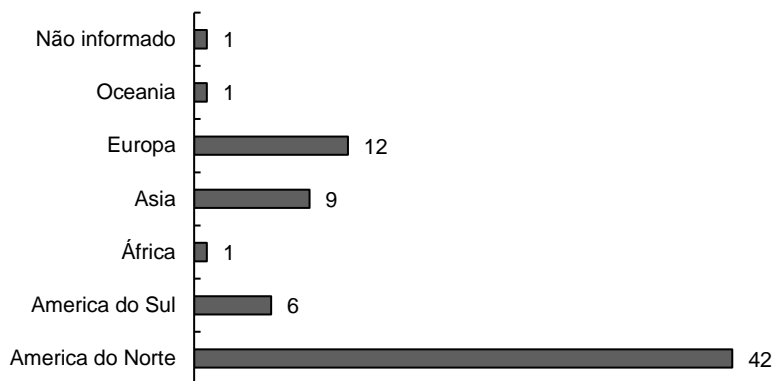


Figura 1 – Distribuição de publicações por continente

As áreas do conhecimento na qual os artigos foram desenvolvidos encontram-se na Figura 2. Nota-se uma predominância de artigos publicados na área de STEM¹¹, com aproximadamente 85% dos artigos¹². Dentro da grande área STEM, a Física, com 31 artigos, é a disciplina em que o IpC foi mais investigado, seguido pela Matemática (n=7) e pela Engenharia (n=7). Novamente, percebemos que o IpC foi mais investigado na disciplina em que foi criado, a Física, apesar de que acabou se estendendo à toda grande área STEM.

¹¹ A sigla STEM é um acrônimo para as disciplinas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*). Os cursos da grande área STEM incluem, entre outros, Física, Astronomia, Química, Biologia, Engenharias, Ciência da Computação e Matemática.

¹² Aqui também não foram categorizados os artigos de Vickrey et al. (VICKREY et al., 2015) e Araujo e Mazur (ARAUJO; MAZUR, 2013).

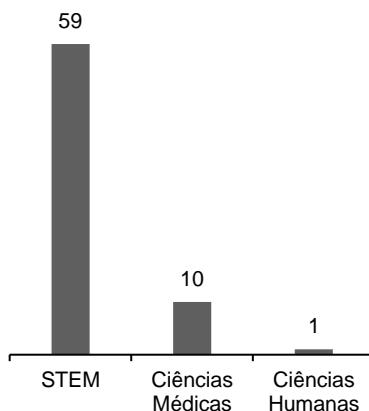


Figura 2 – Distribuição de publicações por área do conhecimento.

2.2.4 Que impactos na aprendizagem dos estudantes são atribuídos ao IpC nas pesquisas?

Para respondermos essa questão, abordaremos estudos sobre os impactos, proporcionados pela adoção do IpC, na aprendizagem conceitual, na resolução de problemas, em diferentes gêneros e etnias, desempenho nas disciplinas, crenças, atitudes e motivação dos estudantes, bem como na retenção dos estudantes (nas disciplinas e nos cursos). Pesquisas cujo objetivo era compreender a importância dos elementos que constituem a estrutura do IpC também são apresentadas nessa seção.

2.2.4.1 Aprendizagem Conceitual

Grande porção dos artigos ($n=36$) publicados sobre a adoção do IpC possuía objetivos e/ou questões de pesquisa intimamente ligadas à análise do impacto na aprendizagem conceitual dos estudantes, apesar de não haver, em muitos casos, clareza quanto à acepção atribuída ao termo “aprendizagem conceitual”. Categorizamos, nesta seção, todos os artigos que avaliaram a aprendizagem dos estudantes por meio de questionários padronizados, questões conceituais utilizadas durante as aulas, ou até mesmo testes desenvolvidos pelos próprios autores.

Optamos por agrupar os artigos por área de conhecimento, STEM, Ciências Médicas, Ciências Humanas, e, dentro de cada uma dessas áreas, agrupamos pelos instrumentos de coleta de dados utilizados.

- **STEM**

Aproximadamente 50% dos artigos ($n=31$) da grande área STEM ($n=59$) tiveram como objetivo investigar os impactos, proporcionados pela adoção do IpC, na aprendizagem conceitual dos estudantes, cuja melhoria é vista como um dos principais resultados de sua implementação. Frequentemente, o IpC é comparado às aulas tradicionais e, a subsequente avaliação da aprendizagem se dá por meio de testes padronizados (e.g. *Force Concept Inventory – FCI* (HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992), *Conceptual Survey in Electricity and Magnetism –*

CSEM (MALONEY et al., 2001), *Geoscience Concept Inventory* – GCI (LIBARKIN; ANDERSON, 2005)). Em algumas ocasiões, outros instrumentos, tais como testes construídos pelos pesquisadores e questões conceituais utilizadas durante as aulas, são empregados para subsidiar as investigações.

A metodologia de pesquisa empregada inclui análises quantitativas em todos os artigos. Usualmente, o delineamento experimental envolve um grupo de controle (aulas tradicionais) e um grupo experimental (IpC ou modificação). Em alguns estudos, um teste padronizado é aplicado antes e depois da implementação do IpC (CROUCH; MAZUR, 2001; GOK, 2012b; LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008; LENAERTS; WIEME; ZELE, 2003; RUDOLPH et al., 2014). Nesses casos, o tratamento dos dados se dá por meio de testes de comparação (e.g. *independent t-test*, ANOVA, *Wilcoxon test*) para avaliar se há diferenças estatisticamente significativas entre o grupo experimental e o grupo de controle, correlações entre o desempenho no teste padronizado e outras variáveis independentes (e.g. quantidade de horas dedicadas pelo estudante para estudar) (RUDOLPH et al., 2014), etc. Outra técnica muito utilizada é o cálculo do ganho normalizado definido por Richard R. Hake (1998), como

$$g = \frac{\%pós - \%pré}{100\% - \%pré} , \quad \text{Eq.1}$$

onde *%pré* corresponde ao escore obtido no teste antes da implementação e *%pós*, após a implementação.

O ganho normalizado mede a melhora no escore do estudante em um teste, levando em consideração seu próprio desempenho na primeira e na segunda aplicação do teste. O numerador da equação (1) corresponde ao ganho efetivo obtido pelo estudante; o denominador, à melhora máxima possível de ser alcançada por aquele estudante. O valor de *g* pode variar entre 0 e 1 (ou entre 0% e 100%), sendo que resultados mais próximos de 1 correspondem a uma melhora mais acentuada. Os resultados negativos, obtidos quando o estudante apresenta um escore superior na primeira aplicação do teste, são desconsiderados da análise. O ganho normalizado também pode ser calculado com os escores dos Testes Conceituais; nesse caso, o numerador da equação (1) é determinado pela diferença entre a percentagem de acertos após e antes da discussão entre os colegas. O denominador corresponde, portanto, a máxima melhora na percentagem de acertos para a questão conceitual.

Testes envolvendo questões conceituais

Devido à ausência de testes padronizados para determinados conteúdos e disciplinas, uma parcela dos pesquisadores avalia a aprendizagem dos estudantes por meio da aplicação de testes construídos especialmente para sua pesquisa (COX; JUNKIN, 2002; JONES; ANTONENKO; GREENWOOD, 2012; MORICE et al., 2015; OUKO; AURAH; AMADALO, 2015; PILZER, 2001; SCHMIDT, 2011; VAN DIJK; VAN DER BERG; VAN KEULEN, 2001; ZHU; SINGH, 2012).

Os estudos de Van Dijk et al. (2001) e Schmidt (2011), conduzidos em disciplinas para estudantes de Engenharia, mostram que o IpC proporcionou uma melhora na aprendizagem

conceitual de conceitos de Mecânica e Dinâmica, respectivamente. Em específico, Van Dijk et al. (2001) compararam o desempenho dos estudantes em três situações distintas: aulas tradicionais; com o IpC; e uso de sistemas de votação (sem IpC). Na análise do pré-teste não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Os resultados do pós-teste indicam que os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram um escore superior no teste, sendo a diferença nos escores estatisticamente significativa com $p=0,025$ (tradicional: $4,82\pm 1,5$; sistema de votação: $4,00\pm 1,71$; IpC: $5,23\pm 1,31$). Já Schmidt (2011) comparou a aprendizagem conceitual dos estudantes que tiveram aulas com o IpC (grupo experimental) com uma turma de controle (ensino tradicional). A análise estatística do pré-teste mostrou que as duas turmas em que o IpC foi adotado e a turma de controle (que teve aulas tradicionais) não possuíam diferenças estatísticas de conhecimento prévio. O ganho normalizado das duas turmas experimentais foi superior ao da turma de controle ($\langle g \rangle_{IpC-1}=0,46$; $\langle g \rangle_{IpC-2}=0,59$; $\langle g \rangle_{Controle}=0,36$)¹³.

A melhora na aprendizagem conceitual dos estudantes, medida com testes desenvolvidos pelos pesquisadores, também foi encontrada em cursos de Biologia (JONES; ANTONENKO; GREENWOOD, 2012), Matemática (OUKO; AURAH; AMADALO, 2015; PILZER, 2001), Física (COX; JUNKIN, 2002; ZHU; SINGH, 2012) e Química (MORICE et al., 2015). Um resultado interessante foi obtido por Jones et al. (2012), que mostraram que o IpC ampliou a capacidade de estudantes de um curso de Entomologia em aplicar o conhecimento conceitual a situações do mundo real. Em termos do desempenho dos estudantes nos testes aplicados, Pizer (2001), Cox e Junkin (2002), Zhu e Singh (2012), Morice et al. (MORICE et al., 2015) e Ouko et al. (OUKO; AURAH; AMADALO, 2015) dão evidências que os estudantes que tiveram aulas com o IpC tendem a obter um escore superior na segunda aplicação do teste (pós-teste), em comparação com os escores de estudantes com aulas tradicionais.

Testes Conceituais

Testes Conceituais foram utilizados como fonte de evidências dos impactos proporcionado pela adoção do IpC em uma parcela dos trabalhos encontrados nesta revisão ($n=9$). Para mensurar a influência da discussão entre os colegas na aprendizagem dos estudantes, as pesquisas avaliam diferentes aspectos: a qualidade das justificativas para os Testes Conceituais, a convergência para a resposta correta, o ganho normalizado para os Testes Conceituais, e o desempenho em questões isomórficas. Passamos a discutir os resultados referentes a cada um desses aspectos.

Brook e Koretsky (2011) e Koretsky e Brooks (2011), em estudos realizados em turmas de Química e Engenharia Química, respectivamente, mostram que a qualidade das explicações para as respostas melhora após a interação entre colegas. Outro elemento de destaque, encontrado por Brook e Koretsky (2011), é um aumento no nível de confiança dos estudantes em

¹³ Quando na cotação dos resultados obtidos não informamos os desvios padrão dos valores médios obtidos é porque os autores dos artigos não os informam.

relação às suas respostas, após a etapa de interação com os colegas. O nível de confiança dos estudantes foi medido por meio de uma escala tipo *Likert* que variava entre 1 (substancialmente inseguro) a 5 (substancialmente seguro). Em cada rodada de votação, os estudantes deviam optar pela resposta que julgavam correta e pelo grau de confiança que possuíam em relação a sua resposta.

A convergência para resposta correta, após a etapa de discussão entre os colegas, é outra evidência amplamente divulgada como um dos pilares do IpC. Como é bem sabido, no IpC após a primeira rodada de votações, caso haja uma dispersão nas respostas, o professor sugere que os estudantes encontrem colegas que optaram por respostas diferentes das suas para discutir acerca da questão. Os resultados indicam que frequentemente os estudantes, ao interagirem uns com os outros, acabam por encontrar a resposta correta para o Teste Conceitual sem que haja, necessariamente, uma intervenção do professor (BROOKS; KORETSKY, 2011; CROUCH; MAZUR, 2001; LEE; GARCIA; PORTER, 2013; LUCAS, 2009; MORGAN; WAKEFIELD, 2012; RELLING; GIULIODORI, 2015).

Outra análise conduzida com a distribuição de acertos e erros dos estudantes nas duas etapas de votação é o ganho normalizado. Lee et al. (2013), ao investigarem a eficácia da adoção do IpC em seis disciplinas de cursos da Ciência da Computação, duas de Arquitetura de Computadores e quatro de Teoria da Computação, mostraram que a aprendizagem conceitual foi intensificada devido à etapa de discussão entre os colegas, com ganhos normalizados entre 34% e 45% (média de 39%). Michinov et al. (2015) avaliaram uma modificação do IpC que incluía a técnica denominada “*stepladder*”, com a versão clássica do IpC e instrução individual (os estudantes respondiam aos Testes Conceituais de maneira individual), em uma disciplina de Química para alunos do curso de Engenharia Química. Os alunos que tiveram aulas com a versão modificada do IpC obtiveram um ganho normalizado para os Testes Conceituais, classificados como difíceis, superior aos outros dois grupos (versão modificada $\langle g \rangle = 0,80 \pm 0,29$; versão clássica $\langle g \rangle = 0,53 \pm 0,31$; individual $\langle g \rangle = 0,23 \pm 0,33$).

A aprendizagem dos estudantes também foi aferida com a aplicação de questões denominadas “isomórficas¹⁴”. Nesta revisão, verificamos que Zingaro e Porter (2014), inspirados em Porter et al. (2011) e Smith et al. (2009), buscaram avaliar a aprendizagem dos estudantes em uma disciplina de introdução à computação por meio da análise das respostas a questões isomórficas com e sem a intervenção do professor. A intervenção do professor ocorreu antes de os estudantes responderem às questões isomórficas, diferenciando-se, dessa forma, dos trabalhos de Porter et al. (2011) e de Smith et al. (2009). Os autores argumentam que o papel do professor é extremamente fundamental para a boa compreensão dos conceitos envolvidos nas questões conceituais. Os estudantes que após a segunda rodada de votação receberam uma explicação do

¹⁴ Questões Isomórficas são questões conceituais que apresentam situações diferentes mas abordam o mesmo conceito (SMITH et al., 2009).

professor acerca da questão, tiveram um desempenho superior aos estudantes que não tiveram a intervenção do professor (84% de acertos vs. 76% de acertos, respectivamente). Tal resultado foi mais expressivo em questões que os autores avaliaram como difíceis.

Testes Padronizados

Testes Padronizados se constituíram na fonte de dados mais frequente em publicações da área STEM, representando um total de 14 publicações. De maneira geral, as pesquisas que utilizaram testes padronizados avaliaram os impactos na aprendizagem dos estudantes que tiveram aulas com o IpC (turma experimental) em comparação com estudantes que tiveram aulas tradicionais (turma de controle).

Crouch e Mazur (2001), de Barros et al. (2004), Lasry et al. (2008) e Rudolph et al. (2014) realizaram pesquisas em disciplinas introdutórias de Física, que abordam tópicos de Mecânica. Por meio da aplicação do teste padronizado *Force Concept Inventory* (FCI) (HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992), no formato de pré-teste/pós-teste, as investigações de Crouch e Mazur (2001) (realizadas em uma universidade de ponta) e Lasry et al. (2008) (realizado em uma universidade do tipo *two-year college*) encontraram desempenho superior, em termos do ganho normalizado, dos estudantes que tiveram aulas com IpC, em comparação aos grupos de controle. Esse resultado também foi encontrado por de Barros et al. (2004), em estudo realizado em uma universidade brasileira. Já Rudolph et al. (2014) não encontraram diferenças estatísticas entre o grupo experimental e o grupo de controle na versão completa do FCI. No entanto, ao avaliar apenas as questões que versavam sobre os conceitos trabalhados durante o estudo, os autores encontraram um ganho normalizado superior para o grupo experimental.

A aprendizagem de conceitos de Eletromagnetismo e Magnetismo foi avaliada por Meltzer e Manivannan (2002), Lenaerts et al. (2003), Gok (2012b) e Rudolph et al. (RUDOLPH et al., 2014). Como fonte de dados, foram utilizados os testes padronizados *Magnetism Concept Inventory* (MCI) (MALONEY et al., 2001), *Conceptual Survey in Electricity* (CSE) (MALONEY et al., 2001) e *Conceptual Survey in Electricity and Magnetism* (CSEM) (MALONEY et al., 2001). Gok (2012b) e Rudolph et al. (2014) mostram que os estudantes que tiveram aulas com o IpC obtiveram ganhos normalizados superiores, em comparação aos estudantes dos grupos de controle, no teste CSEM. Também Lenaerts et al. (2003), por meio da análise do ganho normalizado dos escores do MCI, concluíram que os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram uma aprendizagem superior dos conceitos tratados na disciplina (grupo experimental: $\langle g \rangle = 0,59 \pm 0,10$; grupo de controle: $\langle g \rangle = 0,39 \pm 0,08$). Meltzer e Manivannan (2002) utilizaram dois testes padronizados, o CSE e o CSEM (apenas questões sobre eletricidade), e um teste sobre circuitos elétricos (retirados de Shaffer e McDermott (1992a; 1992b)). Os resultados com ambos os testes padronizados mostram que os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram ganhos normalizados superiores aos que tiveram aulas tradicionais (CSE – grupos de controle: $\langle g \rangle = 0,46$ e $\langle g \rangle = 0,53$; CSE – grupos experimentais: ganhos entre $\langle g \rangle = 0,64$ e $\langle g \rangle = 0,69$; CSEM – grupos experimentais: $\langle g \rangle = 0,22$;

CSEM – grupos experimentais: ganho entre $\langle g \rangle = 0,64$ e $\langle g \rangle = 0,71$). Os estudantes das turmas em que o IpC foi adotado também tiveram um desempenho satisfatório no teste sobre circuitos elétricos, quando comparados aos resultados de Shaffer e McDermott (1992b).

Cox e Junkin (2002) buscaram investigar o impacto da adoção de uma versão modificada do IpC na aprendizagem de conceitos de Ótica e Cinemática em turmas de laboratório de Física. A principal mudança feita na estrutura do método foi a etapa de votação, em que os alunos votavam em grupo, e não individualmente como originalmente proposto por Mazur (MAZUR, 1997). Analisando os resultados da aplicação de uma versão reduzida do “*Force and Motion Conceptual Evaluation*” (FMCE) (apenas oito questões), os autores concluíram que o IpC é um método eficiente para a aprendizagem de conceitos de Física em aulas de laboratório. Os resultados mostram que o ganho normalizado médio da turma de controle ($\langle g \rangle = 0,25$), no FMCE, foi inferior ao da turma experimental ($\langle g \rangle = 0,5$).

Algumas investigações avaliaram o impacto, na aprendizagem dos estudantes, do uso conjunto do IpC com outros métodos interativos. Busch (2010) avaliou a aprendizagem de conceitos de Mecânica, em uma disciplina que aborda diversos conceitos relacionados às Ciências Ambientais, de estudantes que tiveram aulas com o uso conjunto do IpC o SCALE-UP (BEICHNER et al., 2007) e o *Just-in-time Teaching* (NOVAK, 1999). O ganho normalizado no FCI obtido pela turma experimental foi superior ao da turma de controle ($\langle g \rangle = 0,40$ vs. $\langle g \rangle = 0,25$)

O uso em conjunto do IpC com o método denominado *Lectures Tutorials* (LT) foi investigado por Gray e Steer (2008). Ao analisarem os escores obtidos pelos estudantes no teste padronizado *Geoscience Concept Inventory* (GCI) (LIBARKIN; ANDERSON, 2005), os autores concluíram que o uso do IpC combinado com o LT não promove ganhos estatisticamente significativos na aprendizagem de conceitos de geociências quando comparados ao uso exclusivo do LT. Contudo, os estudantes que tiveram aulas com o uso combinado dos métodos tiveram um escore no pós-teste superior ao grupo que utilizou apenas os LT ($42,7\% \pm 2,8$ vs. $39,9\% \pm 2,4$)

Cahyadi (2004) avaliou o uso do IpC combinado com outros métodos interativos (*active learning problems sets, constructivist classroom dialogue; demonstrations*) em uma disciplina introdutória de Física para dois cursos de engenharia em uma universidade na Indonésia. A análise do ganho normalizado mostrou que as duas turmas em que o IpC foi adotado em conjunto com outros métodos interativos tiveram um ganho normalizado superior a três das quatro turmas em que aulas tradicionais foram ministradas ($\langle g \rangle = 0,45$ e $\langle g \rangle = 0,31$ vs. $\langle g \rangle = 0,17$, $\langle g \rangle = 0,12$, $\langle g \rangle = 0,31$). Em uma das turmas com aulas tradicionais o ganho normalizado foi superior ($\langle g \rangle = 0,50$), mas o instrutor admitiu ter “ensinado os estudantes para o teste”.

Os impactos na aprendizagem conceitual dos estudantes proporcionados pelo IpC também foram contrastados com outros métodos interativos de ensino. Kalman et al. (2010) buscaram avaliar a eficiência do IpC em comparação com o método denominado Grupos Colaborativos em uma disciplina introdutória de Física. Não houve diferenças estatisticamente

significativas entre o uso dos dois métodos de acordo com a análise dos escores obtidos pelos estudantes no FCI, usado como pré e pós teste.

Nessa mesma linha de investigação, Keiner e Burns (2010) analisaram a adoção de dois métodos interativos, o IpC e o SCALE-UP (BEICHNER et al., 2007), em turmas de Física de uma universidade americana. A adoção de ambos os métodos foi comparada com uma turma de controle, com aulas tradicionais. O FCI foi utilizado como pré-teste e pós-teste. Os resultados obtidos pela turma de controle foram comparados com os resultados de quatro turmas em que o IpC foi empregado, bem como com sete turmas em que o SCALE-UP foi adotado. A análise dos escores no FCI obtidos pelos estudantes mostram que ambos os métodos interativos são mais eficientes que a abordagem tradicional, sendo o ganho normalizado médio da turma de controle de $\langle g \rangle = 0,18$ e das turmas experimentais $\langle g \rangle = 0,24$ (IpC) e $\langle g \rangle = 0,36$ (SCALE-UP).

- **Ciências Médicas**

A aprendizagem conceitual também foi tema de pesquisa na área de Ciências Médicas. Rao e DiCarlo (2000) avaliaram o impacto da interação entre os colegas no desempenho de estudantes em questões conceituais em um curso de Fisiologia para estudantes de Medicina. As questões respondidas pelos estudantes foram categorizadas em: revisão; compreensão, aplicação e habilidades analíticas; e habilidades de síntese e avaliação. Nas três categorias ocorreu um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) no escore dos estudantes após a discussão entre os colegas (revisão: de $94,0 \pm 1,8$ para $99,4 \pm 0,4$; compreensão, aplicação e habilidades analíticas: de $82,5 \pm 6$ para $99,1 \pm 0,9$; habilidades de síntese e avaliação: $73,6 \pm 11,6$ para $99,8 \pm 0,24$).

Nessa mesma linha de investigação, a pesquisa conduzida por Cortright et al. (2005) avaliou a aprendizagem conceitual dos estudantes de um curso de Fisiologia do Exercício em uma universidade americana, por meio de Testes Conceituais utilizados em aula. O grupo dos estudantes que respondeu às questões conceituais e interagiram com os colegas, conforme a estrutura do IpC sugere, teve um desempenho superior. Sem o IpC, os estudantes responderam corretamente em 44 ± 5 do tempo. Já os estudantes que tiveram o IpC, responderam corretamente 59 ± 6 do tempo, sendo a diferença entre os grupos estatisticamente significativa com $p = 0,02$.

Por outro lado, Petersen et al. (2014) focaram a aprendizagem do diagnóstico de distúrbios ácido-base por meio da análise de gás do sangue arterial. Os autores encontraram resultados positivos tanto para o grupo experimental (IpC) como para o grupo de controle (atividades colaborativas em grupo), revelando que ambos os métodos podem contribuir para a aprendizagem dos estudantes. Passados dois anos desse estudo, Hartmann et al. (2015) avaliaram a retenção e o grau de confiança dos estudantes acerca dos mesmos conteúdos investigados por Petersen et al. (2014). Os autores (HARTMANN; TOKSVANG; BERG, 2015) concluíram que os estudantes que tiveram aulas com atividades colaborativas e com o IpC

obtiveram uma percentagem de retenção maior que estudantes de um grupo de controle, que tiveram aulas tradicionais.

Schuller et al. (2015) avaliaram a aprendizagem conceitual de estudantes residentes em cirurgia geral de uma universidade americana por meio de Testes Conceituais aplicados em sessões de revisão do conteúdo. Os autores compararam os resultados entre os estudantes que tiveram aulas com a combinação entre IpC e EsM, com os estudantes que tiveram aulas tradicionais. Os resultados encontrados mostram que os estudantes que tiveram aula com o IpC e o JiTT obtiveram um índice de acertos superior ($p < 0.01$) ao restante dos estudantes.

- **Humanas**

Entre os artigos abarcados por esta revisão, apenas a pesquisa de Butchart et al. (2009) investigou os impactos na aprendizagem conceitual de estudantes na grande área de conhecimento Ciências Humanas, na aprendizagem de estudantes de Filosofia por meio do teste padronizado *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST) (PIKE, 1997). Os estudantes que tiveram aulas com o IpC obtiveram um ganho estatisticamente significativo nos escores do CCTST ($17,23\% \pm 8,5$), em comparação aos estudantes que tiveram aulas tradicionais ($7,9\% \pm 5,5$). Esses resultados foram também suportados pelas atitudes positivas dos estudantes em relação à contribuição do IpC para a compreensão dos conceitos abordados na disciplina.

2.2.4.2 *Resolução de Problemas*

Apesar do grande destaque dado aos impactos do IpC na aprendizagem conceitual dos estudantes, também é amplamente discutida na literatura a contribuição do IpC na habilidade de resolução de problemas. Usualmente, o ensino tradicional acaba por dar grande atenção à resolução de problemas quantitativos durante as aulas, sendo os problemas “mais relevantes” tratados de maneira minuciosa pelo professor. Pela tradição, pode-se ter a impressão que essa é a maneira mais adequada para que os estudantes desenvolvam habilidades de resolução de problemas. Sendo assim, à primeira vista, a estrutura do IpC, por focar a atenção dos estudantes na compreensão de conceitos, não favorece a construção de habilidades dos estudantes na resolução problemas quantitativos.

Localizamos, no total, oito estudos sobre a contribuição do IpC no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas quantitativos e qualitativos. Alguns deles focam na resolução de problemas de Mecânica (CAHYADI, 2004; CROUCH; MAZUR, 2001; GOK, 2013; LASRY; MAZUR; WATKINS, 2008), de Fisiologia (CORTRIGHT; COLLINS; DICARLO, 2005; GIULIODORI; LUJAN; DICARLO, 2006) e de Eletricidade (GOK, 2012b; MELTZER; MANIVANNAN, 2002). Como fonte de dados, as pesquisas valeram-se de problemas quantitativos contidos nos exames de final da disciplina, em testes desenvolvidos pelos autores, em um teste padronizado denominado *Mechanics Baseline Test* (MBT) (HESTENES; WELLS, 1992), bem como em problemas resolvidos durante as aulas. Em todos os estudos foram conduzidas análises

quantitativas e, em alguns casos, foram buscadas diferenças estatísticas entre grupos experimentais e de controle.

Os impactos do IpC na performance dos estudantes na resolução de problemas quantitativos de Mecânica foram mensurados por Gok (2013), Lasry et al. (2008), Cahyadi (2004) e Crouch e Mazur (2001), e de Eletricidade por Meltzer e Manivannan (2002). Lasry et al. (2008), em um estudo conduzido em uma universidade do tipo “*two-year college*”, avaliaram o desempenho em resolução de problemas dos estudantes em um teste aplicado ao final do curso. O teste era composto por 90% de problemas quantitativos de Mecânica. Os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram um escore de 68% de acertos, já os estudantes que tiveram aulas tradicionais obtiveram um escore de 63% de acertos. Apesar da disparidade entre os resultados, segundo os autores, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os escores. Crouch e Mazur (2001) por meio da aplicação do MBT (HESTENES; WELLS, 1992) ao final de disciplinas introdutórias de Física, investigaram a adoção do IpC durante 10 anos em Harvard. Os estudantes das turmas em que o IpC foi utilizado tiveram um escore superior nas questões quantitativas do MBT, variando entre 66% e 73%, que a turma experimental, cujo escore foi de 62%.

Gok (2013), por meio da análise estatística de um teste desenvolvido pelo autor, composto de 20 problemas quantitativos, de múltipla escolha, relacionados com a aplicação das Leis de Newton, mostrou que o grupo experimental (aulas com IpC), obteve um desempenho superior ao grupo de controle (aulas tradicionais), quando comparadas as médias do pós-teste (experimental: 69,07%; controle: 60,57%; $p < 0,05$) e os ganhos normalizados (experimental: $\langle g \rangle = 0,61$; controle: $\langle g \rangle = 0,51$). Meltzer e Manivannan (2002) também reportaram resultados positivos no desenvolvimento de habilidade de resolução de problemas de Eletricidade. Os autores se valeram da análise do desempenho dos estudantes em questões específicas adicionadas ao exame de final de curso. Os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram, em média, um escore 20% superior aos estudantes que tiveram aulas tradicionais. Já Cahyadi (2004), ao analisar os escores de um exame envolvendo problemas quantitativos de Mecânica, não encontrou diferenças significativas entre os estudantes que fizeram uso combinado do IpC com outros métodos interativos de ensino e os estudantes que tiveram aulas tradicionais.

Em relação ao desenvolvimento de habilidades específicas relacionadas ao processo de resolução de problemas, destacamos a pesquisa conduzida por Gok (2012b). Os resultados, obtidos por meio da aplicação de um teste ao final da disciplina, contendo cinco problemas, apontam que os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram um desempenho superior em comparação aos estudantes que tiveram aulas tradicionais. A análise levou em consideração as três etapas de resolução de um problema: (1) identificação do princípio fundamental, (2) resolução e (3) revisão. Em todas as três etapas os estudantes que tiveram aulas com o IpC tiveram um desempenho superior. Gok (2013) desenvolveu uma sequência de questões para investigar a influência da interação entre os estudantes nas habilidades de resolução de problemas. Inspirado

por Gok (2012b), as questões foram subdivididas em três categorias relacionadas com as etapas de resolução de um problema: i. identificando os princípios fundamentais; ii. resolução; iii. verificação. O desempenho dos estudantes após a etapa de discussão entre os colegas foi superior nas três categorias. O grupo de controle também respondeu tais questões durante as aulas de maneira individual (sem interação entre os colegas), e o desempenho dos estudantes foi inferior ao grupo experimental após a etapa de discussão entre os colegas.

Cortright et al. (2005) avaliaram o impacto do IpC na habilidade dos estudantes em resolverem problemas inéditos (“*novel problems*”) em um curso de Fisiologia do Exercício. Os estudantes que interagiram com os colegas durante a etapa de resolução de problemas obtiveram um escore superior aos estudantes que resolveram os problemas no formato tradicional ($47\pm 5\%$ vs. $24\pm 2\%$). A diferença, nesses resultados, foi estatisticamente significativa com $p < 0,05$. Giuliodori et al. (2006), em um estudo desenvolvido em uma disciplina de Fisiologia, buscaram compreender se a habilidade dos estudantes em resolver problemas qualitativos é influenciada pela adoção do IpC. Analisando as respostas dos estudantes a problemas qualitativos de múltipla escolha, os autores puderam avaliar que os estudantes que se engajaram em discussões com os colegas obtiveram um índice de acertos superior aos estudantes que apenas responderam individualmente as mesmas questões ($80,3 \pm 0,4\%$ vs. $59,3 \pm 0,5\%$).

2.2.4.3 Gênero e Etnia

As pesquisas categorizadas nessa seção buscam, de maneira resumida, averiguar possíveis diferenças nas maneiras como os diferentes gêneros e etnias são influenciados pela adoção do IpC. De maneira geral, as investigações não encontraram diferenças entre gêneros e etnias nos impactos proporcionados pelo IpC (MILLER; SANTANA-VEGA; TERRELL, 2006; RICHARDSON; O'SHEA, 2013; STEER et al., 2009). Miller et al. (2006), em uma pesquisa conduzida em 17 pequenas turmas de Cálculo, identificaram que o IpC impacta positivamente no desempenho dos estudantes no exame final da disciplina, independentemente de gênero ou etnia, quando em comparação aos estudantes que tiveram aulas tradicionais.

Steer et al. (2009) mostram que não existem diferenças de gênero nas distribuições das respostas dos estudantes nas duas etapas de votação previstas pela estrutura do IpC. Além disso, a distribuição das respostas incorretas na primeira votação e corretas na segunda votação (categorizadas como incorreta-correta), quando analisada em termos das etnias e gênero, mostra que todos os grupos se beneficiam da interação entre os colegas. Outros resultados encontrados apontam que os estudantes com o maior índice de acertos nos Testes Conceituais, em todos os grupos, tiveram um desempenho superior no pós-teste e na nota final de curso.

Investigação sobre o tempo gasto por homens e mulheres para registrar as suas respostas quando respondem aos Testes Conceituais, antes e após a discussão entre os colegas, foi realizada por Richardson e O'Shea (2013). A análise dos dados coletados em duas turmas de

um curso introdutório de Física não evidenciou diferenças de gênero. De maneira geral, o IpC permitiu que ambos os gêneros respondessem correta e rapidamente, enfatizando, dessa forma, o valor dos métodos ativos para a sala de aula.

2.2.4.4 *Desempenho Acadêmico*

O engajamento proporcionado pelos IpC torna os estudantes mais responsáveis por sua aprendizagem ao longo das disciplinas. Uma das consequências imediatas desse aumento na responsabilidade dos estudantes é a melhora na performance em exames (RAO; DICARLO, 2001), bem como na disciplina como um todo (ARTEAGA; VINKEN, 2013; MILLER; SANTANA-VEGA; TERRELL, 2006). O desempenho acadêmico também apresenta melhoras quando o IpC é utilizado com outros métodos interativos de ensino, como é o caso dos “*Lecture Tutorials*” (GRAY; STEER, 2008). Além disso, a importância da interação entre os colegas na etapa de votação parece ser um fator determinante para o sucesso nos exames durante a disciplina (MILLER; SANTANA-VEGA; TERRELL, 2006). Por outro lado, os resultados encontrados por Zingaro (2015) apontam que o IpC não favoreceu o desempenho acadêmico de estudantes em uma disciplina introdutória de um curso de Ciências da Computação. As notas dos exames dos estudantes que tiveram aulas com IpC não tiveram diferenças estatisticamente significativas com as notas dos estudantes que tiveram aulas tradicionais.

A melhora na performance acadêmica, segundo Roth (2012) e Arnesen et al. (2013), beneficiou positivamente os estudantes que usualmente apresentam um baixo desempenho na disciplina, haja vista que tais estudos encontraram uma redução de conceitos considerados baixos após a adoção do IpC. Arteaga e Vinken (2013) mostraram que a assiduidade dos estudantes aumenta quando as aulas são ministradas com o IpC.

A análise da correlação entre o desempenho dos estudantes nos Testes Conceituais e os escores dos estudantes nos exames, durante o semestre, foram realizados pelos trabalhos de Lucas (2009), Lucas (2012) e Morgan e Wakefield (2012). Lucas (2009) encontrou uma correlação positiva entre as notas dos estudantes e o índice de acertos nos testes conceituais. Com resultados similares, Lucas (2012) encontrou uma correlação positiva entre o desempenho dos estudantes nas questões prévias às aulas, o desempenho nas questões conceituais em classe e a nota final do curso. Já Morgan e Wakefield (2012) não encontraram correlação entre o desempenho dos estudantes na disciplina e na segunda rodada de votação dos testes conceituais respondidos durante as aulas. Os autores esperavam encontrar uma correlação entre a convergência para a resposta correta e a nota final da disciplina, o que não foi encontrado. Contudo, os autores encontraram uma correlação moderada entre o desempenho dos estudantes na primeira rodada de votações (antes da interação entre os estudantes) com a nota final do curso – os estudantes que acertaram nas duas rodadas de votação obtiveram conceitos superiores na disciplina.

2.2.4.5 Retenção dos estudantes

A taxa de estudantes que desistem das disciplinas ao longo do semestre é um fator preocupante para muitos professores, tanto em nível universitário quanto em nível de educação básica. Para evitar a evasão, a adoção de novas propostas de ensino deve contribuir para a criação de um ambiente receptivo e acolhedor, que promova o desenvolvimento de um sentimento positivo dos alunos frente à disciplina e, ao engajarem-se nas atividades propostas, persista até o final da disciplina. Nesse sentido, Lasry et al. (2008) buscaram analisar o número de estudantes que finalizaram a disciplina em que aplicaram o IpC, comparativamente a turmas com aulas tradicionais. Menos de 5% dos estudantes que tiveram aulas com o IpC não finalizaram o curso. Em contraste, o índice de estudantes que desistiu do curso na turma de controle foi de 20,5%. Tais resultados apontam que a adoção do IpC pode contribuir para a diminuição no número de alunos que desistem ao longo das disciplinas.

Conforme já discutido, o ensino tradicional apresenta resultados pouco positivos para a aprendizagem conceitual dos estudantes. Outro resultado é a baixa retenção dos estudantes nos cursos em que pretendem se graduar. De maneira geral, as disciplinas introdutórias de Ciências, por exemplo, tornam-se um divisor de águas nas vidas dos estudantes. As reclamações do chamado ensino tradicional incluem uma baixa qualidade na aprendizagem, levando muitos estudantes a mudarem de curso devido à baixa compreensão dos conceitos básicos (STRENTA et al., 1994). O estudo de Watkins e Mazur (2013) avaliou a retenção de estudantes nos seus cursos *STEM* após terem tido contato com o IpC em uma disciplina introdutória de Física. A porção de estudantes que tiveram aulas tradicionais e mudaram de curso foi duas vezes maior do que a porção de estudantes que tiveram aulas com o IpC e trocaram de curso. Tais resultados são mantidos quando analisados por gênero.

2.2.4.6 Crenças, atitudes e motivação

A avaliação das crenças e das atitudes dos estudantes frente ao IpC, bem como de fatores relacionados a sua motivação, foram discutidos por uma grande quantidade de artigos encontrados em nossa revisão (N=20). As opiniões dos estudantes foram coletadas com questionários (usualmente com escalas do tipo *likert*) e entrevistas. Três trabalhos utilizaram questionários específicos, a saber: *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* – MSLQ (PINTRICH et al., 1993); *Course Interest Survey* – CIS (KIM; KELLER, 2007); *Colorado Learning Attitudes about Science Survey* – CLASS (ADAMS et al., 2006).

Os resultados encontrados apontam que os estudantes:

- avaliam positivamente o *feedback* obtido com os Testes Conceituais (ARTEAGA; VINKEN, 2013; GHOSH; RENNA, 2009);

- percebem que o engajamento proporcionado pelo IpC foi importante para sua aprendizagem (BUTCHART; HANDFIELD; RESTALL, 2009; MÜLLER et al., 2012; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; RUDOLPH et al., 2014; VAN DIJK; VAN DER BERG; VAN KEULEN, 2001);
- aferem que o IpC aumentou seu interesse em estudar Física (GOK, 2012b; RUDOLPH et al., 2014);
- sentem que o IpC modificou seus hábitos de estudo (RUDOLPH et al., 2014);
- percebem que o IpC motivou sua presença e participação ativa em aula (BUTCHART; HANDFIELD; RESTALL, 2009; GHOSH; RENNA, 2009; JONES; ANTONENKO; GREENWOOD, 2012; RUDOLPH et al., 2014);
- avaliam de maneira positiva a importância da interação com os colegas para a aprendizagem dos conceitos (CHOU; LIN, 2015; CORTRIGHT; COLLINS; DICARLO, 2005; CROUCH; MAZUR, 2001; GHOSH; RENNA, 2009; LUCAS, 2009; MILLER, 2013; MÜLLER et al., 2012; NICOL; BOYLE, 2003; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; SCHMIDT, 2011);
- aprovaram o uso do IpC (CORTRIGHT; COLLINS; DICARLO, 2005; GIULIODORI; LUJAN; DICARLO, 2006; MÜLLER et al., 2012; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015);
- percebem que o IpC promoveu um relacionamento mais positivo entre os estudantes e entre os estudantes e o professor (CORTRIGHT; COLLINS; DICARLO, 2005; GIULIODORI; LUJAN; DICARLO, 2006; LUCAS, 2009);
- sentem que o IpC foi responsável por sua melhora na aprendizagem dos conteúdos (BUTCHART; HANDFIELD; RESTALL, 2009; CHOU; LIN, 2015; GIULIODORI; LUJAN; DICARLO, 2006; SCHMIDT, 2011; SCHULLER; DAROSA; CRANDALL, 2015);
- aprovaram o uso do IpC com outros métodos interativos de ensino (BUSCH, 2010; SCHULLER; DAROSA; CRANDALL, 2015);
- avaliaram que a interação com os colegas aumentou sua confiança na resolução de problemas (GOK, 2013).

A lista de crenças e atitudes, apresentadas anteriormente, demonstra uma grande variedade de percepções dos estudantes em termos dos impactos proporcionados pela adoção do IpC. Podemos perceber que a adoção do IpC desenvolve, de maneira geral, sentimentos positivos em vários aspectos relacionados com a aprendizagem dos conteúdos. Apenas o trabalho de Gok (2012a) não encontrou diferenças na motivação dos estudantes que tiveram aulas com o IpC em comparação aos estudantes que tiveram aulas tradicionais.

2.2.4.7 Autoeficácia

Entre os fatores que afetam a maneira como os estudantes se engajam no processo de aprendizagem, as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977) vem ganhando certo destaque na pesquisa na grande área STEM (RITTMAYER; BEIER, 2008). O conceito de autoeficácia está relacionado ao julgamento pessoal sobre a própria capacidade de organizar e realizar certos tipos de tarefas visando alcançar um objetivo determinado (BANDURA, 1977). Entre os trabalhos encontrados nesta revisão, destacamos as pesquisas de Gok (2012b) e de Miller et al. (2015).

Gok (2012b) avaliou a influência da adoção do IpC em um curso introdutório de Física, em uma universidade Turca, nas crenças de autoeficácia de estudantes em compreender os conteúdos abordados na disciplina, bem como do controle sobre esses sentimentos. Os resultados, encontrados por meio da análise de um questionário aplicado aos estudantes no final da disciplina, mostraram que os alunos que tiveram aulas com o IpC reportaram crenças de autoeficácia altas, em termos do domínio do conteúdo abordado na disciplina. O questionário também foi aplicado a uma turma de controle. A análise estatística feita pelo autor apontou uma diferença estatisticamente significativa, com $p=0,003$, entre a turma experimental e a turma de controle. Segundo o autor, o IpC foi introduzido no curso para tornar os estudantes mais confiantes, ter controle sobre sua habilidade em aprender conceitos de Física e obter sucesso na aprendizagem.

Miller et al. (2015), em um estudo conduzido em uma turma de disciplina introdutória de Física que aborda tópicos de eletromagnetismo, analisaram a relação entre a troca de respostas dos Testes Conceituais e as crenças de autoeficácia apresentadas pelos estudantes no início do semestre. Os autores concluíram que os estudantes que possuem níveis baixos de autoeficácia tendem a modificar mais suas respostas aos Testes Conceituais, especialmente entre respostas corretas para incorretas, ou mantêm suas respostas incorretas. Esse comportamento também foi observado nos Testes Conceituais classificados como difíceis. Como sugestões, os autores indicam a necessidade de criar intervenções que modifiquem as crenças de autoeficácia dos estudantes para que estes tenham uma melhor experiência com o IpC.

2.2.4.8 Metacognição

Com o objetivo de avaliar os impactos da adoção do IpC e do uso de sistemas de votação (sem o IpC) na metacognição dos estudantes, Jones et al. (2012) conduziram um estudo em uma turma de Entomologia. Por meio da aplicação do teste denominado “*Metacognitive Awareness Inventory*” (MAI) (SCHRAW; DENNISON, 1994), como pré e pós-teste, buscaram avaliar diferenças entre as duas propostas metodológicas na construção de dois aspectos da metacognição: conhecimento da cognição e regulação da cognição. O aumento no conhecimento da cognição foi mais expressivo nos estudantes que tiveram aulas com o IpC. Já em relação à regulação da cognição, ambos os grupos tiveram um aumento similar. No entanto, ao analisar os

gêneros e os tratamentos (IpC e não IpC), encontraram que os homens do grupo que não usaram o IpC tiveram um ganho significativo na regulação da cognição, enquanto no caso das mulheres, foi o grupo que usou o IpC que apresentou ganho na regulação da cognição. Segundo os autores, tal resultado é coerente com a literatura da área (BROTMAN; MOORE, 2008) que afirma que mulheres preferem ambientes colaborativos de ensino.

2.2.4.9 Elementos que compõem o IpC

O *Peer Instruction* pode ser considerado um método que faz uso de diversos elementos, dando forma a sua estrutura. Alguns trabalhos tiveram como foco elementos específicos do método, focando no(a): tipo de sistema de votação utilizado (2008); tipo de interação que ocorre na etapa de discussão entre os colegas (CHOU; LIN, 2015; JAMES, 2006; JAMES; BARBIERI; GARCIA, 2008; JAMES; WILLOUGHBY, 2011); importância das atividades prévias às aulas (LUCAS, 2012); tempo de submissão das respostas dos estudantes (MILLER et al., 2014); apresentação dos resultados da primeira rodada de votação (CHIEN et al., 2015; PEREZ et al., 2010); relação entre a localização dos estudantes e a distribuição de repostas (MONTEROLA; ROXAS, 2009). Além disso, um dos trabalhos encontrados nesta revisão almejou construir uma expressão analítica que revela a correlação entre a taxa de acertos, nos Testes Conceituais, dos estudantes antes e após a discussão entre os colegas (NITTA, 2010).

As variações nos tipos de interação que ocorrem entre os estudantes, em relação à quantidade de pontos atribuídos para acertos e erros das questões conceituais, foram investigadas por James (2006) e James et al. (2008). Quando os estudantes recebem uma nota maior pelo acerto, tendem a concordar mais com os colegas. Já quando a nota é dada apenas para a participação, independente de acerto ou erro, os estudantes tendem a manter diálogos em que várias opiniões são levadas em conta, havendo dispersão nas respostas após a segunda rodada de votação, indicando que os estudantes votam com as suas convicções. Nessa mesma linha, Chou e Lin (2015) propuseram dois mecanismos para incentivar os estudantes a interagir com seus colegas, denominados de “atribuição de interlocutor” e “responsabilização de pontuação”. O primeiro envolve a atribuição prévia, realizada pelo professor, dos grupos de interação após a primeira rodada de votação. Já o segundo propõe uma divisão no score atribuído ao acerto/erro das questões conceituais, sendo o score máximo obtido só quando o grupo de interação, como um todo, opta pela resposta correta após a discussão. Ambas as propostas se mostraram frutíferas para promover o engajamento dos estudantes. Já James e Willoughby (2011) buscaram categorizar os tipos de interação que acontecem na etapa de discussão com os colegas. Por meio da análise das interações dos estudantes, os autores encontraram, em muitos casos, discussões pouco frutíferas (devido à baixa compreensão dos Testes Conceituais), levando a interpretação de que as questões utilizadas não providenciaram um *feedback* efetivo da aprendizagem dos estudantes.

Em relação à importância da execução das atividades prévias às aulas, o trabalho de Lucas (2012) apontou que o desempenho nos Testes Conceituais em aula é superior quando os estudantes realizam as atividades prévias. Ainda em relação aos Testes Conceituais, o estudo de Monterola e Roxas (2009), realizado em disciplinas de Física de nove instituições de ensino, mostrou que a localização dos estudantes que possuem um desempenho superior na disciplina afeta a performance da classe, como um todo, nos Testes Conceituais. Segundo os autores, a qualidade e a frequência com que a interação entre os estudantes ocorre é influenciada pela disposição dos estudantes. De maneira geral, a transmissão da resposta correta ocorre mais facilmente quando os estudantes classificados como “bons” estão localizados nas extremidades da sala.

Os trabalhos de Perez et al. (2010) e Chien et al. (2015) assinalaram que a apresentação das distribuições das respostas dos Testes Conceituais pode interferir na maneira como os estudantes modificam suas respostas. De maneira geral, os estudantes que tiveram contato com a distribuição de repostas, após a primeira rodada de votação, tenderam a modificar sua resposta de menor frequência para a de maior frequência. Segundo Chien et al. (Ibid.), mostrar as respostas após a primeira rodada de votação limita as direções das discussões entre os estudantes, que acabam debatendo sobre as respostas mais votadas sem levar em consideração os argumentos científicos envolvidos. Em termos dos sistemas de votação utilizados pelos estudantes, o trabalho de Lasry (2008) indicou que não existem diferenças na aprendizagem conceitual dos estudantes que utilizam *clickers* ou *flashcards*.

O tempo gasto pelos estudantes para votar nos Testes Conceituais foi investigado por Miller et al. (2014). Respostas corretas são registradas em um tempo menor do que respostas incorretas, antes e após a discussão entre os colegas. Os estudantes que têm conhecimento superior de Física, bem como crenças elevadas de autoeficácia, respondem mais rapidamente em ambas as rodadas de votação. Além disso, não foram encontradas diferenças de gênero no tempo de respostas dos estudantes com o mesmo nível de conhecimento de Física.

Ao longo da seção 2.2.4 buscamos descrever, de maneira detalhada, os principais impactos da adoção do IpC. De maneira sintetizada, e corroborando com a análise de Vickrey et al. (2015), podemos perceber que o IpC tem produzido, em diversas áreas do conhecimento, resultados extremamente positivos quanto à aprendizagem conceitual dos estudantes. Tal impacto é acompanhado por um aumento nas habilidades dos estudantes em resolverem problemas. Algumas consequências do aumento na aprendizagem conceitual, bem como da habilidade de resolução de problemas, podem ser percebidas no aumento do desempenho acadêmico dos estudantes, no aumento da retenção dos estudantes nas disciplinas e nos cursos que almejam graduarem-se, e no desenvolvimento de habilidades metacognitivas. Outros resultados positivos incluem o desenvolvimento de crenças e atitudes extremamente positivas em relação ao método,

um aumento na motivação dos estudantes para aprender e o desenvolvimento de maiores níveis de autoeficácia.

2.2.5 Quais são os resultados instrucionais da implementação do IpC em termos das: a) atitudes dos professores em relação ao método?

As crenças e atitudes dos estudantes frente ao IpC foram amplamente investigadas (ver Seção 2.2.4.6). No entanto, encontramos apenas uma pesquisa que reporta as crenças e atitudes dos professores que fizeram uso do método. Rudolph et al. (RUDOLPH et al., 2014) buscaram elencar as opiniões dos professores que participaram, de forma voluntária, da implementação do IpC em aulas de Física em uma universidade francesa. A receptividade do método foi extremamente positiva. Ao final do semestre, os 15 professores responderam a um questionário e participaram de uma reunião para refletir sobre suas respectivas experiências com o IpC. Entre as perguntas, os professores deviam atribuir uma nota entre 1 e 5 para a eficiência do IpC na aprendizagem dos alunos e para a motivação para participar das aulas; como resultado obtiveram, respectivamente, 3,8 (n=15) e 3,6 (n=14). Os comentários dos professores ressaltam que o IpC proporcionou uma maior interatividade na sala de aula, onde a interação entre os estudantes, bem como dos estudantes com o professor, foi intensificada, inclusive abrindo espaço para que os alunos explicassem os conteúdos para seus colegas durante o período de aula. O *feedback* imediato da aprendizagem dos estudantes também foi um aspecto elencado pelos professores participantes desse estudo.

2.2.6 Quais são os resultados instrucionais da implementação do IpC em termos das: b) variações/modificações feitas na estrutura original do método?

Apresentamos, na sequência, pesquisas em que a estrutura do IpC, proposta por Mazur (MAZUR, 1997), sofreu algum tipo de mudança, assim como as que introduzem indicadores para classificar variações nas implementações do IpC.

Miller et al. (2006) investigaram a implementação do IpC feita por 14 professores diferentes em 17 “*small classes*” de cálculo. As variações nas implementações feitas por tais instrutores foram classificadas em termos dos tipos de *ConceptTests* utilizados, bem como com a frequência que tais tipos de questões foram utilizados. Nessa mesma linha, Turpen e Finkelstein (2009), por meio de um estudo etnográfico com seis professores de Física, encontraram variações na implementação do IpC, as quais foram caracterizadas pelos tipos de Testes Conceituais utilizados, pelo número de Testes Conceituais utilizados por aula, pela adoção de nota pela participação durante as rodadas de votação, pela interação entre o professor e o aluno, pelo tempo dado aos estudantes para responder às questões, pelo tempo discutindo as respostas dos *ConceptTests*, pela participação dos alunos na discussão final e pela discussão das alternativas incorretas. Os professores observados lecionavam disciplinas introdutórias de Física, em classes de 130 a 240 estudantes, sendo dois deles professores novatos a respeito da adoção do IpC e o

restante membros ativos do grupo de pesquisa em ensino de Física da universidade em que foi conduzido o estudo. Em todas as aulas observadas, os estudantes testaram e aplicaram os conceitos, bem como discutiram os conteúdos com seus colegas. Contudo, diferentes oportunidades foram dadas aos estudantes para formular e responder questões, para avaliar a exatidão das respostas, para interagir com os professores e para discutir conceitos científicos com toda a classe.

Turpen e Finkelstein (2010), em uma continuidade do trabalho de Turpen e Finkelstein (2009), investigaram se as diferentes normas sociais construídas nas aulas de três professores, que utilizaram variações do IpC, eram percebidas pelos estudantes. As diferentes normas sociais foram construídas em termos das ações dos professores e dos alunos; especificadamente, do nível de interação entre os alunos e o professor, do nível de interação dos estudantes entre si e da maneira como os estudantes respondem aos testes conceituais. As diferentes maneiras como os três professores investigados no estudo fizeram dos tipos de interação, bem como da ênfase dada às justificativas dos testes conceituais, construíram três diferentes microculturas. A percepção dos estudantes frente às microculturas foi extremamente ligada aos aspectos elencados pelos pesquisadores. Em outras palavras, as diferentes maneiras como os professores se apropriaram do IpC puderam ser percebidas pelos estudantes.

Artigos que investigam a inclusão do IpC em novas propostas didáticas, ou seu uso concomitante com outros métodos de ensino, que se baseiam na atividade colaborativa, também foram encontrados nesta revisão. Howard et al. (2002) relataram a investigação da adoção de um jogo denominado “Survivor”, que utiliza o IpC como uma de suas etapas, em uma disciplina de Fisiologia. Outros tipos de modificação incluem o uso conjunto com outras estratégias didáticas, a exemplo o trabalho de Gray e Steer (2008), que reportaram o uso conjunto do IpC com os “Lecture Tutorials”. Outros exemplos são os trabalhos de Cahyadi (2004), Busch (2010) e Gok (2015), que fizeram o uso do IpC em conjunto com os métodos: *Active Learning Problems Sets*, *Constructivist Classroom Dialogues* e *Demonstrations* (CAHYADI, 2004); *SCALE-UP* e *Just-in-time Teaching* (BUSCH, 2010); *Stepwise Problem-Solving Strategie* (SPSS) (GOK, 2015).

Alguns trabalhos propuseram modificações na estrutura do método. Miller (2013) relatou a inclusão de discussões no grande grupo após a segunda etapa de votação, aproximando-se, dessa forma, da proposta do TPS (LYMAN, 1981). Ainda em termos da etapa de discussão entre os colegas, James e Willoughby (2011), Arteaga e Vinken (2013) e James e Willoughby (2011) introduziram a etapa de discussão entre os colegas já na primeira (e única) rodada de votação, ou seja, o professor apresentava o Teste Conceitual, os alunos discutiam entre eles e, então, votavam. As modificações propostas por Cox e Junkin (2002) também incluíam a discussão entre os colegas para a primeira rodada de votação. Além disso, por tratar-se de aulas de laboratório de Física, os alunos foram divididos em grupos, que votavam com o uso de um computador. Caso ocorresse divergência nas respostas, os alunos discutiam em pares de grupos.

Outra modificação na estrutura original do IpC é a inclusão de uma questão conceitual após a segunda rodada de votação, que aborde o mesmo conceito que a questão anterior, porém que apresente a pergunta de forma diferente, denominada questão isomórfica (SMITH et al., 2009). Entre os trabalhos abarcados nesta revisão da literatura, as pesquisas conduzidas por Lee et al. (2013) e Zingaro e Porter (2014) utilizaram questões isomórficas.

Em termos dos impactos instrucionais (seções 2.2.5 e 2.2.6), nossa análise aponta que nem todas as pesquisas analisadas em nosso trabalho utilizaram o IpC na sua forma original. Alguns trabalhos apresentaram discussões acerca de modificações feitas na estrutura original do método. Algumas dessas modificações foram realizadas para investigar de maneira mais profunda a aprendizagem dos estudantes, a exemplo do uso de questões isomórficas, e para adaptar o método para outros ambientes de ensino, como a adoção do IpC em aulas de laboratório de Física. Outras modificações foram feitas em termos das etapas de votação e do momento em que a interação entre os colegas ocorria. Além disso, alguns trabalhos fizeram o uso do IpC em conjunto com outros métodos interativos de ensino. Tais resultados mostram que o IpC é um método que pode ser facilmente adaptado, de acordo com os objetivos traçados.

Adicionalmente, os professores apresentam uma boa receptividade em relação ao método, especialmente porque a estrutura do IpC favorece a obtenção de um *feedback* instantâneo da aprendizagem dos estudantes. Indubitavelmente, os resultados obtidos pelas pesquisas com o IpC mostram inúmeros benefícios de sua adoção.

2.2.7 Uma síntese reflexiva da literatura referente ao método interativo de ensino IpC

O IpC é um método de ensino que foi desenvolvido, inicialmente, para melhorar a aprendizagem conceitual dos estudantes em cursos introdutórios de Física. O sucesso obtido pelas primeiras adoções desse método, bem como a aspiração dos professores em modificarem suas práticas docentes, motivou muitos pesquisadores a aplicarem o IpC em diversas disciplinas e contextos educacionais. A produção de conhecimento acerca dos impactos da adoção do IpC é diversificada. A variedade dos resultados encontrados mostra que o IpC é uma proposta recomendada, especialmente quando se busca engajar o estudante no processo de aprendizagem, bem como melhorar seus resultados de aprendizagem.

Os impactos da adoção do IpC foram investigados por diversos trabalhos, que têm produzido, em várias áreas do conhecimento, resultados positivos quanto à aprendizagem conceitual dos estudantes, bem como aumento nas habilidades dos estudantes em resolver problemas. Algumas consequências desses resultados positivos podem ser percebidas na melhoria do desempenho acadêmico dos estudantes; na diminuição da evasão nas disciplinas e nos cursos em que os estudantes almejam se graduar; e no desenvolvimento de habilidades metacognitivas. Outros resultados positivos incluem o desenvolvimento de crenças e atitudes favoráveis em relação ao método; aumento na motivação dos estudantes para aprender e

desenvolvimento de maiores níveis de autoeficácia em compreender os conteúdos abordados na disciplina. Além disso, os professores apresentam boa receptividade ao método, especialmente porque a estrutura do IpC favorece a obtenção de *feedback* instantâneo da aprendizagem dos estudantes. Indubitavelmente, os resultados obtidos pelas pesquisas com o IpC mostram inúmeros benefícios de sua adoção.

Nem todas as pesquisas analisadas em nossa revisão da literatura utilizaram o IpC na sua forma original. Alguns trabalhos apresentaram discussões acerca de modificações feitas na estrutura original do método. Algumas dessas modificações foram realizadas para investigar de maneira mais profunda a aprendizagem dos estudantes, a exemplo do uso de questões isomórficas, e para adaptar o método para outros ambientes de ensino, como a adoção do IpC em aulas de laboratório de Física. Outras modificações foram feitas em termos das etapas de votação e do momento em que a interação entre os colegas ocorria. Além disso, alguns trabalhos fizeram o uso do IpC em conjunto com outros métodos interativos de ensino. Tais resultados mostram que o IpC é um método que pode ser facilmente adaptado, de acordo com os objetivos traçados.

Em nossa revisão, podemos identificar uma grande concentração de publicações em alguns temas de pesquisa, tais como os impactos da adoção do IpC na aprendizagem conceitual dos estudantes, nas habilidades de resolução de problemas e, também, nas atitudes dos estudantes frente ao método. Contudo, o número reduzido de estudos conduzidos em alguns contextos e temas de investigação podem ser compreendidos como *gaps* da literatura. Nesse sentido, mais pesquisas são necessárias para avaliar a adoção do IpC em ambientes formais de educação básica e em disciplinas das áreas de Ciências Médicas e Ciências Humanas em nível universitário. Da mesma maneira, pesquisas nas temáticas relacionadas à retenção dos estudantes (na disciplina e no curso de graduação), ao desenvolvimento de habilidades metacognitivas dos estudantes, bem como às crenças e atitudes dos professores frente ao método, são necessárias para melhor compreensão dos impactos do IpC.

Nesta tese, especificadamente nos dois primeiros estudos empíricos, avaliamos as crenças e atitudes de uma professora universitária brasileira em relação aos métodos, bem como os impactos de sua adoção em termos da aprendizagem e das crenças e atitudes dos alunos. Os resultados apresentados em ambos os estudos são contrastados em relação aos achados da revisão apresentada nessa seção.

3. Referencial Teórico

Segundo Rogers (2003), um dos motivos pelos quais há interesse no campo das pesquisas pelos processos de difusão de inovações é a dificuldade na adoção de novas ideias, ainda que essas apresentem vantagens explícitas em relação às ideias vigentes. Há um considerável intervalo entre a criação, ou disponibilidade, de uma inovação e sua efetiva adoção. A área de pesquisa em ensino de Ciências e Física vem, nos últimos anos, se questionando sobre os motivos que levam os professores universitários a ainda utilizarem predominantemente a abordagem tradicional, com aulas essencialmente expositivas. No contexto educacional brasileiro também nos deparamos com essa situação. Conforme já discutido, não é difícil observarmos salas de aulas universitárias onde o professor assume o papel de disseminador de conhecimentos e, aos alunos, apenas resta o papel de receber, passivamente, tais conhecimentos e reproduzi-los nos dias de avaliação.

A fim de compreender os motivos que levam à inércia didática universitária em nosso contexto, nos ancoramos na TDI de Everett M. Rogers (2003). Em nossa investigação, conforme já argumentamos, buscamos, também, compreender as consequências da adoção de métodos inovadores, em termos das mudanças da prática docente e das modificações na aprendizagem dos estudantes, bem como nas crenças e atitudes dos estudantes acerca dos métodos e sobre aprender Física. Nesse sentido, esta tese dá um passo adiante nos tipos de pesquisa mais realizados no campo de difusão de inovações, as quais se concentram apenas nos aspectos pertencentes ao processo de difusão e adoção das inovações, não dando a devida atenção às consequências das inovações (e.g. HENDERSON, 2005; DANCY; HENDERSON, 2010). Com efeito, um dos capítulos do livro em que Rogers apresenta sua teoria (ibid.) é dedicado exclusivamente aos aspectos referentes às consequências das inovações. Segundo o autor, “ao invés de questionar, como grande parte da pesquisa sobre difusão tem feito – “Quais variáveis estão relacionadas à habilidade de inovar (innovativeness)?” – futuros pesquisadores devem questionar: Quais são as consequências da adoção de inovações?” (ROGERS, 2003, p. 440).

Conforme será exposto na próxima seção, Rogers reconhece que nem sempre uma inovação é adotada tal qual foi desenvolvida, porém não prevê algum tipo de categorização para as diferentes maneiras em que uma inovação pode ser implementada. À vista disso, Henderson e Dancy (2008) desenvolveram o Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas (MIID), que propõe uma classificação para implementações de inovações didáticas. Nos estudos empíricos II e III desta tese, utilizamos o MIID para analisar a continuidade da prática inovadora de uma professora de Física no contexto de uma universidade pública brasileira.

A Seção 3.1 é dedicada à apresentação da TDI e a Seção 3.2 ao MIID.

3.1 A Teoria da Difusão de Inovações de Everett M. Rogers

Segundo Rogers, “difusão é o processo pelo qual uma inovação é transmitida por meio de certos canais de comunicação, durante um intervalo de tempo, entre membros de um sistema social. É um tipo especial de transmissão, onde as mensagens envolvem novas ideias” (ROGERS, 2003, p.5). Dessa forma, existem quatro elementos principais no processo de difusão de inovações: a inovação, os canais de comunicação, o tempo e o grupo social.

Inovação pode ser uma ideia, uma prática ou um objeto que é percebido como novo por um indivíduo ou por um grupo de indivíduos. A percepção da novidade nas “novas ideias” torna o conceito de inovação relativo ao sujeito que irá, ou não, adotá-las. Em outras palavras, por mais que exista um novo corpo de conhecimentos (ou novas tecnologias, por exemplo) estabelecidos, a inovação somente será percebida como algo “novo” quando o indivíduo, além de obter conhecimento sobre sua existência, desenvolver uma atitude favorável ou desfavorável à sua adoção, ou mesmo decidir adotá-la.

Comunicação, na acepção de Rogers (ibid.), é um processo no qual participantes criam e compartilham informações, visando uma compreensão mútua. Dessa forma, a difusão pode ser considerada um tipo particular de comunicação, em que o conteúdo da mensagem compartilhada é uma nova ideia (uma inovação). A essência do processo de difusão é a troca de informações entre um indivíduo que comunica as novas ideias para outro(s) indivíduo(s). Na sua forma mais elementar, esse processo envolve uma inovação, um indivíduo ou unidade de adoção que possui conhecimento e/ou experiência na adoção da inovação, outro indivíduo ou unidade de adoção que ainda não possua conhecimentos e/ou que não experimentou a inovação e, por último, um canal de comunicação que conecta os dois indivíduos ou as duas unidades.

Os canais de comunicação são definidos como os meios pelos quais mensagens (inovações) são transmitidas de um sujeito para outro (ou para outros). Segundo Rogers (ibid.), existem, pelo menos, dois tipos de canais de comunicação: os *canais de comunicação em massa* e os *canais de comunicação interpessoais*. A maneira mais ágil e eficiente de informar um grupo de potenciais usuários sobre a existência de uma inovação é por meio de canais de comunicação em massa, tais como: livros, televisão, rádio, jornal, internet etc. Por outro lado, os canais de comunicação interpessoais são mais eficientes no processo de persuasão de indivíduos para adotar uma nova ideia, especialmente se tal canal conecta dois ou mais indivíduos com características similares.

A natureza da relação de troca de informações entre um par de indivíduos determina as condições sob as quais uma fonte vai ou não transmitir a inovação para o receptor, bem como o efeito dessa transmissão. Um dos princípios da comunicação humana é que a transferência de ideias ocorre, muito frequentemente, entre indivíduos que são semelhantes, ou *homofílicos*. *Homofilia* pode ser compreendida como o grau em que dois ou mais indivíduos que interagem entre si são semelhantes em certos atributos (e.g. valores, crenças e atitudes, nível de educação,

status socioeconômico, etc.). *Heterofilia*, de maneira oposta, é definida como o grau em que dois ou mais indivíduos que interagem entre si são diferentes em certos atributos. Na visão de Rogers (ibid.), um dos problemas referentes à difusão de inovações é que os participantes são, geralmente, heterofílicos.

Segundo Rogers (ibid.) resultados de diversos trabalhos na área de difusão apontam que grande parte dos indivíduos não avalia uma inovação por meio de estudos científicos de suas consequências e/ou eficiência, embora tais resultados sejam levados em consideração por aqueles que primeiro adotam a inovação. A grande maioria das pessoas depende de uma avaliação subjetiva da inovação fornecida por indivíduos que já a utilizaram.

O tempo também é visto como um importante elemento do processo de difusão de inovações. De fato, para Rogers (ibid.), a dimensão temporal está envolvida no processo pelo qual o indivíduo passa do conhecimento da inovação até sua efetiva adoção ou rejeição, na capacidade de inovação de um sujeito ou um conjunto de sujeitos (precocidade/atraso da adoção de inovações em comparação com outros membros de um sistema social), e na taxa de adoção de uma inovação em um sistema, usualmente medida por meio do número de membros do sistema que adotaram a inovação em certo período de tempo.

O processo de implementação de inovações perpassa por cinco etapas: conhecimento (*knowledge*), persuasão (*persuasion*), decisão (*decision*), implementação (*implementation*), e confirmação (*confirmation*). Contudo, segundo o autor, existem algumas condições prévias para que esse processo se desenvolva. Como pré-requisitos, destaca: a percepção de uma necessidade/problema (o professor percebe que suas estratégias de ensino não são eficientes para a aprendizagem de conteúdos de Física por seus alunos); práticas anteriores (quando o professor já se engajou na prática de novas estratégias de ensino); personalidade inovadora (quando o professor possui um perfil inovador); e as normas sociais (quando há algum movimento externo no seu entorno e que torna o professor receptivo a novos métodos de ensino).

O processo de implementação de inovações começa quando um indivíduo (ou um grupo de indivíduos) é exposto a uma inovação e passa a adquirir conhecimentos a seu respeito. Esse conhecimento engloba a ciência da existência da inovação, bem como os princípios de seu funcionamento e de seu embasamento.

Após a aquisição inicial de conhecimentos, ocorre a etapa de persuasão, na qual o indivíduo passa a formar uma atitude favorável, ou não, à adoção da inovação. Atitude, segundo Rogers, é uma organização relativamente duradoura de crenças de um indivíduo sobre um objeto, que predispõe suas ações. Segundo esse modelo (ibid.), existem cinco fatores que influenciam o desenvolvimento das atitudes, que se relacionam às características da inovação. São elas:

(1) *Vantagem relativa (Relative advantage)*: define o grau em que uma inovação é percebida como melhor que a ideia predecessora. Não importa se a inovação possui um alto grau de vantagem objetiva, mas sim se o indivíduo a percebe como vantajosa.

(2) Compatibilidade (*Compatibility*): define o grau em que uma inovação é percebida como consistente com valores existentes, experiências anteriores e necessidades dos potenciais usuários. Uma ideia não compatível com as normas de um grupo social não será adotada tão rapidamente quanto uma ideia que se mostra compatível.

(3) Complexidade (*Complexity*): define o grau em que uma inovação é percebida como sendo difícil de compreender e utilizar. Geralmente, novas ideias que são mais simples de compreender serão adotadas mais rapidamente que inovações que requerem que os usuários desenvolvam novas habilidades e conhecimentos.

(4) Testagem (*Trialability*): define o grau em que uma inovação pode ser testada em uma base limitada. Inovações que podem ser testadas em etapas serão, geralmente, adotadas mais rapidamente do que as inovações que não são divisíveis.

(5) Observabilidade (*Observability*): define o grau em que os resultados de uma inovação são visíveis para outras pessoas. Quanto mais visíveis forem os resultados da implementação de uma inovação, mais fácil será para outros indivíduos adotarem-na.

Cabe ressaltar que, segundo o autor, esses não são os únicos fatores que afetam o desenvolvimento de atitudes positivas e, subsequentemente, as taxas de adoção, mas pesquisas anteriores indicam que elas são as características mais importantes das inovações para explicar a correspondente taxa de adoção. Além disso, entre as cinco características citadas, a vantagem relativa e a compatibilidade possuem maior influência sobre a taxa de adoção de inovações (ibid., p.17).

A etapa subsequente à persuasão é a decisão, na qual o indivíduo se engaja em atividades que o levam a adotar, ou rejeitar, a inovação. A aquisição de informações por meio dos pares que já utilizaram a inovação (experiência vicária), bem como a implementação da inovação em uma versão parcial, são atividades que visam diminuir o grau de incerteza quanto a vantagens e limitações da inovação em questão. O processo de tomada de decisão pode ocorrer por meio de uma decisão individual, coletiva ou autoritária. As decisões individuais são tomadas pelos indivíduos a despeito da decisão do restante de grupo social. Opostamente, quando a decisão de adotar uma inovação é partilhada entre os membros de um grupo social, temos uma decisão coletiva. Por fim, quando alguns membros de um grupo social, que possuem poder, nível social elevado e expertise técnica, estabelecem que uma inovação será adotada, estabelece-se uma decisão autoritária. Segundo Rogers (ibid.), decisões individuais e coletivas levam em consideração a opção dos indivíduos que irão adotar a inovação, afetando diretamente nas taxas de adoção e continuidade da adoção.

As últimas duas etapas envolvem a implementação efetiva da inovação, quando o indivíduo (ou um grupo de indivíduos) passa a utilizar a inovação, e a confirmação, que abarca a busca do indivíduo por reforços da decisão tomada.

Durante a implementação, o autor afirma que alguma reinvenção (ou adaptação) da inovação pode ser esperada. Nessa perspectiva, a adoção da inovação é um processo ativo, distanciando-se, portanto, de uma mera reprodução de algo pré-estabelecido. Além disso, o modelo para o processo de implementação de inovações possui uma ordem cronológica de etapas, contudo, alguma sobreposição delas pode ser encontrada (por exemplo, a etapa de conhecimento e persuasão). É nesse sentido que o tempo é uma variável a ser considerada no processo de implementação de inovações.

Ainda em relação à variável tempo, Rogers define cinco categorias, de acordo com o grau da capacidade de inovação (*innovativeness*), para os indivíduos que adotam inovações didáticas, a saber: *inovadores*, *primeiros adotantes*¹⁵, *maioria inicial*, *maioria final* e *retardatários* (tradução literal para os termos *innovators*, *early adopters*, *early majority*, *late majority* e *laggards*, respectivamente). Os indivíduos que são precursores no processo de adoção de inovações são classificados como inovadores. Como características fundamentais, inovadores estão em constante busca por inovações e não apresentam dificuldades em lidar com as incertezas acerca da eficiência das mesmas. Além disso, são indivíduos que tomam conhecimento das inovações por meio de canais de comunicação em massa, tornando-os pouco suscetíveis às avaliações subjetivas de outros indivíduos que já as adotaram.

Os primeiros adotantes são indivíduos que, assim como os inovadores, possuem uma atitude favorável à mudança e são precursores na adoção de inovações. Entretanto, os primeiros adotantes possuem uma relação próxima aos agentes de mudança e inovadores locais, evidenciando a influência dos canais de comunicação pessoais dentro dessa categoria. Em uma sequência, podemos pensar que os inovadores são os primeiros a adotar uma determinada inovação, sendo seguidos pelos primeiros adotantes.

Na categoria maioria inicial estão os indivíduos que possuem um elevado grau de dogmatismo (conjunto fechado de crenças e valores) que torna o tempo do processo de adoção de inovações mais elevado. Eles estabelecem uma conexão entre os primeiros adotantes com os indivíduos que adotam as inovações por último no grupo social (maioria final e retardatários). A maioria final é composta pelos indivíduos do grupo social que possuem uma visão mais cética acerca das inovações. Nesse sentido, eles são influenciados fortemente pelas normas sociais do grupo social. Em outras palavras, as normas sócias devem favorecer a adoção de inovações antes que a maioria final as adote. Por fim, os retardatários são os indivíduos que apresentam uma grande resistência para adotar inovações, possuem atitudes pouco favoráveis à mudança e estão relativamente isolados no grupo social.

O último componente do modelo de difusão é o grupo social. Rogers (ibid.) define grupo social como um conjunto de unidades intercorrelacionadas que estão engajadas na solução de um

¹⁵ Utilizamos o termo adotantes como tradução literal do termo *adopters*. Adotantes, nesse caso, se refere àqueles que adotam.

problema, buscando, dessa forma, um objetivo em comum. Os membros, ou unidades, de um grupo social podem ser indivíduos, grupos informais, organizações e/ou subgrupos. Cabe ressaltar a relevância da análise do grupo social em que ocorre a difusão de uma inovação, haja vista que este processo ocorre e é influenciado pelas relações existentes dentro de um grupo social específico. Em outras palavras, a estrutura de um sistema social afeta, de maneira geral, as taxas de adoção de uma inovação.

As normas, pertencentes à estrutura de um sistema social, são os padrões toleráveis de comportamento estabelecidos para os membros de um grupo social. Normas, escritas ou não, definem uma gama de comportamentos toleráveis e servem como um guia, ou padrão, para o comportamento dos membros de um grupo social. Não obstante, a natureza das relações entre os indivíduos de um determinado grupo social, bem como as normas estabelecidas nesse grupo, pode compor barreiras para a adoção de uma inovação.

Dentro de um grupo social, envolvido no processo de adoção de inovações, destaca-se o papel dos agentes de mudança. Na visão de Rogers (ibid., 366), “agente de mudança é um indivíduo que influencia a decisão de clientes em adotar as inovações, em uma direção considerada desejável por uma agência de mudança”. Os agentes da mudança são, portanto, responsáveis por estabelecer uma conexão entre os clientes e as agências da mudança. Para tal, eles possuem um elevado grau de expertise acerca das inovações que estão sendo difundidas, passando confiabilidade para os clientes. Sete são os papéis desempenhados pelos agentes da mudança (ibid.): (1) provocar necessidade de mudança, (2) estabelecer relacionamentos de troca de informações, (3) diagnosticar problemas, (4) criar uma intenção de mudança no cliente, (5) traduzir essas intenções em prática, (6) estabilizar a adoção e prevenir a descontinuidade, e (7) estabelecer um relacionamento final com os clientes.

As consequências da incorporação de inovações também podem ser compreendidas dentro dos grupos sociais, haja vista que os resultados obtidos da adoção de novas ideias ocorrem, muito frequentemente, em níveis sociais, em adição aos efeitos nos indivíduos isoladamente. Segundo Rogers, consequências são mudanças que ocorrem a um indivíduo, ou ao grupo social, como resultado da adoção ou rejeição de uma inovação. Como classificação, Rogers propõe:

- desejáveis *versus* indesejáveis: dependem da maneira como os efeitos da inovação são compreendidas como funcionais ou não funcionais;
- diretas *versus* indiretas: dependem do modo como as mudanças proporcionadas a um indivíduo, ou a um grupo social, ocorrem imediatamente após a adoção da inovação ou se as mudanças ocorrem de maneira secundária;
- previstas *versus* imprevistas: dependem se as mudanças são esperadas ou não pelo indivíduo ou grupo social.

Um último aspecto da TDI considerado nesta tese trata dos modelos de difusão, que podem ser classificados como centralizados e descentralizados. No modelo centralizado, uma inovação é desenvolvida por uma fonte especializada (organizações de pesquisa e desenvolvimento) que passa a difundi-la, por intermédio de agentes de mudança, para os adotantes potenciais, que são vistos como receptores relativamente passivos. Esse modelo sofreu inúmeras críticas, especialmente por preconizar que as inovações devem ser produzidas por organizações de pesquisa e desenvolvimento. Na Figura 3, apresentamos sua estrutura vertical e linear de comunicação com os componentes desse modelo.

Com o passar do tempo, começou-se a identificar sistemas em que o modelo centralizado não era operado. Nesses sistemas, as inovações eram geradas por inovadores locais, que as transmitiam para os adotantes potenciais por meio de uma estrutura horizontal de comunicação. Esse modelo é classificado por Rogers como descentralizado (ver Figura 4).

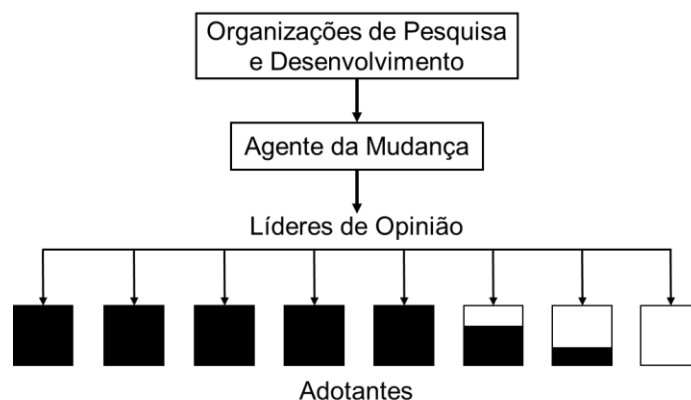


Figura 3 – Modelo centralizado de difusão de inovações (Adaptado de Rogers, 2003).

Em comparação ao modelo centralizado de difusão de inovações, inovações que são difundidas por meio de um modelo descentralizado tendem a se enquadrar melhor às necessidades e problemas dos adotantes potenciais. Os modelos descentralizados são preferíveis quando as inovações não exigem um elevado grau de expertise técnica. Rogers (ibid.) argumenta que existe a possibilidade de agregar as características de ambos os modelos em um formato híbrido. Nesse sentido, amparados pelos estudos empíricos realizados, defendemos a tese de que a difusão de inovações didáticas no ensino superior deve seguir um modelo híbrido, cujos caminhos para sua construção são apresentados no Capítulo 8.

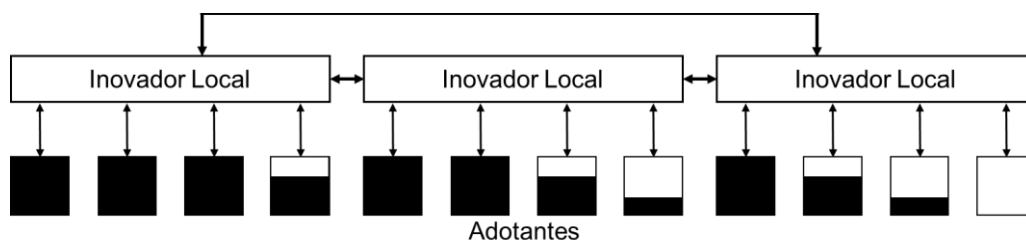


Figura 4 – Modelo descentralizado de difusão de inovações (Adaptado de Rogers, 2003)

Em síntese, a TDI compreende o processo de adoção e difusão de inovações como um sistema complexo, composto por diversos elementos interconectados. Conforme apresentamos na Seção 2.1, a literatura referente à temática de adoção e difusão de novas práticas de ensino tem subsidiado seus resultados à luz da teoria desenvolvida por Rogers. Nesta tese, a TDI orienta o desenvolvimento e a análise dos resultados dos estudos empíricos. Inicialmente, buscamos compreender em profundidade o processo de adoção de dois métodos centrados nos estudantes, o IpC e o EsM, por uma professora de Física em uma universidade pública brasileira. Na sequência, um segundo estudo almejou investigar a continuidade da prática inovadora dessa mesma professora, sendo também os impactos da adoção dos métodos investigados nesse estudo. O terceiro estudo empírico desta tese objetivou investigar, em um contexto diferente dos dois primeiros, como ocorreu o processo de adoção e difusão de métodos ativos de aprendizagem em disciplinas de Física Geral.

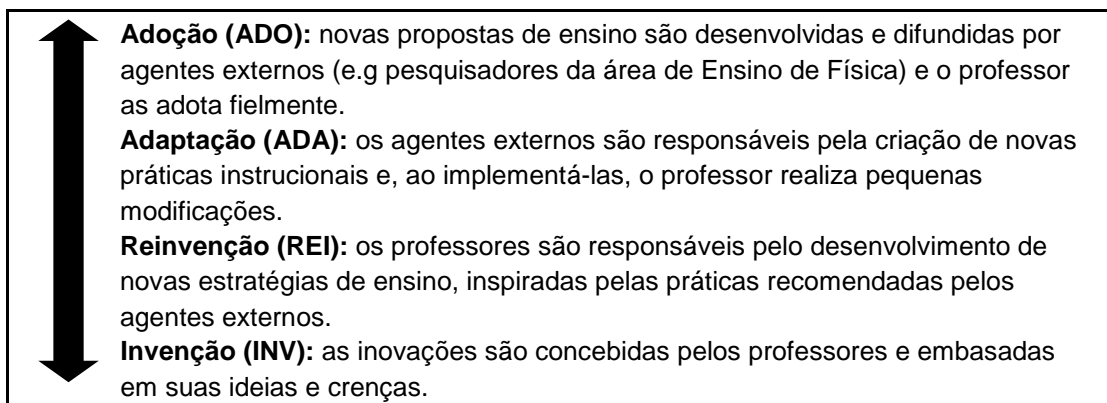
3.2 O Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas

Na Seção 2.1.4, apresentamos uma revisão de artigos sobre a difusão e a adoção de inovações didáticas. Por meio dela, tomamos contato com uma série de trabalhos desenvolvidos por Charles Henderson e colaboradores, na *Western Michigan University* (EUA). Parte dos estudos realizados pelos autores foram amparados na TDI (HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY, 2007; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012). O desenvolvimento do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas (MIID) se deu por meio de um estudo empírico realizado com cinco professores de Física que se apresentavam como potenciais utilizadores de inovações didáticas (HENDERSON; DANCY, 2008). A partir de uma série de entrevistas, os autores identificaram diferentes modos com que os professores adotaram novas práticas de ensino. De acordo com o MIID (ibid.), os professores se apropriam das inovações didáticas de quatro maneiras: *adoção*, *adaptação*, *reinvenção* e *invenção*. Essas categorias não são discretas, sendo dispostas em um contínuo conforme o Quadro 1.

Na categoria *adoção*, o agente de mudança desenvolve todos os materiais e procedimentos, e fornece para o professor aplicá-los da maneira mais fiel possível. Nesse extremo, a visão subjacente é a do instrutor como um receptor de práticas estabelecidas por um agente externo. Na extremidade oposta (categoria *invenção*), o instrutor desenvolve sua prática com influência externa mínima. Essa categoria está fundamentada na concepção de que o professor

desenvolve sua prática sem influências das pesquisas educacionais. Por outro lado, nas categorias adaptação e reinvenção, a ideia geral de uma nova prática instrucional advém de uma fonte externa (e.g. pesquisadores da área de Ensino de Ciências), mas o professor é responsável pelo desenvolvimento dos aspectos mais importantes de sua implementação. Embora seja possível que um professor desenvolva tais modificações com a ajuda de um agente de mudança, usualmente o instrutor as realiza em seu próprio contexto e amparado por suas crenças.

Quadro 1 – Contínuo de categorias do MIID (baseado em Henderson e Dancy, 2008).



Nesta tese, o MIID foi adotado na análise das implementações dos métodos de ensino nos estudos empíricos II e III. Em específico, no Estudo II investigamos como os métodos IpC e EsM foram incorporados à prática instrucional de uma professora de Física universitária e, no Estudo III, analisamos como os métodos ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas), IpC e EsM foram adotados por seis docentes de Física de uma universidade pública brasileira.

4. Metodologia de Pesquisa

A adoção e difusão de práticas inovadoras de ensino, tema central de desta tese, é um processo complexo, cujas variáveis, e seus desdobramentos, são imprevisíveis. Ao implementar novas práticas instrucionais, o professor pode se defrontar com uma série de dificuldades, podendo levar à sua descontinuidade (HENDERSON, 2005; PUNDAK; ROZNER, 2008). Além disso, a baixa incorporação de métodos inovadores está relacionada ao surgimento de barreiras (HENDERSON; DANCY, 2007, 2005, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; SMITH, 2012), também denominadas como “obstáculos estruturais” (HENDERSON; MESTRE; SLAKEY, 2015). Ao buscarmos compreender tais situações, é impossível dissociarmos o evento de interesse e o contexto em que ele está inserido. Nesse tipo de investigação, uma alternativa de delineamento de pesquisa é o estudo de caso. Em nosso trabalho, adotamos a perspectiva de estudo de caso de Robert Yin (YIN, 2015), que o define como (ibid., p. 17) *“uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites do fenômeno e o contexto não são claramente evidentes”*. Haja vista que nossa pesquisa tem como fenômeno de interesse os processos de adoção e difusão de métodos de ensino inovadores no contexto de universidades federais brasileiras, as orientações metodológicas de Yin se mostraram adequadas no delineamento de nossos estudos empíricos. Detalhamos, a seguir, as orientações de Yin acerca da metodologia de estudo de caso e apresentaremos o delineamento dos estudos realizados.

4.1 Estudo de caso na acepção de Robert Yin

Yin (2015) delimita três condições básicas para utilizar a metodologia de estudos de caso: (a) o tipo de questão de pesquisa proposto; (b) a extensão do controle que um pesquisador tem sobre os eventos comportamentais reais; (c) o grau de enfoque sobre eventos contemporâneos em oposição aos eventos totalmente históricos. Os estudos de caso são preferíveis quando as questões de pesquisa são do tipo *“como”* e *“por que”*. Tais questões são feitas para eventos contemporâneos em que os comportamentos relevantes não podem ser manipulados.

Segundo o autor, podemos categorizar os estudos de caso em três tipos: exploratório, descritivo e explanatório (ou analítico). Estudos que têm por objetivo obter informações preliminares acerca do respectivo objeto de interesse, ou ainda aprofundar a compreensão de um fenômeno pouco investigado, levando à identificação de categorias de observação ou à geração de hipóteses para estudos posteriores, são denominados exploratórios. Os estudos que têm como propósito central descrever como é o caso em consideração são chamados de descritivos. Por fim, os estudos que procuram desenvolver proposições teóricas a serem confrontadas com teorias existentes, ou até mesmo gerar novas teorias a serem testadas, são chamados de explanatórios.

Além disso, os estudos de caso podem ser categorizados em termos: i) do número de casos investigados, diferenciando em estudos de caso único e estudos de casos múltiplos; e ii) do número de unidades de análise, classificando como holísticos e incorporados. Os estudos que têm o foco em uma única unidade (uma pessoa, um objeto, um fenômeno) é um estudo de caso único; já quando o estudo é composto por diversos casos estudados simultaneamente, temos um estudo de caso múltiplo. Quando o estudo de caso envolve apenas uma unidade de análise, esse é denominado como holístico. Por outro lado, quando se tem múltiplas unidades de análise, o estudo é categorizado como integrado (ver Figura 5). Cabe aqui ressaltar que os casos podem conter quaisquer componentes de um todo, como objetos, ou entidades claramente identificáveis (pessoas, organizações, salas de aula, etc.), eventos, atividades (como o ato de ensinar) ou processos (como a aprendizagem de um conhecimento específico), bem como seu contexto.

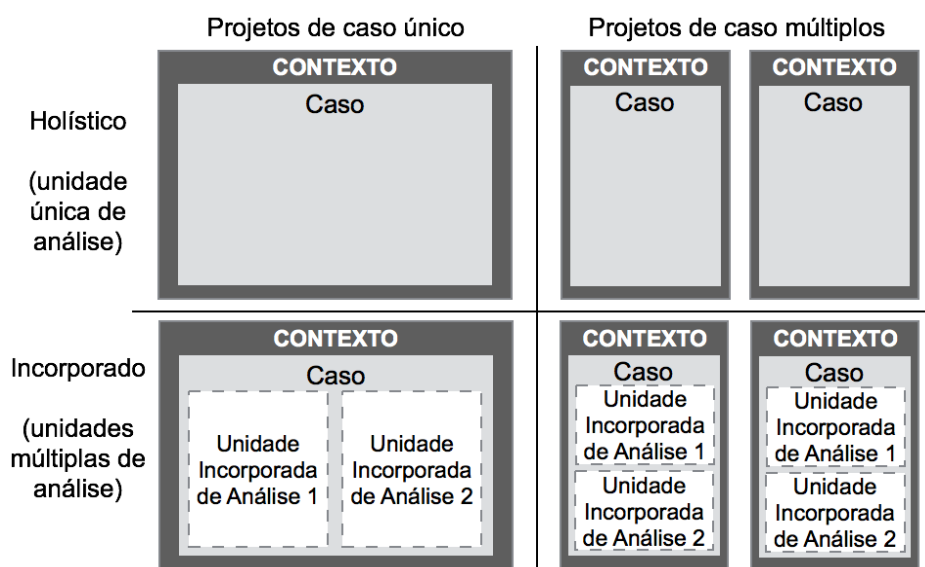


Figura 5 – Caracterização dos estudos de caso (YIN, 2015).

Yin afirma que, na medida do possível, o pesquisador deve preferir projetar estudos de caso múltiplos, pois a evidência dos casos múltiplos é, muitas vezes, considerada mais robusta (ibid.). No entanto, estudos de caso único podem ser preferíveis quando o caso for caracterizado como crítico, peculiar, comum, revelador ou longitudinal. Casos únicos críticos são utilizados quando se especificar um conjunto claro de circunstâncias na qual as proposições teóricas iniciais são válidas, ou ainda quando as características do caso apontam uma determinada tendência e busca-se avaliá-la. Os casos peculiares se apresentam em oportunidades distintas que as ocorrências diárias. Por outro lado, o caso único comum objetiva documentar situações corriqueiras, onde as lições aprendidas sobre o caso podem ser relacionadas a proposições teóricas. Os casos reveladores são identificados pela sua capacidade de investigar algum fenômeno inédito, ou que então era inacessível anteriormente. Por último, o caso longitudinal é preferido quando se têm acesso ao fenômeno em dois, ou mais, pontos diferentes de tempo. Passamos a detalhar, na próxima seção, como os estudos empíricos, conduzidos nesta tese, foram

concebidos, amparados na metodologia de estudo de caso na perspectiva de Yin (ibid.). Na sequência,

4.2 Encadeamento dos estudos

O primeiro estudo empírico é caracterizado, na perspectiva de Yin, como um estudo de caso único crítico do tipo exploratório. Com ele almejamos obter informações preliminares sobre um evento contemporâneo, qual seja o processo de mudança da prática docente de uma professora de Física, a qual chamaremos de Ana, que adotou os métodos de ensino IpC e EsM em uma disciplina de Física Geral III no semestre 2013/1. Esse estudo ocorreu em uma universidade pública federal do Estado do Rio Grande do Sul. Ana, conforme ficará mais claro na próxima seção, apresentava-se receptiva à adoção de inovações didáticas (possuía um perfil inovador) e, portanto, o sucesso, ou fracasso, na utilização de tais métodos estaria relacionado apenas a questões relativas ao processo de implementação, tornando-a, dessa forma, um estudo de caso crítico. Seu estudo é vantajoso pois ela, dessa forma, não apresentaria uma barreira inicial à adoção de novas propostas metodológicas.

Esse estudo teve uma duração de cinco meses e, como instrumentos de coleta de dados, além do caderno de campo, foram registradas em áudio 72 horas-aula da disciplina e conduzidas duas entrevistas semiestruturadas presenciais com a professora, com duração média de uma hora cada. Apenas 8 horas-aulas da disciplina, dedicadas à avaliação presencial, não foram gravadas. As transcrições dos registros em áudio das aulas e das duas entrevistas semiestruturadas compuseram um banco de dados, cuja análise foi realizada seguindo as orientações de Yin (Seção 5). Durante a execução desse estudo, o pesquisador teve como funções: apresentar os métodos IpC e EsM para a professora; executar a coleta de dados empregando os instrumentos já citados; auxiliar a professora durante a implementação dos métodos; e apresentar os métodos para os estudantes.

O segundo estudo empírico é caracterizado, na acepção de Yin, como um estudo de caso múltiplo do tipo exploratório, onde o caso investigado foi a continuidade da prática de Ana do IpC e do EsM, bem como o impacto dos métodos na aprendizagem e nas crenças e atitudes¹⁶ dos estudantes, em uma disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo. As duas unidades de análise do segundo estudo são a Ana e os alunos da disciplina de Física Geral Eletromagnetismo do semestre 2015/2. Ao estudarmos novamente o caso Ana, podemos compreendê-lo, dentro da categorização proposta por Yin, como um caso longitudinal. O intervalo de tempo entre os dois estudos foi de dois anos. Acreditamos que, após esse intervalo, a prática do IpC e do EsM, feita

¹⁶ Em nossa pesquisa, compartilhamos da acepção de crença e atitude proposta pela Teoria do Comportamento Planejado (TCP) de Icek Ajzen (1991, apud HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2012) que afirma 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.

por Ana, tenha sido consolidada. Dessa forma, é de nossa intenção averiguar como Ana se apropriou desses métodos em sua prática cotidiana.

O Estudo II teve uma duração de cinco meses e, como instrumentos de coleta de dados temos: caderno de campo; entrevista semiestruturada com Ana antes do início das aulas e após o final do semestre, ambas presenciais, com duração média de uma hora; teste padronizado *Brief Electricity & Magnetism Assessment* – BEMA (DING et al., 2006); exames da disciplina e questionário sobre a opinião dos estudantes acerca dos métodos. A transcrição da entrevista realizada, bem como das notas de campo, em conjunto com os dados obtidos dos outros instrumentos foram organizados e compuseram um banco de dados. A análise desses dados também foi realizada seguindo as orientações de Yin.

O terceiro estudo empírico desenvolvido nesta tese, qualificado como um estudo de caso único integrado, teve dois focos de análise, um descritivo e outro explanatório. O caso investigado foi a adoção e difusão de métodos ativos de aprendizagem em disciplinas de Física Geral em uma universidade pública brasileira do estado de São Paulo. Mediante uma descrição detalhada do processo de adoção e difusão das inovações didáticas, buscamos elementos que dessem suporte para a averiguação das proposições teóricas, à luz da TDI, construídas após a execução dos Estudos I e II.

O Estudo III teve como unidades de análise seis docentes que participaram, em momentos distintos, desse evento, bem como um estudante de graduação que cursou a disciplina de Física I após as modificações realizadas. A duração do período de coleta de dados do estudo foi de uma semana, na qual o pesquisador conheceu a infraestrutura da universidade, conduziu as entrevistas semiestruturadas com as unidades de análise (com duração média de uma hora) e observou duas aulas de dois docentes.

Na próxima seção passamos a expor as orientações de análise dos dados qualitativos de Yin, relacionando com o trabalho desenvolvido ao longo desta tese.

4.3 Análise de dados qualitativos

Em termos da análise dos dados obtidos nos estudos de caso, Yin (ibid.) define cinco fases distintas, a saber: *compilação*, *desagrupamento*, *reagrupamento*, *interpretação* e *conclusão*. A etapa de compilação de dados caracteriza-se pela classificação das notas de campo acumuladas a partir do trabalho de campo em grupos que facilitem a visão e compreensão dos dados. Em outras palavras, a compilação nada mais é do que a organização dos dados de modo a otimizar e facilitar o trabalho do investigador. O produto da compilação pode ser considerado então o banco de dados da pesquisa.

A fase de desagrupamento consiste na quebra dos dados compilados em fragmentos menores. Tal procedimento pode (mas não precisa) ser acompanhado pela atribuição de rótulos para os fragmentos. Yin (ibid.) destaca que esse processo pode ser repetido muitas vezes como

parte de um processo de tentativa e erro, pois o sucesso do pesquisador nessa fase depende intimamente da fase de reagrupamento. É durante a reagrupamento que os fragmentos produzidos são rearranjados em grupos de dados, ou seja, são categorizados. Devido a tal fato, as fases de desagrupamento e reagrupamento podem ser repetidas várias vezes de forma alternada, sempre com o intuito de buscar categorias que satisfaçam o objetivo da pesquisa. Yin (ibid.) ressalta ainda que os rearranjos e as recombinações podem ser facilitados pela representação gráfica dos dados ou em listas ou outras formas tabulares.

A etapa de interpretação envolve o uso do material reagrupado para criar uma narrativa que se tornará a parte analítica da investigação, podendo ser acompanhada de tabelas e gráficos. As interpretações iniciais podem nutrir no investigador o desejo de recompilar os dados brutos de alguma forma alternativa àquela inicialmente realizada, levando o pesquisador a revisitar as etapas de desagrupamento e reagrupamento. O produto da interpretação dos dados será o principal amparo para o desenvolvimento da etapa de conclusão, na qual o pesquisador vai refletir sobre seus resultados e elaborar as conclusões do seu estudo.

Ainda que as cinco etapas devam estar presentes em uma análise de dados rigorosa, Yin (ibid.) destaca que a execução delas não compreende uma ordem linear. Todas as fases podem ser continuamente revisitadas em função dos resultados obtidos em etapas posteriores. Além disso, durante o desenvolvimento da investigação, a exposição do pesquisador a outras experiências pode influenciar seu pensamento, o que pode acarretar um desejo por parte deste de investir em modificações em qualquer uma das cinco fases.

Visando exemplificar as etapas de análise dos dados qualitativos propostas por Yin (ibid.), apresentamos, abaixo, uma *compilação* de parte das respostas dos estudantes do Estudo II ao questionário aplicado ao final do semestre.

Aluno 19: *Para quem trabalha e chega tarde em casa é bem complicado, pois ter que deixar "post it" em todos os cantos da casa e na tela do PC e celular para não esquecer de fazer a Tarefa de Leitura não é nada fácil.*

Aluno 32: *Quando eu me matriculei na cadeira eu pensava que seria horrível me submeter a testes em aula. No entanto, este preconceito mudou quando as aulas tiveram início. Acho o método do clickers muito bom, eu sempre levo a sério as perguntas, até mesmo para mensurar o quanto estou compreendendo a matéria ou não.*

Aluno 1: *O uso das tarefas de leitura incentiva a um estudo de forma mais constante.*

Aluno 3: *Sou uma pessoa um pouco tímida, então quando por exemplo meus amigos não estavam por perto eu não me sentia confortável em discutir com desconhecidos, então via isso como ponto negativo nessas horas, pois me sentia um pouco pressionada a algo que não me sentia à vontade em fazer.*

Aluno 13: *O uso dos clickers e os testes conceituais mantém os alunos participando ativamente das aulas, os estudantes se tranquilizam mais na hora de responder devido ao anonimato.*

Aluno 21: Vejo que a discussão se mostra vantajosa quando, por exemplo, erramos uma questão, e logo após é aberta a discussão e um colega próximo pode explicar numa linguagem talvez até mais simplificada sobre qual a resposta correta e o porquê.

Aluno 2: Acredito que o número de tarefas de leitura foi grande, e pode ser diminuído, aumentando a dificuldade das mesmas.

Aluno 13: O único problema da discussão é que eventualmente os estudantes acabam indicando uma solução errada, resultado dessa discussão, mas isso é eventual.

Inicialmente, *desagrupamos* os dados compilados em dois grupos, onde os identificamos pelos rótulos “atitudes positivas” e “atitudes negativas”, categorizando a fase de *reagrupamento*. No Quadro 2 apresentamos o primeiro processo de desagrupamento e reagrupamento.

Quadro 2 – Produto inicial das etapas de *agrupamento* e *desagrupamento* com parte das respostas dos estudantes do Estudo II.

Atitudes positivas	<p>Aluno 32: Quando eu me matriculei na cadeira eu pensava que seria horrível me submeter a testes em aula. No entanto, este preconceito mudou quando as aulas tiveram início. Acho o método do <i>clickers</i> muito bom, eu sempre levo a sério as perguntas, até mesmo para mensurar o quanto estou compreendendo a matéria ou não.</p> <p>Aluno 1: O uso das tarefas de leitura incentiva a um estudo de forma mais constante.</p> <p>Aluno 13: O uso dos <i>clickers</i> e os testes conceituais mantém os alunos participando ativamente das aulas, os estudantes se tranquilizam mais na hora de responder devido ao anonimato.</p> <p>Aluno 21: Vejo que a discussão se mostra vantajosa quando, por exemplo, erramos uma questão, e logo após é aberta a discussão e um colega próximo pode explicar numa linguagem talvez até mais simplificada sobre qual a resposta correta e o porquê.</p>
Atitudes negativas	<p>Aluno 19: Para quem trabalha e chega tarde em casa é bem complicado, pois ter que deixar "post it" em todos os cantos da casa e na tela do PC e celular para não esquecer de fazer a Tarefa de Leitura não é nada fácil.</p> <p>Aluno 3: Sou uma pessoa um pouco tímida, então quando por exemplo meus amigos não estavam por perto eu não me sentia confortável em discutir com desconhecidos, então via isso como ponto negativo nessas horas, pois me sentia um pouco pressionada a algo que não me sentia à vontade em fazer.</p> <p>Aluno 2: Acredito que o número de tarefas de leitura foi grande, e pode ser diminuído, aumentando a dificuldade das mesmas.</p> <p>Aluno 13: O único problema da discussão é que eventualmente os estudantes acabam indicando uma solução errada, resultado dessa discussão, mas isso é eventual.</p>

Conforme as orientações de Yin, essas etapas podem ser repetidas sempre que o pesquisador sentir necessidade, buscando novos agrupamentos que facilitarão a interpretação dos dados e a construção das conclusões do estudo. O Quadro 3 apresenta o desagrupamento e reagrupamento em subcategorias (a partir das categorias estabelecidas no Quadro 2).

Quadro 3 – Produto final após nova execução das etapas de *agrupamento* e *desagrupamento* com parte das respostas dos estudantes do Estudo II.

Atitudes positivas	Uso dos Testes Conceituais	<p>Aluno 32: Quando eu me matriculei na cadeira eu pensava que seria horrível me submeter a testes em aula. No entanto, este preconceito mudou quando as aulas tiveram início. Acho o método do clickers muito bom, eu sempre levo a sério as perguntas, até mesmo para mensurar o quanto estou compreendendo a matéria ou não.</p> <p>Aluno 13: O uso dos clickers e os testes conceituais mantém os alunos participando ativamente das aulas, os estudantes se tranquilizam mais na hora de responder devido ao anonimato.</p>
	Tarefas de Leitura	<p>Aluno 1: O uso das tarefas de leitura incentiva a um estudo de forma mais constante.</p>
	Discussão entre os colegas	<p>Aluno 21: Vejo que a discussão se mostra vantajosa quando, por exemplo, erramos uma questão, e logo após é aberta a discussão e um colega próximo pode explicar numa linguagem talvez até mais simplificada sobre qual a resposta correta e o porquê.</p>
Atitudes negativas	Número de Tarefas de Leitura	<p>Aluno 19: Para quem trabalha e chega tarde em casa é bem complicado, pois ter que deixar "post it" em todos os cantos da casa e na tela do PC e celular para não esquecer de fazer a Tarefa de Leitura não é nada fácil.</p> <p>Aluno 2: Acredito que o número de tarefas de leitura foi grande, e pode ser diminuído, aumentando a dificuldade das mesmas.</p>
	Discussão entre os colegas	<p>Aluno 13: O único problema da discussão é que eventualmente os estudantes acabam indicando uma solução errada, resultado dessa discussão, mas isso é eventual.</p> <p>Aluno 3: Sou uma pessoa um pouco tímida, então quando por exemplo meus amigos não estavam por perto eu não me sentia confortável em discutir com desconhecidos, então via isso como ponto negativo nessas horas, pois me sentia um pouco pressionada a algo que não me sentia à vontade em fazer.</p>

Por meio do reagrupamento em categorias, os dados são interpretados mediante a construção de uma narrativa, que pode ser acompanhada de gráficos e tabelas (Ibid.). Uma interpretação para os dados reagrupados anteriormente (Quadro 3) é de que o excesso de Tarefas de Leitura realizadas pelos estudantes ao longo do semestre contribuiu para que estes desenvolvessem uma atitude pouco favorável ao EsM. Essa interpretação, e as demais construídas ao longo da análise dos dados desta tese, foram fundamentais para a construção das narrativas contidas nos capítulos 5, 6 e 7. Em específico sobre a interpretação apresentada anteriormente, a seção 6.4.3 apresenta a narrativa em que ela foi utilizada.

5. Estudo I: Estudo de caso sobre a adoção de métodos ativos no ensino de Física universitária

O primeiro estudo desta tese teve como objetivo analisar, por meio de um estudo de caso, o processo de mudança da prática docente de uma professora de Física, a qual chamaremos de Ana (nome fictício), que adotou os métodos de ensino IpC e EsM no contexto de uma disciplina de Física Geral universitária (questões *i* e *ii*). Nossa revisão da literatura aponta que existem diversas variáveis associadas ao processo de mudança das práticas instrucionais (ver Seção 2.1), fazendo com que o objeto de estudo e o contexto não apresentem limites bem estabelecidos. Dessa forma, optamos por estudar apenas uma professora, a Ana, visando compreender profundamente o processo de adoção de inovações em nosso contexto de investigação. Amparados no modelo de adoção de inovações, presente na TDI (ROGERS, 2003), e nas orientações metodológicas de Yin (YIN, 2015), estabelecemos a seguinte questão de pesquisa: *como ocorreu o processo de mudança da prática docente de uma professora universitária de Física receptiva a inovações didáticas, que passou a utilizar os métodos de ensino IpC e EsM?*

Na perspectiva de Yin, o Estudo I pode ser identificado como um estudo de caso único (crítico) do tipo exploratório. O evento contemporâneo investigado foi o processo de mudança da prática docente de uma professora de Física que adotou os métodos de ensino IpC e EsM, bem como as dificuldades enfrentadas ao utilizar tais métodos, sendo o contexto de investigação uma disciplina de Física Geral III em uma universidade federal brasileira (questões *i* e *ii*).

O estudo teve uma duração de cinco meses. Um termo de consentimento foi assinado pela professora (Apêndice C). Como instrumentos de coleta de dados, além do caderno de campo, foram registradas em áudio 72 horas-aula da disciplina de Física Geral III e conduzidas duas entrevistas semiestruturadas (Apêndice D) com a professora. Conforme já mencionado, oito horas-aula da disciplina, dedicadas às avaliações presenciais, não foram gravadas. Os principais trechos das aulas registradas em áudio foram transcritos, compondo, junto com as transcrições das duas entrevistas semiestruturadas, um banco de dados. A análise desses dados foi realizada seguindo as orientações de Yin, apresentadas na seção anterior.

5.1 Como ocorreu o processo de mudança da prática docente de uma professora universitária de Física receptiva a inovações didáticas, que passou a utilizar os métodos de ensino IpC e EsM?

A apresentação dos resultados relativos a essa pergunta será dividida em três seções. Começamos com um relato da trajetória de vida do sujeito da pesquisa, que justifica considerá-lo um caso crítico (*Trajatória de Ana*). Nele, também levantamos os primeiros indícios de que Ana apresentava alguns dos pré-requisitos estabelecidos pelo modelo de Rogers. Na sequência, apresentamos uma seção intitulada "*Mudança na prática de Ana: um relato de observação*". Tal relato envolve todo o período da pesquisa. Ainda nessa seção, buscamos elencar fatores relevantes ao processo de mudança da prática de Ana, que serviram de base, juntamente com a

seção anterior, para a análise da incorporação do IpC e do EsM à luz do modelo de Rogers (A mudança na prática de Ana à luz do modelo de Rogers).

5.1.1 Trajetória de Ana

Ana começou a ministrar disciplinas de Física para os cursos de engenharia no primeiro semestre de 2011, mesmo ano em que ingressou como professora via concurso público no Instituto de Física de uma universidade federal brasileira. Ela possui Doutorado em Física, título obtido em uma universidade australiana, e suas experiências como docente, antes de seu Doutorado, foram limitadas a aulas particulares de piano.

Conforme seu relato na primeira entrevista semiestruturada, Ana realizou um curso opcional durante seu doutorado cujo objetivo era proporcionar aos futuros pesquisadores um espaço para realização de atividades docentes. Sua experiência didática como professora nesse curso limitou-se a três aulas, em uma turma de aproximadamente 300 estudantes.

Lá [se referindo à Universidade na Austrália] não era obrigatório dar aulas, mas voluntariamente eu procurei por atividades ligadas ao ensino porque eu queria ter experiência nessa parte; eu gosto de dar aula [...]. Eu queria aprender a ter mais contato com a parte de sala de aula. Eu fiz alguns cursos, um deles, por exemplo, era para permitir que alunos de doutorado tivessem a oportunidade de dar aulas, pois na Austrália, a universidade é grande, tem em torno de 300 alunos de Engenharia, Física e Ciências Exatas, e todos eles estão na mesma sala. Não existem dois professores dando aula ao mesmo tempo, da mesma disciplina. Então, naquela disciplina, eu participei como professora por três aulas. E isso não é um número pequeno, porque outros professores também não dão muito mais aulas do que isso. Às vezes, um semestre tem cinco ou seis professores, cada um dá mais ou menos um mês de aula. Isso é ruim, eu não gosto muito do sistema deles porque acho que é ruim para os alunos.

Em seu discurso é possível perceber que Ana possui um sentimento positivo frente a atividades docentes, haja vista que, voluntariamente, ela participou do curso mencionado. Além disso, Ana demonstra certo grau de descontentamento com o sistema de rodízio de professores em uma mesma disciplina, que a universidade empregava, pois entende que é pouco favorável para os estudantes.

Seu contato com a profissão docente, durante esse curso, possibilitou que ela tomasse conhecimento de métodos de ensino diferenciados, em específico com o IpC. Além disso, Ana conheceu a tecnologia dos *clickers*, que são dispositivos similares a pequenos controles remotos que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor por meio de um receptor

conectado em uma porta USB. Os *clickers* permitem que o professor obtenha um *feedback* das respostas dos estudantes a questões de múltipla escolha sobre algum tópico ou conceito específico. Tal *feedback* pode ser utilizado para tomar decisões pedagógicas como, por exemplo, retomar a explicação inicial do conceito abordado na questão.

Quanto à sua experiência com novas propostas de ensino, Ana relatou em sua primeira entrevista:

Eles utilizavam uma tecnologia que eu nunca tinha visto, que eram os clickers, e lá eles não tinham muito acesso, eles compraram um conjunto de 100 clickers e os alunos se dividiam em grupos de três e cada grupo utilizava um clicker, pois não tinha para todos alunos. Foi uma experiência muito interessante [...]. No primeiro semestre, eles tentaram o Peer Instruction, a ideia era não dar aula, os alunos lerem uma sessão do livro antes da aula e chegarem na aula e responderem uma série de perguntas e o professor adaptar a explicação para as dúvidas dos alunos, essa era a aula. A resposta dos alunos ao PI foi muito ruim, apesar da iniciativa deles ter sido muito boa, eles não conseguiram dar conta do que os alunos precisavam.

Apesar de Ana demonstrar, em seu discurso, um sentimento favorável ao uso de inovações didáticas, especialmente ao uso da tecnologia dos *clickers*, a experiência pouco sucedida da adoção do IpC, em termos das respostas dos estudantes, marcou negativamente seu primeiro contato com tais métodos. É importante destacarmos que o método de ensino adotado em tal universidade é somente uma versão modificada do IpC, pois a etapa de votação individual foi substituída por votação em grupos de aproximadamente três alunos (já que não havia *clickers* para todos alunos) e, além disso, as dúvidas dos estudantes não eram acessíveis aos professores antes da aula, característica fundamental do EsM.

Um reflexo dessa experiência pode ser percebido em termos das escolhas metodológicas feitas por Ana quando tornou-se professora universitária no Brasil. Em sua primeira experiência como docente universitária no Brasil, Ana optou por utilizar os *flashcards*, não incluindo elementos centrais do uso combinado entre o IpC e o EsM, tais como atividades docentes de preparação prévia às aulas e a discussão entre os colegas durante as questões conceituais. Durante suas aulas, Ana utilizava questões de múltipla escolha (questões conceituais), a fim de obter um *feedback* da aprendizagem dos alunos, além de abrir espaço para tornar os estudantes mais ativos durante o processo de aprendizagem. Mesmo com o desconhecimento da existência dos *clickers* em sua instituição, os quais eram utilizados por outro professor do departamento, Ana utilizou como alternativa os cartões coloridos (*flashcards*). O uso das questões conceituais também ocorreu no segundo semestre, no entanto, o sistema de votação utilizado por Ana foram os *clickers*. Segundo Lasry (2008) não há diferença, em termos da aprendizagem conceitual

alcançada pela implementação do IpC ao se utilizar os *clickers* ou *flashcards* como sistemas de votação.

As respostas dos estudantes, em termos da aprendizagem dos conteúdos e do índice de aprovação da turma, foram identificadas por Ana como fatores de sucesso. Aliado a isso, segundo ela, ao utilizar as questões conceituais, os estudantes tornaram-se mais ativos, proporcionando um maior engajamento cognitivo. Esse resultado é coerente, segundo sua visão, com o que é importante no processo de aprendizagem. Durante a entrevista semiestruturada, ela comentou: “*Eu acredito que aprender depende muito da ação, não é uma atividade passiva em que a gente vai aprendendo*”.

De maneira geral, podemos sintetizar que Ana possui dois dos pré-requisitos que o modelo de Rogers prevê: seu perfil inovador, caracterizado por sua grande receptividade a novas abordagens para a sala de aula; e suas experiências anteriores (durante seu doutorado e seu primeiro ano como docente) com uma versão modificada do IpC. A presença desses pré-requisitos torna Ana, segundo Rogers, um sujeito mais suscetível a engajar-se no processo de adoção de inovações. Na perspectiva de Yin, Ana pode ser reconhecida como um caso crítico, ou seja, suas características apontam que ela será receptiva à adoção do IpC e do EsM e, mediante seu estudo, buscamos identificar se tal tendência se confirma.

5.1.2 *Mudança da prática de Ana: um relato de observação*

A trajetória traçada anteriormente aponta que nosso sujeito de pesquisa apresenta características únicas, motivo pelo qual foi escolhido para o presente estudo. Tivemos contato com relatos da prática feita por Ana em suas aulas (aqui brevemente descritas) no final do ano de 2011.

No primeiro semestre de 2013, Ana foi convidada a modificar sua prática, por meio da incorporação do IpC e do EsM em suas aulas durante um tópico de Física da disciplina de Física Geral III (disciplina oferecida aos alunos do curso de Física da universidade em que Ana leciona), que abarca os conteúdos referentes aos fenômenos do eletromagnetismo. O tópico selecionado foi a Lei de Faraday, que teve uma duração de três aulas, compreendendo seis horas-aula. A turma na qual o estudo ocorreu era composta por 28 alunos, 23 do sexo masculino e cinco do sexo feminino. As aulas, ministradas no turno da manhã, tinham duração de 2 horas-aula.

O período de observação teve início no dia 11/03/2013. No primeiro encontro, Ana apresentou o planejamento da disciplina, explicando aos estudantes quais atividades avaliativas seriam utilizadas. Comentou, também sobre a exigência de nota mínima nas provas e as respectivas datas de execução, além do livro didático que seria adotado como referência. Ao explicar a estratégia didática que seria adotada ao longo do semestre, Ana comentou:

Bom, como eu disse para vocês, eu acredito que, apesar de existir diversas formas de aprender, a mais eficiente é fazendo. Algumas pessoas têm a capacidade de aprender ouvindo, mas fazendo, a gente

aprende melhor. Então, eu gosto muito de utilizar nas minhas aulas coisas que façam a gente fazer, aprender. Apesar de termos poucos, comparando com as engenharias, ainda assim é muita gente, não dá para fazer uma discussão em que todos participem. Mas existem essas coisas, que até agora são a sétima, ou oitava, maravilhas do mundo da educação, que se chamam clickers. Alguém já ouviu falar sobre os clickers? [os alunos demonstraram não conhecer o aparato] Então, apresento a vocês os clickers [mostrou os clickers para os estudantes]. [...] Eu trouxe essa ideia da Austrália. O professor A [professor do Instituto de Física, colega de Ana] já utilizava aqui, mas eu não sabia. Eu trouxe essa ideia da Austrália, lá onde eu trabalhei. Lá, as turmas têm 300 alunos. Então tem uma turma única para a Universidade inteira, com 300 alunos na sala, e eles utilizam os clickers e funciona. É bem bacana! Então a ideia é a seguinte: [...] no meio da aula, de vez em quando, eu vou colocar uma pergunta. É uma pergunta teórica, ou algo conceitual, algo que a gente resolva na hora. E aí, todo mundo tem que responder com o seu clicker. Aí aparece a estatística das respostas assim que vocês terminaram de responder. É uma forma bem bacana de verificar se vocês entenderam. Se muita gente não entender a gente tem que voltar e explicar novamente. Se todo mundo entendeu nós vamos adiante. E é uma forma de todo mundo participar e ninguém vai querer dormir na aula. Vocês não são obrigados a utilizar, é uma coisa facultativa. Se não quiser, não tem problema. Mas olha, é bacana!

Ana, ao explicar o que eram os *clickers*, afirmou que eles seriam utilizados com o intuito de engajar os estudantes ao longo das aulas, além de fornecer um *feedback* imediato da aprendizagem dos conceitos expostos por meio de questões de múltipla escolha. Ana reforçou positivamente seu discurso relatando suas experiências anteriores com os *clickers*, tanto na universidade em que fez seu doutorado, quanto nas aplicações feitas como docente no Brasil. Além disso, o entusiasmo de Ana pode ser percebido em diversos momentos em sua fala, onde a expressão “é bem bacana” foi utilizada para enfatizar seu sentimento para com a proposta metodológica. Concomitantemente, Ana justifica sua escolha explicitando aos alunos, logo no início de sua fala, suas concepções sobre o processo de aprendizagem.

As aulas, ao longo do semestre, contaram com a presença média de 20 alunos. As explicações de Ana eram feitas com o auxílio de apresentações criadas com um *software* específico e projetadas com um projetor multimídia conectado ao computador. Durante as aulas, algumas questões de múltipla escolha eram projetadas, e após um ou dois minutos, sem conversar com os colegas, os estudantes as respondiam com o uso dos *clickers*. Suas respostas eram

coletadas e processadas pelo computador do professor sendo exibidas na forma de histogramas, que permitiam que Ana avaliasse o percentual de acerto dos alunos em cada questão. Tais gráficos eram apresentados aos estudantes imediatamente após as votações, mas não antes. Quando os estudantes optavam, majoritariamente, pela resposta incorreta, Ana retomava a explicação do tópico da aula, havendo pouca interação entre os estudantes e ela. Caso a maior parte dos estudantes optasse pela resposta correta, Ana continuava sua explanação, passando para um novo tópico.

As aulas expositivas foram intercaladas, com alguma frequência, com aulas de resolução de problemas numéricos envolvendo os tópicos das aulas. Durante essas aulas, Ana circulava entre os estudantes, auxiliando-os no processo de resolução dos exercícios propostos. Em algumas aulas, ela utilizou a apresentação de vídeos para auxiliar a exposição dos conteúdos, bem como algumas simulações computacionais do projeto *Phet Colorado* (para maiores informações sobre o projeto, acessar: <http://phet.colorado.edu/>).

Durante o tópico Lei de Faraday, Ana passou a utilizar o IpC e o EsM. Na aula anterior, a pedido da professora, o pesquisador apresentou os métodos para os estudantes, explicando as modificações que ocorreriam nas próximas três aulas, incluindo a execução de Tarefas de Leitura anteriores às aulas, bem como da incorporação de uma nova abordagem para a respostas das questões conceituais onde, dependendo da frequência de acertos na primeira votação, os estudantes deveriam discutir com colegas sobre suas respostas. Os alunos não demonstraram aversão à nova proposta.

É importante destacar que, mesmo cientes de que Ana já havia tido contato com uma versão modificada do IpC durante seu doutorado, antes da implementação do IpC em conjunto com o EsM, realizamos um encontro onde apresentamos em detalhes tais métodos, bem como a maneira como procederíamos ao longo da sequência de aulas em que eles seriam utilizadas. Dessa forma, retomamos a primeira etapa do modelo proposto por Rogers: conhecimento.

Para a execução da primeira Tarefa de Leitura, os alunos tiveram que ler três seções de um livro texto indicadas por Ana (Princípios de Física, V.3, 3ª edição. Autores: Serway, R. A. & Jewett, J. J. W.) e tiveram que responder a três questões, por meio de uma plataforma de ensino a distância (*Moodle*): uma questão de *feedback* relativo à leitura e duas questões conceituais sobre a Lei de Faraday (ambas as respostas deviam ser justificadas) (Apêndice E). A participação dos alunos foi satisfatória; 20 estudantes responderam às questões, apresentando excelentes argumentos e/ou questionamentos que foram utilizados por Ana durante suas explicações do conteúdo. A primeira Tarefa de Leitura foi utilizada como subsídio para duas aulas. Na primeira aula, Ana abriu sua explanação apresentando algumas dúvidas dos estudantes (obtidas por meio da primeira questão da Tarefa de Leitura). Nessa aula, três questões conceituais foram respondidas pelos estudantes e, em todas elas, a etapa da discussão entre os colegas ocorreu. As

discussões foram frutíferas, gerando uma convergência de 100% para resposta correta em todas as três questões.

Durante a segunda aula, Ana continuou sua explanação a respeito da Lei de Faraday. Ela complementou sua explanação com algumas dúvidas dos estudantes ainda oriundas da primeira Tarefa de Leitura. Além disso, mais duas questões conceituais foram propostas, tendo ocorrido a discussão entre os colegas. A convergência para a resposta correta ocorreu em apenas uma questão.

A segunda Tarefa de Leitura teve estrutura similar à primeira: os estudantes leram três seções do livro texto e responderam a três questões. A participação dos estudantes foi menor, em termos de respondentes, apenas 17 alunos realizaram a Tarefa de Leitura, porém a qualidade das respostas e dos questionamentos se manteve boa. A explanação de Ana, durante a terceira aula, foi sustentada por algumas dúvidas dos estudantes, oriundas da segunda Tarefa de Leitura. Duas questões conceituais foram propostas durante a aula, porém a etapa de discussão entre os colegas não ocorreu, devido ao alto índice de acertos na primeira votação.

Em sua terceira aula, Ana, antes de iniciar sua explanação, expressou sua opinião sobre os métodos que estavam sendo utilizadas nas três últimas aulas:

Bom pessoal, essas aulas que nós estamos fazendo é um experimento. Para mim, esses métodos estão sendo bastante interessantes. Assim, é mais difícil, dá dez vezes, duzentas vezes mais trabalho, porque tem que estar preparando a aula tão em cima da hora, mas eu estou gostando. Daí pelo menos eu acho que está chegando mais em vocês, do que eu apenas trazer algo que talvez vocês nem estejam interessados ou não, mas, ao mesmo tempo a falta de presença está me preocupando um pouco. Se é totalmente inútil eu fazer a aula, nós podemos fazer outra coisa. Por favor, me mantenham informada. Qualquer opinião de vocês é importante, mesmo que seja uma crítica não muito boa, não tem problema. Eu gosto que me contem.

Ana afirma que os métodos novos estão “chegando” mais aos estudantes, pois as dúvidas dos estudantes são vistas como ponto de partida para suas explicações. Além disso, os estudantes acabam por ter a oportunidade de ter contato com os conteúdos de Física antes da aula, ampliando suas oportunidades de aprendizagem. Sua atitude mostra-se favorável ao uso do IpC e do EsM, mesmo que o uso desses métodos envolva mais trabalho por parte do professor, especialmente relacionado às Tarefas de Leitura, onde os estudantes expressam suas dúvidas sobre o conteúdo e, em alguns casos, tais questionamentos não estariam abarcados em sua explanação usual, exigindo, dessa forma, maior preparação para a aula.

Além disso, a baixa presença dos alunos na terceira aula foi um fator que Ana apontou em sua fala. As aulas foram remodeladas em torno das dúvidas dos estudantes, explicitadas nas

Tarefas de Leitura, fazendo com que, a princípio, o número de alunos aumentasse. Contudo, isso não aconteceu na terceira aula. Um ponto importante, que pode estar relacionado à pouca presença dos alunos, era a época de provas em outras disciplinas que estavam sendo cursadas pelos alunos de Ana. Segundo relatos de alguns estudantes, muitos não estavam frequentando as aulas para dedicarem-se a outras disciplinas.

Durante o processo de implementação do IpC e do EsM, o pesquisador auxiliou Ana em suas aulas, especificadamente na construção e correção das Tarefas de Leitura e na seleção de questões conceituais que seriam utilizadas durante as aulas. Os alunos respondiam às Tarefas de Leitura por meio de uma plataforma de ensino a distância (*Moodle*) e, além de postar as questões para os estudantes, o pesquisador fazia um levantamento das respostas deles, organizando as dúvidas citadas, bem como computando os índices de acerto às questões conceituais. Esse suporte fornecido pelo pesquisador à Ana fazia parte da proposta de implementação dos métodos, ou seja, Ana foi convidada a utilizar o IpC e o EsM e, durante todo o processo de implementação, o pesquisador iria auxiliá-la nas tarefas necessárias. Consideramos esse suporte de extrema importância para professores que pretendam começar a utilizar o IpC e o EsM.

Durante as três aulas narradas anteriormente, Ana engajou-se na nossa proposta de modificar sua prática por meio da incorporação do IpC e do EsM. Nossa proposta possibilitou que Ana tivesse uma experiência parcial com os métodos, permitindo a avaliação das mesmas em termos do grau de *vantagem relativa* (às práticas anteriores), bem como a *compatibilidade* com suas crenças. Não obstante, à luz do modelo de Rogers, nossa proposta pode ser entendida como uma adoção parcial da inovação (*trial version*), a qual pertence a etapa de *decisão*.

De maneira geral, a experiência de Ana com os métodos foi positiva. Inclusive, após o tópico de Lei de Faraday, Ana, deliberadamente, manteve os dois métodos até o final da disciplina, que incluía os tópicos de circuitos RC, RL e RLC, além das equações de Maxwell. O processo de decisão de adotar uma inovação também é pertencente à etapa de decisão. Por conseguinte, após nossa proposta, Ana passou para a etapa de *implementação e confirmação*.

5.1.3 A mudança na prática de Ana à luz do modelo de Rogers

Conforme argumentamos na seção *Trajatória de Ana*, o sujeito de nossa pesquisa possuía dois dos pré-requisitos estabelecidos por Rogers, vistos como fundamentais para que seja dado início ao processo de adoção de inovações. Ana possuía um perfil inovador, caracterizado por sua grande receptividade a novos métodos de ensino, bem como experiências anteriores (durante seu doutorado e seu primeiro ano como docente) com uma versão modificada do IpC. A influência desses pré-requisitos pode ser percebida pelo fato de Ana ter se engajado na proposta de modificar sua prática, incorporando o uso conjunto do IpC e do EsM.

A seção anterior foi dedicada ao relato da experiência de Ana com o IpC e o EsM durante três aulas, bem como a um resumo da prática anterior. O processo de adoção dos métodos foi

precedido por uma reunião com o pesquisador, onde os detalhes referentes à implementação conjunta do IpC com o EsM foram apresentados. Entre os detalhes apresentados, destacamos o papel das Tarefas de Leitura como preparação prévia dos alunos e para a preparação das exposições dos conceitos (ancoradas nas dúvidas dos alunos), bem como a importância da interação entre os alunos após a primeira rodada de votações para as Questões Conceituais. Essa etapa, no modelo de Rogers, refere-se à etapa *conhecimento*.

A etapa subsequente (*persuasão*) relaciona-se à formação de atitudes favoráveis, ou desfavoráveis, frente à inovação. Usualmente, após o sujeito adquirir conhecimentos sobre a inovação, ele desenvolve atitudes frente à inovação e então passa para a etapa de decisão, onde opta por adotar, ou não, a nova ideia. Contudo, esse processo nem sempre é linear; sobreposições das etapas *persuasão* e *decisão* podem ser encontradas. Em nosso estudo, podemos perceber que essas etapas ocorreram concomitantemente.

Ao propormos à Ana que utilizasse o IpC e o EsM durante uma sequência de aulas sobre o tópico de Lei de Faraday, criamos um espaço para que ela pudesse eliminar suas incertezas sobre a eficiência dos métodos em seu contexto de ensino. Rogers afirma que testar a inovação em uma base limitada (*trial version*) é uma estratégia frutífera para diminuir o grau de incerteza sobre as consequências de se adotar a inovação. Além disso, Ana também estava revisando suas crenças iniciais sobre o IpC e o EsM; portanto estava na etapa de *persuasão*.

Segundo Rogers, existem cinco fatores, relacionados à percepção das características da inovação, que influenciam a formação das atitudes: *vantagem relativa*, *compatibilidade*, *complexidade*, *testagem* e *observabilidade*. Ana externalizou, em suas aulas e durante a entrevista semiestruturada realizada ao final do semestre, suas percepções acerca do IpC e do EsM. Essas percepções puderam ser classificadas em termos da *vantagem relativa* e da *compatibilidade*.

Vantagem relativa: em termos das *vantagens relativas*, Ana percebe que o uso conjunto do IpC e do EsM possibilita que os estudantes aprofundem mais o conteúdo trabalhado, pois por meio das tarefas de leitura, especialmente, o professor é capaz de adaptar suas exposições para as dúvidas dos alunos. Além disso, a discussão entre os colegas é vista como essencial para o desenvolvimento de habilidades de interação social, bem como um espaço para que dúvidas surjam, levando a um maior grau de conhecimento.

Como aspectos positivos da adoção das Tarefas de Leitura, Ana destacou que a preparação prévia dos alunos, além de possibilitar que o professor tome contato com dúvidas que os estudantes possuem, e que muitas vezes não são abarcadas em suas explicações, permite que haja um maior aprofundamento do conteúdo durante o tempo de aula. Em sua fala:

Os alunos que se preparam para a aula lendo o material previamente, e respondendo perguntas relacionadas, têm um nível de compreensão maior que os outros. Eles podem aprofundar o conhecimento na aula, [de modo] muito mais eficiente do que os alunos que têm contato com o

conteúdo pela primeira vez durante a aula. As discussões são mais proveitosas. Os alunos se sentem mais seguros sabendo o conteúdo previamente. Estimula as perguntas mais inteligentes. Os alunos geralmente chegam na aula com dúvidas a respeito do assunto, e na maioria das vezes são dúvidas que nem o professor está preparado para responder.

Entre os aspectos positivos da adoção do IpC, Ana comentou:

A discussão entre colegas é fundamental para despertar a curiosidade. E principalmente, para fixar um conteúdo. Muitas vezes, após a leitura de um texto, têm-se a impressão de saber do assunto, mas quando se discute com os colegas podem surgir dúvidas, e essas dúvidas são muito úteis. As dúvidas são muito mais importantes do que as certezas. Ao buscar respostas para uma dúvida, aí é que se aprende. Quando os colegas discutem um determinado assunto em grupos, onde alguns conhecem mais do assunto do que outros, ao tentar convencer os colegas a trocar de opinião é preciso utilizar argumentos, ponderar, pensar, mudar o vocabulário, e isso é muito bom. Desperta dúvidas no locutor, que muitas vezes pode pensar conhecer um assunto, mas quando tenta colocar em palavras para explicar aos colegas dá-se conta que não têm tanta certeza quanto pensava.

Mesmo tendo desenvolvido atitudes positivas, Ana elencou algumas dificuldades ao implementar o IpC e o EsM. Dentre as dificuldades enfrentadas ao implementar o EsM, Ana comentou:

Para que as Tarefas de Leitura funcionem bem, é preciso estar muito bem organizado. É fundamental despertar nos alunos o interesse em aprender e participar das atividades. Nem sempre isso acontece. Muitas vezes os alunos trazem perguntas para a sala de aula que nem o professor sabe a resposta. Isso é bom por um lado, mas pode deixar o professor em maus lençóis. [...] Pude perceber também que as tarefas de leitura deram uma impressão equivocada aos alunos, que depois de ler o material sentiram que não era mais necessário assistir às aulas. Isso pode ser solucionado aumentando-se o nível de complexidade das perguntas feitas em aula, e fornecendo informações nas aulas que não são acessíveis aos alunos em casa (apenas lendo o material). Na teoria isso tudo parece muito bom, mas na prática torna a vida do professor um tanto mais complicada. Motivar os alunos a frequentar as aulas não é

uma tarefa simples. Se eles pensam que não precisam ir porque já leram o material, fica ainda pior.

Ana, em sua fala, afirma que apesar de ser positiva a inserção das dúvidas dos estudantes durante a preparação das aulas, oriundas das Tarefas de Leitura, torna-se necessário que o professor se prepare mais antes de cada aula. Por conseguinte, pensando que isso pode ocorrer com alguma frequência durante a disciplina, é necessário que o professor esteja muito organizado. Assim como descrevemos no relato de experiência, Ana, durante a entrevista, comentou que alguns de seus alunos passaram a não frequentar suas aulas após a execução das Tarefas de Leitura. Inclusive, aponta como soluções possíveis para esse problema a inclusão de perguntas mais complexas, em termos de dificuldade, e de informações extras, não contidas no livro texto.

A dificuldade vivenciada por Ana ao utilizar o IpC relaciona-se à escolha das questões conceituais. Especialmente, em termos da dificuldade das questões para motivar as discussões entre os colegas. Segundo Ana,

A maior dificuldade que senti ao implementar o IpC foi o nível das perguntas feitas em aula, para motivar as discussões entre colegas. É muito difícil elaborar perguntas criativas de nível adequado para despertar o interesse dos alunos, ao mesmo tempo que não sejam muito complexas e distantes da realidade deles. Com grupos totalmente heterogêneos de estudantes de diversos níveis, isso é a tarefa mais difícil na minha opinião. Muitas vezes, uma pergunta que parece óbvia para o professor experiente é um mistério completo para os alunos, outras vezes o que o professor pensa ser um bom início de discussão é óbvio e sem graça para os alunos.

O Quadro 4 sintetiza as potencialidades e dificuldades expressas por Ana. Em resumo, podemos perceber que apesar das dificuldades enfrentadas, ela desenvolveu uma atitude positiva frente ao IpC e ao EsM. Conforme já relatamos, os reflexos de tal atitude puderam ser percebidos por meio da continuidade do uso dos métodos após a inserção durante o tópico de Lei de Faraday. Durante a entrevista semiestruturada, indagamo-la sobre sua pretensão de continuar utilizando os métodos, como resposta obtivemos:

Sim, já estou me organizando para utilizar esses dois métodos no próximo semestre. Acho que o aprendizado dos alunos é muito mais significativo quando eles constroem o conhecimento a partir de interação, e ao fazer alguma coisa eles têm mais chances de pelo menos lembrar do assunto.

Compatibilidade: visando a análise da compatibilidade dos métodos empregados com as concepções de ensino e aprendizagem de Ana, durante a entrevista semiestruturada, realizada

antes da implementação do IpC e do EsM, fizemos a seguinte pergunta: “*quais são os elementos fundamentais de uma boa aula?*”. Como resposta, obtivemos:

Eu acho que, principalmente em Física, que é a minha área, o aluno tem que fazer alguma coisa. Porque quando ele faz, seja pensar em uma resposta de uma pergunta, seja escrevendo, seja movendo a cadeira para chegar mais perto do colega, qualquer ação que ele faça, vai melhorar a aprendizagem dele, a chance de ele aprender. Para ter uma boa aula tem que ter participação, o aluno tem que fazer alguma coisa, ele tem que estar disposto a aprender.

A participação do aluno no processo de aprendizagem, segundo Ana, deve estar relacionada à sua ação. Em outras palavras, para que o estudante compreenda um novo conceito, ele deve executar uma ação, ou um conjunto de ações. Contudo, conforme Ana afirmou, nessa abordagem o aluno deve estar pré-disposto a aprender. Tal concepção se aproxima da visão de algumas teorias cognitivas de aprendizagem, especialmente, a teoria de Ausubel, a qual afirma que para que ocorra uma aprendizagem significativa, o estudante deve estar motivado e disposto a aprender (AUSUBEL, 2000).

Quadro 4 – Síntese das vantagens e das limitações apontadas por Ana frente ao uso do IpC e do EsM.

	EsM	IpC
Potencialidades	Possibilidade de trazer as dúvidas dos alunos para discussão em sala de aula	As discussões entre os alunos propiciam uma melhor fixação do conteúdo
	Discussões mais frutíferas sobre os conteúdos em sala de aula	Promove o desenvolvimento de habilidades de interação social
	Sentimento positivo frente ao domínio do conteúdo por parte dos alunos	A interação entre os alunos faz com que as dúvidas deles venham à tona
	Maior compreensão do conteúdo pelos alunos	
Dificuldades	Necessidade de gastar mais tempo preparando a aula por parte do professor, comparado com o ensino tradicional	Encontrar o nível adequado de dificuldade das questões conceituais
	Os alunos podem ficar com a impressão errada da não necessidade de participar da aula presencial, pois passam a estudar em casa	Motivar os estudantes acostumados a trabalhar sozinhos a participar das discussões entre os pares

Ao responder, também durante a primeira entrevista semiestruturada, “*quais são as características de bons alunos e de bons professores?*”, Ana argumentou:

O bom professor é aquele que se preocupa se o aluno está aprendendo, o resto é detalhe. O bom aluno é o aluno que tem vontade de aprender, independente da história do aluno, se tem dificuldade, ou não, se ele tem vontade, ele vai aprender, ele vai correr atrás, ele vai participar, acho que isso é o essencial.

Ao afirmar que o bom professor deve se preocupar se o aluno está aprendendo, Ana demonstra ser defensora da avaliação formativa, durante o processo de aprendizagem, e não apenas da avaliação somativa, ao final do processo. O acompanhamento da aprendizagem dos estudantes, realizado por meio das questões de múltipla escolha utilizadas por Ana em suas aulas, pode ser interpretado como um processo formativo de avaliação. Sua visão do processo de ensino e aprendizagem foi externalizada durante a entrevista semiestruturada. Segundo Ana,

Ninguém ensina ninguém. Aprender é um processo que depende da pré-disposição da pessoa. É possível aprender de várias formas e cada um vai aprender do seu jeito, de acordo com a sua história. Então ensinar tem que ser um processo completamente amplo, que o indivíduo, como pessoa única, consiga desenvolver o seu próprio aprendizado.

Durante a entrevista, o pesquisador, visando coletar informações complementares ao discurso de Ana, indagou se uma aula expositiva seria capaz de cumprir tais requisitos; como resposta, ela afirmou: “*de jeito algum*”. Ao propor uma abordagem metodológica diferenciada da tradicional, Ana externaliza, por meio de suas ações, suas concepções de ensino. As escolhas metodológicas feitas por Ana, aqui já descritas, vão ao encontro de suas concepções de ensino e aprendizagem.

Em síntese, suas crenças externalizadas apontam que a aprendizagem deve ser um processo amplo, na qual o aluno, como sujeito, adquire conhecimentos por meio de múltiplas ações. Em outras palavras, o aluno deve ser agente de sua aprendizagem, não um receptor passivo de informações. Tais concepções vão ao encontro dos pressupostos do IpC e do EsM, portanto, tais métodos possuem grande *compatibilidade* com os valores de Ana.

Apesar de não termos dados empíricos que suportem às percepções de Ana frente a *complexidade*, a *testagem* e a *observabilidade* do IpC e do EsM, podemos aferir, para cada uma das características, que:

Complexidade: em termos da complexidade, o auxílio do pesquisador durante a implementação dos métodos pode ter auxiliado na diminuição da *complexidade* do uso de ambas os métodos. Mesmo que Ana tenha apontado algumas limitações do IpC e do EsM, conforme sintetizado no Quadro 4, não identificamos, em seu discurso, que tais dificuldades enfrentadas caracterizam os métodos como altamente complexos para serem implementados.

Testagem: em termos da *testagem*, identificamos que ambos os métodos puderam ser testados em uma base limitada. Inclusive, o presente estudo fora estruturado justamente nessa

perspectiva. Tanto o IpC, como o EsM, são métodos que permitem pequenas intervenções, não necessitando uma reestruturação de toda disciplina para que sejam adotados. Essa característica permite que o professor possa “experimental” os métodos durante uma unidade de ensino, por exemplo.

Observabilidade: ambos os métodos foram (e continuam sendo) foco de diversas pesquisas, entretanto, os resultados obtidos têm, aparentemente, pouco impacto no contexto de ensino universitário brasileiro. Ana não teve contato com os resultados oriundos de pesquisas da área, não obstante, podemos inferir que os resultados quanto ao uso do IpC e do EsM foram adquiridos em dois momentos. Seu primeiro contato com os métodos teve resultados negativos, contudo, durante a tentativa de implementação descrita nesse trabalho, Ana obteve resultados satisfatórios.

Conforme já relatamos, após construir suas atitudes frente ao IpC e ao EsM, durante uma sobreposição das etapas de *decisão* e *persuasão*, Ana optou por dar continuidade no uso de tais métodos. Esse resultado é extremamente positivo em termos da mudança da prática docente, que de fato ocorreu. Nossa descrição detalhada desse processo, à luz do modelo de Rogers, apontou alguns indícios para a maneira como se deu essa transição entre diferentes práticas metodológicas, a qual ocorreu de maneira suave, diferentemente do que alguns autores chamam de ruptura paradigmática (CUNHA; ZANCHET, 2007).

É importante destacar que, em nosso trabalho, não foi encontrado algum elemento que tenha impedido, ou limitado, a mudança da prática da Ana. Apesar de termos identificado algumas dificuldades enfrentadas por ela, essas não se configuraram como obstáculos à adoção da inovação. Esse resultado é ortogonal ao encontrado por Henderson (2005), que também buscou investigar a mudança da prática de um professor de Física, e identificou, como um dos fatores limitantes à mudança, as crenças sobre ensino e aprendizagem do professor, que não eram coerentes com a nova abordagem metodológica adotada. Dessa forma, acreditamos que nossa investigação contribui para a literatura relativa à mudança da prática docente ao trazer um relato bem-sucedido de adoção de novas abordagens metodológicas.

5.2 Uma síntese dos resultados obtidos

Práticas inovadoras de ensino e a respectiva relação com os sujeitos que as praticam constituem-se objeto de análise fundamental quando visamos investigar o problema da qualidade do ensino, seja na Educação Básica, ou Superior. É latente a discussão da necessidade de incorporação de novas estratégias didáticas, que tornem o aluno mais ativo no processo de aprendizagem. Diversos são os métodos de ensino desenvolvidos nos últimos 30 anos pela área de pesquisa e ensino de Ciências (CUMMINGS, 2011), os quais apresentam resultados notoriamente positivos. Contudo, basta observarmos, por exemplo, algumas aulas de Física universitária no Brasil, para que percebamos um ensino baseado excessivamente na transmissão

de conhecimentos. Por conseguinte, a não adoção de práticas inovadoras por parte dos professores, com resultados notoriamente positivos, indica que a incorporação de novas estratégias didáticas em ambientes formais de ensino não é um processo simples; barreiras e tensões surgem, podendo levar à descontinuidade de práticas inovadoras (HENDERSON, 2005; HENDERSON et al., 2012). Compreender em profundidade o processo de mudança das práticas de ensino dos professores pode contribuir para que novos métodos de ensino sejam incorporados com sucesso.

Em nosso primeiro estudo empírico, objetivamos, por meio de um estudo de caso exploratório, investigar o processo de mudança da prática docente de uma professora de Física, a Ana, que adotou os métodos de ensino IpC e EsM no contexto de uma disciplina de Física Geral universitária, bem como as dificuldades encontradas ao utilizar tais métodos. Por meio dele, buscamos elencar elementos que nos auxiliassem a compreender como ocorre o processo de mudança da prática docente. Para tal, nossos achados foram ancorados no referencial teórico proposto por Rogers (2003), bem como encontrados/analizados por meio da metodologia de estudo de caso na acepção de Robert Yin (2015).

À luz do modelo analítico de Rogers (2003) identificamos que Ana possuía dois dos pré-requisitos que influenciam a maneira como o sujeito engaja-se no processo de adoção de uma inovação: perfil inovador, caracterizado por sua grande receptividade a novos métodos de ensino, bem como experiências anteriores (durante seu doutorado e seu primeiro ano como docente) com uma versão modificada do IpC. Tendo identificado tais fatores iniciais, passamos a caracterizar o processo de mudança da prática de Ana em termos das cinco etapas estabelecidas por Rogers (ibid.): *conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação*.

A proposta de incorporação do IpC e do EsM ocorreu durante o tópico de Lei de Faraday, da disciplina de Física Geral III, a qual aborda tópicos de eletromagnetismo. Antes de Ana passar a utilizar os métodos, o pesquisador apresentou, em uma reunião, os detalhes referentes à implementação conjunta do IpC com o EsM. Ana encontrava-se, portanto, na etapa de conhecimento, caracterizada pela exposição a uma inovação, bem como aos princípios de seu funcionamento e de seu embasamento.

Ao propormos à Ana que modificasse sua prática, por meio da adoção do IpC e do EsM durante uma sequência de três aulas sobre o tópico de Lei de Faraday, desenvolvemos um espaço para que ela pudesse eliminar suas incertezas sobre a eficiência dos métodos em seu contexto de ensino. Segundo Rogers, uma maneira frutífera de diminuir o grau de incerteza sobre as consequências de se adotar a inovação é testá-la em uma base limitada (*trial version*). Esse teste é visto, em seu modelo, como pertencente à etapa de *decisão*. Além disso, Ana também estava revisando suas crenças iniciais sobre o IpC e o EsM; portanto estava na etapa de *persuasão*.

Em específico sobre a etapa persuasão, Rogers afirma que a formação de atitudes é influenciada pela percepção de, pelo menos, cinco características da inovação: *vantagem relativa*,

compatibilidade, complexidade, testagem e observabilidade. Em nosso estudo, identificamos que Ana reconhece os métodos como coerentes às suas concepções de ensino e aprendizagem e como vantajosos frente à sua prática anterior. Conhecer suas crenças educacionais é importante, visto que, segundo Rogers (ibid.), se uma inovação não é consistente com as crenças do sujeito que propendemos que a adote, precisamos que o mesmo mude suas crenças até que essas se tornem consistentes com a inovação; mudança essa que, nas palavras de Cunha e Zanchet (2007), seria considerada uma ruptura paradigmática. Tais características mostram-se correlacionadas positivamente com a construção de atitudes positivas frente ao IpC e ao EsM visto que, após construir suas atitudes frente ao IpC e ao EsM, durante uma sobreposição das etapas de *decisão* e *persuasão*, Ana optou por dar continuidade no uso de tais métodos. Esse resultado é extremamente positivo em termos da mudança da prática docente, que de fato ocorreu.

Um possível indicador desse resultado é a maneira como o estudo foi concebido, envolvendo a adoção do IpC e do EsM apenas em algumas aulas, com o constante auxílio ao professor durante a adoção. Henderson et al. (2012) afirmam que um dos possíveis fatores que levam à baixa adoção de inovações didáticas é a maneira como os professores recebem o conhecimento das mesmas, muitas vezes em palestras e *workshops*, e, que quando o professor se engaja em atividades de adoção de tais inovações, não existe um suporte para o enfrentamento de dificuldades e conflitos. A experiência negativa, nesses casos, leva a uma descontinuidade no uso das inovações. Acreditamos, indubitavelmente, que toda proposta de inovação didática deve ser apresentada ao professor de uma maneira atraente e próxima de sua realidade. Manter uma rede de intercâmbio de experiências, onde haja espaço para um suporte aos professores que optam por inovar, é essencial e necessário.

6. Estudo II: Estudo de caso sobre a continuidade da prática inovadora de Ana e seus respectivos impactos nos estudantes

No segundo estudo empírico investigamos a continuidade da prática inovadora de Ana, caso analisado no Estudo I, bem como os impactos de sua prática em termos do conteúdo de física trabalhado e das crenças e atitudes dos estudantes (questões *iii* e *iv*). A realização desse estudo se deu no segundo semestre de 2015, quatro semestres após a execução do primeiro estudo de caso com Ana. A prática instrucional de Ana havia se consolidado após este período de tempo, incorporando elementos do uso conjunto do IpC com o EsM, como veremos na análise de dados. De acordo com Henderson e Dancy (2008), os professores se apropriam das inovações didáticas de diferentes maneiras: *adoção*; *adaptação*; *reinvenção*; *invenção*. A investigação da prática docente de Ana tem por objetivo entender como se deu o processo de transposição e apropriação de tais métodos por parte de uma professora no contexto de uma universidade pública brasileira. Ademais, o presente estudo tem como objetivo avaliar os impactos da prática inovadora de Ana. Segundo Rogers (2003), os resultados obtidos da adoção de inovações ocorrem, muito frequentemente, em níveis sociais, em adição aos efeitos nos indivíduos isoladamente. Nesse sentido, buscamos compreender como a prática do IpC e do EsM produziu impactos na aprendizagem dos estudantes e em suas crenças e atitudes em relação aos métodos e, subsequentemente, como a continuidade da prática inovadora de Ana foi afetada por tais resultados. Tais impactos não abarcam todas as consequências da adoção de uma inovação, porém são importantes, especialmente quando se leva em conta os resultados da literatura acerca do IpC, revisada na Seção 2.2.

As questões de pesquisa a serem respondidas neste estudo são:

Como ocorreu a continuidade da prática inovadora adotada por uma professora universitária de Física, que passou a utilizar os métodos IpC e EsM?

Como a adoção da inovação didática (adaptação do IpC+EsM) impactou a aprendizagem dos conteúdos de Física dos estudantes, bem como no desenvolvimento de crenças e atitudes em relação aos métodos?

Como, e em que medida, os impactos da prática inovadora de Ana influenciaram a continuidade de sua prática?

6.1 Contexto da pesquisa

O Estudo II ocorreu em uma disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo, durante o segundo semestre de 2015, na mesma universidade em que o Estudo I foi realizado. A disciplina trata de tópicos de Eletromagnetismo em nível de Física Geral, sendo oferecida para cursos de Engenharia, Matemática e Química. Como pré-requisitos, exige que os estudantes já tenham cursado, pelo menos, a disciplina de Física I (que trata de tópicos relacionados à Mecânica) e de Cálculo I (que aborda tópicos de cálculo diferencial e integral). A carga horária da disciplina é de 6

horas-aula semanais na quais são incorporadas quatro atividades experimentais ao longo do semestre. A participação do pesquisador na disciplina limitou-se à observação das aulas, à coleta dos dados, e ao auxílio à professora nos dias de aplicação das provas.

Por se tratar de uma turma composta por aproximadamente 100 estudantes, Ana ministrava suas aulas em um anfiteatro, cuja lotação é superior às salas de aula de sua instituição de ensino, as quais comportam, no máximo, 60 estudantes. O espaço continha "cadeiras universitárias", duas telas de projeção, mas Ana só usava uma delas, e não possuía quadro branco. O anfiteatro apresentava desnível de cerca de 15 cm entre uma fila de cadeiras e outra. Na frente tinha um palco com cerca de 1 m de altura onde a professora costumava se posicionar (Figura 6). Para que os estudantes entrassem no anfiteatro, era necessário passar por uma portaria que possuía uma catraca, onde os cartões magnéticos de identificação da instituição a destravavam.



Figura 6 – Anfiteatro em que as aulas de Ana foram ministradas. (Fonte: autor)

As atividades práticas experimentais ocorriam nos laboratórios de ensino, com o apoio de um professor auxiliar. Nos dias de avaliação, os estudantes eram divididos em três grupos que ocupavam três diferentes espaços: o anfiteatro, uma sala de apoio contígua ao anfiteatro e uma sala de aula em outro prédio. Essa medida foi tomada para garantir certa distância entre os estudantes, dificultando possíveis comunicações entre eles. Durante as aulas, Ana fez uso de três conjuntos de *clickers*, adquiridos por seu departamento.

6.2 Procedimentos metodológicos de investigação

Na perspectiva de Yin, o presente estudo se constitui em um estudo do tipo exploratório de caso múltiplo, pois tem como um dos focos o impacto dos métodos na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes, em uma disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo. O outro

foco centra-se no caso de Ana, e quando analisado desde o início do primeiro estudo (11/03/2013) até o final do segundo estudo (07/12/2015) se constitui num caso longitudinal.

O Estudo II teve uma duração de, aproximadamente, cinco meses, e os seguintes instrumentos de coleta de dados:

- caderno de campo: durante as aulas, o pesquisador tomou notas sobre os principais acontecimentos, incluindo os tipos que Testes Conceituais utilizados por Ana, a postura dos estudantes durante as discussões com os colegas, os assuntos abordados nas aulas, observações acerca da maneira como Ana utilizava as Tarefas de Leitura;
- entrevistas semiestruturadas com Ana: antes e após o semestre letivo, o pesquisador conduziu duas entrevistas semiestruturadas (Apêndice F), com duração de aproximadamente 40 minutos cada uma;
- teste padronizado *Brief Electricity & Magnetism Assessment* – BEMA (DING et al., 2006): o teste foi aplicado no primeiro dia de aula dos estudantes e ao final da disciplina (Anexo A);
- provas da disciplina: durante a disciplina, os estudantes realizaram três provas;
- Tarefas de Leitura: Ana desenvolveu 24 Tarefas de Leitura, a serem realizadas pelos estudantes, que foram distribuídas ao longo da disciplina (Anexo B);
- questionário sobre a opinião dos estudantes acerca dos métodos: ao final da disciplina, um questionário foi aplicado aos estudantes, visando investigar as crenças e atitudes dos estudantes acerca do IpC e do EsM (Apêndice G).

A transcrição da entrevista realizada, bem como das notas de campo, em conjunto com os dados obtidos com os outros instrumentos, foram organizados e compuseram um banco de dados. Assim como no Estudo I, a análise desses dados foi realizada seguindo as orientações de Yin. Passamos a apresentar os resultados para cada uma das questões de pesquisa.

6.3 Como ocorreu a continuidade da prática inovadora adotada por uma professora universitária de Física, que passou a utilizar os métodos IpC e EsM?

A apresentação dos resultados relativos a essa pergunta será dividida em duas seções. Começamos com um relato da observação da prática instrucional de Ana (*Um relato de observação acerca da continuidade da prática inovadora de Ana*), onde descrevemos em detalhes como o IpC e o EsM foram adotados ao longo da disciplina. Na seção intitulada “*A prática instrucional de Ana e sua apropriação do IpC e do EsM: uma síntese à luz do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas*”, expomos uma síntese dos resultados sob o enfoque do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas de Henderson e Dancy (2008).

6.3.1 Um relato de observação acerca da continuidade da prática inovadora de Ana

O período de observação teve início no dia 03/08/2015. No primeiro encontro, Ana se apresentou aos estudantes, comentando sobre sua formação acadêmica e o seu trabalho como pesquisadora na área de Física Experimental em seu departamento. As regras de uso do anfiteatro foram, então, apresentadas aos estudantes, ressaltando a necessidade dos cartões de identificação da universidade para o ingresso no prédio. Na sequência, Ana começou a discutir com os estudantes sobre a importância do engajamento e do comprometimento com os estudos para o bom desempenho na disciplina. Como forma de motivá-los, Ana comentou:

Vocês vão aprender de verdade quando trabalharem. O que é trabalhar? É estudar antes da aula, é ler o material, é fazer os exercícios, é conversar com o colega, é ler sobre o assunto em sites da internet, é trabalhar com simulações, é fazer as atividades de laboratório, pedir ajuda para o professor [...] não consegue passar na disciplina quem não se empenhar. Para alguns o empenho vai vir com mais facilidade, outros com menos, mas tem que se empenhar.

Posteriormente, as estratégias didáticas adotadas por Ana foram explanadas. Ana começou explicando o funcionamento das Tarefas de Leitura (TL). Antes das aulas, os estudantes deveriam ler sobre um conteúdo específico e responder um conjunto de perguntas, apresentando justificativas para suas respostas, por meio da plataforma de ensino à distância *Moodle*. Nas TL, os estudantes também poderiam expor suas dúvidas acerca do conteúdo e, durante a aula, tais questionamentos seriam respondidos pela professora. Dessa forma, segundo Ana, as aulas seriam um momento para dirimir dúvidas, trabalhar os conceitos já vistos pelos estudantes e revisar o conteúdo.

Ana destacou que a realização das TL é parte da avaliação da disciplina, sendo considerada válidas as respostas justificadas, independentemente de estarem corretas, ou não. Na sequência, Ana comentou:

Então, depende somente de vocês. Querem fazer de qualquer jeito e não se esforçarem, o problema é de vocês. A minha parte eu estou fazendo, se vocês quiserem aproveitar a oportunidade, ou não, é de responsabilidade de vocês. Mas olha, as tarefas ajudam porque ao fazê-las, vocês já estão estudando para a prova.

Os trechos da fala de Ana reforçam sua convicção de que os estudantes devem se dedicar às atividades propostas. Além disso, em relação às TL, Ana usou o argumento de que elas possibilitam um estudo contínuo, almejando convencer os estudantes de sua importância. Inclusive, em um dos *slides* de sua apresentação, ela apresentou um gráfico acerca da relação entre o envolvimento nas TL e a média nas provas (Figura 7).

Percebemos, igualmente, que não houve mudanças em sua concepção sobre o processo de ensino e aprendizagem, expostos no Estudo I. Em um trecho da primeira entrevista, ao responder se em algum momento ela pensou em desistir de usar os métodos, Ana explicitou que o uso conjunto do IpC com o EsM está de acordo com suas crenças. Além disso, sua fala evidencia que os métodos foram utilizados ao longo dos quatro semestres anteriores ao Estudo II.

Em relação aos métodos, eu nunca pensei em desistir. Mesmo que não exista um projetor, um auditório disponível, ou os clickers, eu vou continuar utilizando os métodos adaptados com o que quer que seja para que os alunos possam interagir em sala de aula, porque isso está dentro de mim, eu acredito nisso. Eu não consigo imaginar uma aula que seja diferente disso. Se não tiver as ferramentas, eu vou inventar outras, mas vai ter algum tipo de interação ou algo que favoreça os alunos a participar e aprender por eles mesmos. Acho que esse é o jeito mais eficiente de aprender, eu não conheço outro.

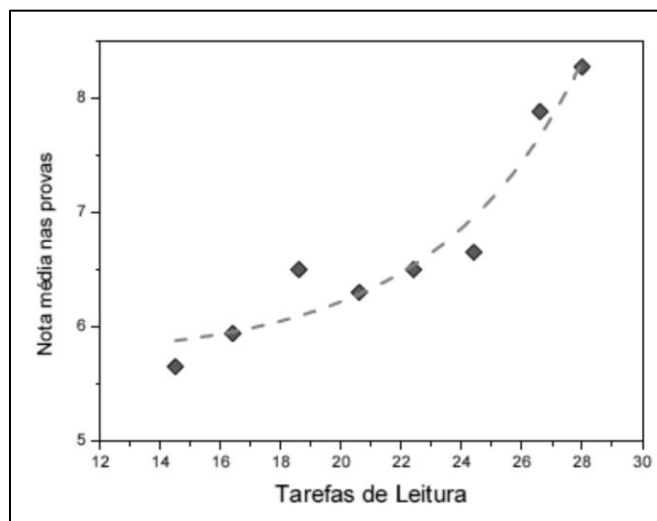


Figura 7 – Gráfico construído por Ana, com dados de semestres anteriores, mostrando a relação entre a participação nas TL e a média nas provas. (Fonte: apresentação de Ana para a primeira aula)

A maneira como os *clickers* seriam utilizados durante as aulas foi, também, exposta por Ana. Cada aluno recebeu um dispositivo e, na sequência, três perguntas foram respondidas para que eles se ambientassem com seu uso. Ana explicou que durante as aulas, os alunos deveriam responder a questões de múltipla escolha denominados de Testes Conceituais (TC). Uma folha com a lista dos nomes dos alunos circulou entre eles, para que preenchessem o número de seu *clicker*. Com o uso desse número e do *software* de coleta das respostas, Ana geraria as listas de presenças das aulas.

Ao final da primeira aula, Ana explicou para os estudantes sobre o processo de avaliação da disciplina, os pesos atribuídos às TL, às atividades experimentais e às avaliações presenciais,

bem como as condições para a execução do exame de recuperação. Os conceitos atribuídos por Ana aos estudantes na disciplina, seguiriam a seguinte expressão matemática:

$$NF = \frac{(P1+P2+P3)\times 2 + testes}{7} \quad \text{Eq.2}$$

onde P1, P2 e P3 são as notas das provas e *testes* é composta pela participação nas TL (80%) e pela nota do Relatório (20%). A nota *testes* é máxima caso o aluno tenha participado de, pelo menos, três aulas de laboratório. Caso o aluno não participasse de nenhuma aula, a nota *testes* seria anulada. Para que o aluno tenha nota máxima na participação nas TL, o aluno tinha que ter realizado, pelo menos, 75% das atividades. A Tabela 1 apresenta a conversão da *NF* em conceitos. Na Seção 6.4.2, apresentamos uma análise do desempenho dos estudantes na disciplina.

Tabela 1 – Conversão de notas em conceitos.

<i>Conceito</i>	<i>NF</i>
A	9 a 10
B	7,5 a 8,9
C	6 a 7,4
D	0 a 6
FF	Infrequente

O IpC foi apresentado aos estudantes no terceiro encontro. Nessa aula, após a resolução de um problema sobre Lei de Coulomb envolvendo três cargas, Ana iniciou o tópico Campo Elétrico com um TC (Quadro 5). Foi solicitado aos estudantes que votassem, inicialmente, sem consultar os colegas. Na sequência, Ana pediu que os alunos discutissem suas respostas. O índice percentual de respostas corretas para essa questão aumentou de 63% para 75% após a interação entre os estudantes. A Figura 8 mostra os estudantes discutindo suas respostas ao TC.

Até a terceira aula, os estudantes responderam aos TC sem a etapa de discussão entre os colegas, descaracterizando o uso do IpC. No Apêndice H apresentamos um quadro, construído com base nas notas do Caderno de Campo, que discrimina as principais atividades desenvolvidas, por Ana e pelos estudantes, durante as aulas. Das 45 aulas, três foram dedicadas à realização das provas, cinco para revisões dos conteúdos e uma para a prática de uma atividade avaliativa simulada¹⁷. Em nove dos encontros observados (2, 6, 11, 12, 19, 20, 23, 26 e 39) Ana fez uso exclusivo dos TC sem a interação entre os colegas durante as votações. Em 11 encontros Ana fez uma combinação de TC com discussão (17 questões) e sem discussão (39 questões). Três encontros não tiveram TC e em um Ana utilizou apenas TC com discussão entre os colegas. À

¹⁷ Essa atividade era constituída de um conjunto de problemas numéricos e conceituais similares aos que estariam presentes na primeira prova.

vista desses apontamentos, compreendemos que a interação social entre os estudantes ao longo dos TC ficou aquém do que seria esperado por quem usa o IpC.

Quadro 5 – Teste Conceitual utilizado por Ana na terceira aula.

Como é que uma carga “sabe” da existência das outras?

1. A força eletromagnética exerce uma ação à distância, a carga simplesmente “sabe” que a outra está lá.
2. Existe informação ao redor de cada carga, que permite que ela seja “detectada” por outras.
3. Nenhuma das alternativas.



Figura 8 – Alunos discutindo suas respostas ao Teste Conceitual exposto no Quadro 5.

Durante a entrevista semiestruturada, ao ser questionada sobre a introdução de algum tipo de modificação durante as implementações do IpC e do EsM no passado, Ana fez menção à interação entre os estudantes:

O que eu tenho um pouco de dificuldade de fazer, com esse método, é que a pergunta deveria ser feita primeiro para os alunos responderem individualmente, depois eu olharia as respostas e, se há um número de acertos entre 30% e 70%, então eu pediria que os alunos discutam entre eles. Nem sempre eu consigo fazer isso, muitas vezes as respostas estão todas corretas, ou então todo mundo erra, daí não vale a pena a discussão. Eu enfrentei isso muitas vezes. Outra situação é que pela quantidade de conteúdo, que é muito extensa, e para eu poder fazer esse método eu precisava dispor de tempo, então as vezes eu não deixava tempo para eles discutir.

Ana reconhece que realizou modificações no IpC, por razões que já foram apontadas na literatura. No estudo conduzido por Henderson e Dancy (2008), os professores investigados também prescindiram, em certos momentos, da interação entre os colegas durante implementações do IpC. Como Ana, Fagen et al. (2002) também reconhecem que encontrar questões conceituais adequadas é uma dificuldade comum ao utilizar esse método; Henderson e Dancy (2007) apontam que a necessidade de cumprir o programa da disciplina se constitui em uma barreira à adoção de inovações.

Apesar de denominarmos de Teste Conceitual todas as questões propostas durante as aulas e respondidas pelos estudantes por meio dos *clickers*, 23 questões das 91 aplicadas por Ana durante o período de observação não se constituíam em questões conceituais. Nos referimos às questões em que os estudantes deveriam realizar cálculos, com lápis e papel, para obter o resultado esperado. Na Aula 14, por exemplo, após tratar do tópico de associação de capacitores, Ana apresentou uma questão de múltipla escolha em que, dada uma associação de capacitores de capacitância conhecida ($1\mu\text{F}$), é solicitado a determinação da capacitância equivalente (Figura 9).

Cada um dos capacitores possui capacitância $C = 1\mu\text{F}$. Se você pudesse substituir todos os capacitores por apenas um, qual seria a capacitância equivalente ?

1. $5\mu\text{F}$
2. $1\mu\text{F}$
3. $0,5\mu\text{F}$
4. $2\mu\text{F}$
5. $0,3\mu\text{F}$

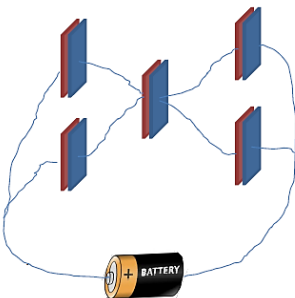


Figura 9 – Exemplo de uma questão que requeria cálculos para a obtenção da resposta.

Nessa mesma categoria, incluímos questões em que era solicitado que os estudantes registrassem o valor obtido na resolução de problemas em sala de aula. Um exemplo pode ser encontrado na Aula 17, onde os estudantes, após resolverem em grupos um problema envolvendo um circuito elétrico com múltiplas malhas (Figura 10), deveriam informar o valor obtido para a potência dissipada pelo circuito (Figura 11).

Questão 1

A figura ao lado representa um circuito cujos elementos são $\varepsilon_1 = 6,0 \text{ V}$, $\varepsilon_2 = 12,0 \text{ V}$, $R_1 = 1,0 \Omega$ e $R_2 = 2 \Omega$. As três baterias são ideais. Determine:

- a intensidade i
- o sentido da corrente elétrica em cada um dos três ramos do circuito
- Qual a potência fornecida e qual a potência dissipada no circuito abaixo?

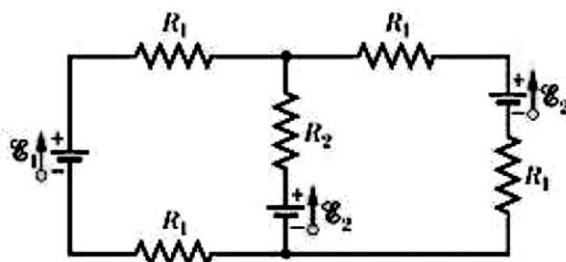


Figura 10 – Problema apresentado aos estudantes na Aula 17.

Qual a potência dissipada pelo circuito?

- 36 W
- 27 W
- 25 W
- 24 W
- 20 W

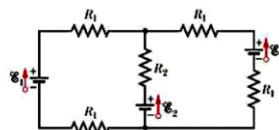


Figura 11 – Questão com objetivo de coletar as respostas obtidas na resolução do problema apresentado na Figura 10.

Questões em que é necessário fazer uma aproximação matemática também não podem ser caracterizadas como conceituais. Após demonstrar para os estudantes a expressão que determina o módulo do campo elétrico produzido por uma barra finita, de comprimento L , a uma distância x , Ana, na Aula 5, aplicou uma questão em que era necessário fazer uma aproximação à expressão do campo elétrico quando o comprimento da barra L era muito maior que a distância x (Figura 12).

Ao longo do semestre, pudemos observar que a postura dos estudantes em relação à etapa de discussão sofreu modificações. Nas primeiras aulas, os estudantes demonstravam certa resistência em interagir com os colegas. Em alguns momentos, Ana circulava pelas laterais do auditório incentivando que os estudantes debatessem suas justificativas. A partir do primeiro mês de aula, os estudantes, de maneira geral, se tornaram mais receptivos às discussões. Relatos de alguns estudantes que encontraram dificuldade de interagir com os colegas são apresentados na Seção 6.4.3.

Como fica E quando $L \gg x$
(barra infinita)

$$E_{\text{barra}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{x\sqrt{x^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}$$

(1) $|\vec{E}| \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{x}$ (4) $|\vec{E}| \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{x^4}$

(2) $|\vec{E}| \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{x^2}$ (5) $|\vec{E}| = \text{zero}$

(3) $|\vec{E}| \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{x^3}$

Figura 12 – Exemplo de questão envolvendo uma aproximação matemática.

Ana, durante as aulas, valorizou muito as dúvidas que os estudantes reportavam nas TL. Ana respondeu aos questionamentos das TL em 15 das 26 aulas em que o pesquisador esteve presente e foram explanados conteúdos de Física. Na segunda aula, por exemplo, alguns estudantes apresentaram dúvidas sobre o processo de transferência de cargas entre dois corpos de materiais diferentes. Essa dúvida foi gerada, muito possivelmente, pela questão 1 da Tarefa de Leitura 1 (Anexo B), que perguntava como um bastão de plástico e um tecido de lã ficam carregados após serem atritados. Em sua apresentação, Ana destacou as seguintes perguntas feitas pelos estudantes:

Alguns materiais são mais propícios a perder cargas e outros a ganhar cargas? Como saber isso claramente em uma questão?

A eletronegatividade é o fator que podemos concluir quem fica negativo e quem fica positivo? Ou só é possível determinar isso aproximando algo de carga conhecida?

No caso de uma eletrização por atrito, é aleatória como ficam carregadas os materiais envolvidos? Ou depende dos materiais envolvidos?

Ainda em relação às TL, no Anexo B transcrevemos todas as atividades realizadas pelos estudantes. De maneira geral, Ana desenvolveu tarefas em que os estudantes deveriam ler sobre um determinado tópico de Física e responder, apresentando justificativas, questões conceituais de múltipla escolha, além de expor dúvidas relativas à leitura realizada. Algumas variações desse modelo, no entanto, foram identificadas. Como forma de incentivar o estudo contínuo de seus estudantes, algumas TL envolviam atividades de resolução de problemas, a exemplo da Tarefa de Leitura 11, onde os estudantes deveriam obter os valores das correntes elétricas que passavam nos resistores e as potências fornecida e dissipada pelo circuito de várias malhas. Nessa mesma categoria, identificamos as Tarefas de Leitura 8, 16 e 20, nas quais os estudantes deveriam obter expressões para grandezas físicas específicas. Outras atividades envolviam o trabalho com simulações computacionais do projeto *Phet Colorado*, a exemplo das Tarefas de Leitura 9 e 22. Tais atividades foram solicitadas após a explanação dos tópicos a que se referem. A Tarefa de

Leitura 21, por sua vez, foi promovida após a execução de uma atividade de laboratório. Frente à descrição do uso das TL por Ana, podemos tecer algumas interpretações.

Em primeiro lugar, é perceptível que o trabalho prévio dos estudantes foi valorizado. Apesar de Ana não ter conseguido dar atenção¹⁸ às respostas erradas dos estudantes nas questões conceituais das TL (conforme seu relato na primeira entrevista), ela buscou, com grande frequência, dirimir as dúvidas dos estudantes.

Depois, nesses dois anos que eu usei [as Tarefas de Leitura], eu tive que adaptar algumas coisas, porque a turma era muito grande, a turma tinha 100 alunos, para sobreviver e chegar no final do semestre com energia, eu tive que fazer algumas adaptações, eu parei de olhar em detalhes as respostas dos alunos e busquei ter uma visão mais geral se eles acertavam ou não [refere-se às questões propostas nas Tarefas de Leitura], e não individualmente; então, em muitas vezes, eu não conseguia dar atenção individual para aquelas respostas erradas.

Por meio da análise das variações realizadas por Ana nas TL, identificamos que a incorporação do EsM não ficou restrita a atividades prévias às aulas expositivas. Ela utilizou as TL como uma estratégia para manter os estudantes em contato com o conteúdo trabalhado nas aulas, realizando atividades de resolução de problemas e com simulações computacionais.

A fala de Ana na entrevista evidencia que suas crenças estão relacionadas com tais modificações. Esse resultado reforça o discurso presente na literatura em que o professor é um agente ativo no processo de implementação de novas práticas de ensino. Sua prática é moldada de acordo com suas crenças e com o seu contexto de ensino (HENDERSON; DANCY, 2008).

Em alguns tópicos, Ana utilizou demonstrações experimentais e simulações computacionais para auxiliar sua exposição. Na Aula 20, por exemplo, em uma demonstração experimental acerca da indução magnética em um fio retilíneo que transporta corrente elétrica. Ana mostrou que ao passar corrente elétrica pelo fio, a agulha da bússola sofria uma deflexão. Ana usou uma câmera conectada a seu computador para que todos os alunos pudessem acompanhar a demonstração (Figura 13). Na aula sobre o tópico de Circuitos Elétricos (Aula 19), a simulação do projeto *Phet Colorado*, denominada “Kit de Construção de Circuito (DC)”¹⁹ foi utilizada. Conforme já descrito, o uso de simulações também ocorreu em algumas TL.

As explanações de Ana, geralmente, eram intercaladas por Testes Conceituais e/ou problemas numéricos. Para a resolução dos problemas numéricos, Ana utilizou uma mesa digitalizadora, já que no anfiteatro não existia quadro branco. Durante a Aula 3, Ana resolveu um problema envolvendo três cargas elétricas que consistia em determinar a força resultante sobre a carga três (Figura 14).

¹⁸ Segundo Ana, na primeira implementação do EsM (2013/2), ela dava um retorno das dificuldades dos alunos às questões conceituais das TL através do *Moodle*. Nesse semestre ela não o fez.

¹⁹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

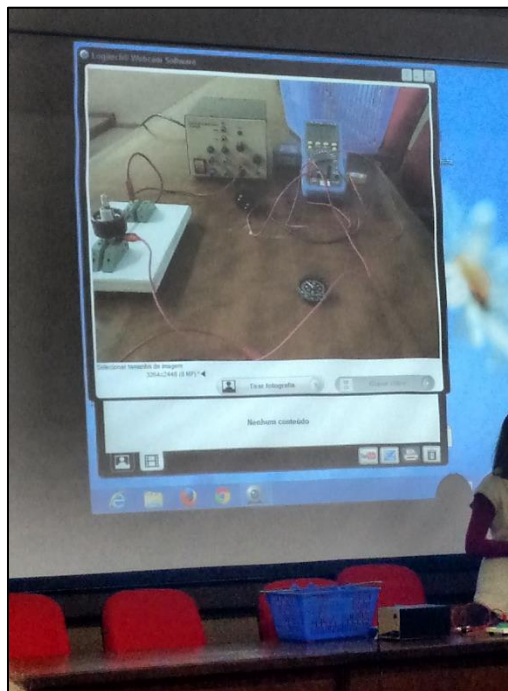


Figura 13 – Demonstração do fenômeno de indução magnética.

Em alguns encontros, foi dedicado um tempo para que os alunos resolvessem os problemas antes de serem solucionados pela professora. A dinâmica dessa prática previa que os estudantes resolvessem problemas, selecionados por Ana, em colaboração com os colegas. Durante o tempo reservado para a execução das atividades, a professora circulava pelo anfiteatro auxiliando os estudantes. Em algumas aulas, os alunos resolveram os problemas da lista de exercícios da disciplina. Essa lista era composta de problemas que apresentavam um grau de dificuldade superior aos exercícios tradicionais, presentes nos livros textos de Física que abordam tópicos de Eletromagnetismo. Segundo Ana, a lista foi elaborada com a finalidade de que os estudantes, por meio da resolução de poucos problemas (com uma dificuldade maior), pudessem ter contato com o conteúdo de maneira mais efetiva. Sobre a criação da lista de exercícios, Ana comentou durante a entrevista,

Quando eu dei aula para Física, eu me propus a fazer uma lista de problemas diferentes. O Halliday, que é o livro texto adotado, tem 100 problemas, em média, por capítulo, os alunos veem três ou quatro capítulos por prova. O que significa 300 ou 400 exercícios por prova. Isso é impossível, inviável, ninguém faz. Os alunos faziam alguns exercícios, geralmente os mais fáceis, e isso não era eficiente. Então eu selecionei, não do Halliday, mas de vários livros, com a ajuda de um monitor, os problemas que eu achei mais interessante para englobar um pouco de cada conteúdo e ver toda a matéria em poucos problemas. Aí eu sugeria para os alunos, para aqueles que não quisessem fazer todos, que

fizessem alguns, mas alguns bem escolhidos. Fazendo aqueles problemas, se apropriando do conhecimento que tinha naqueles problemas, eu garantia para o aluno que ele iria se sair muito bem, e era o que acontecia. Nos primeiros dois, três semestres, acho que isso funcionou bem, mas agora, nesse último, eu acho que já não era tão eficiente, porque os alunos já têm acesso às listas resolvidas.

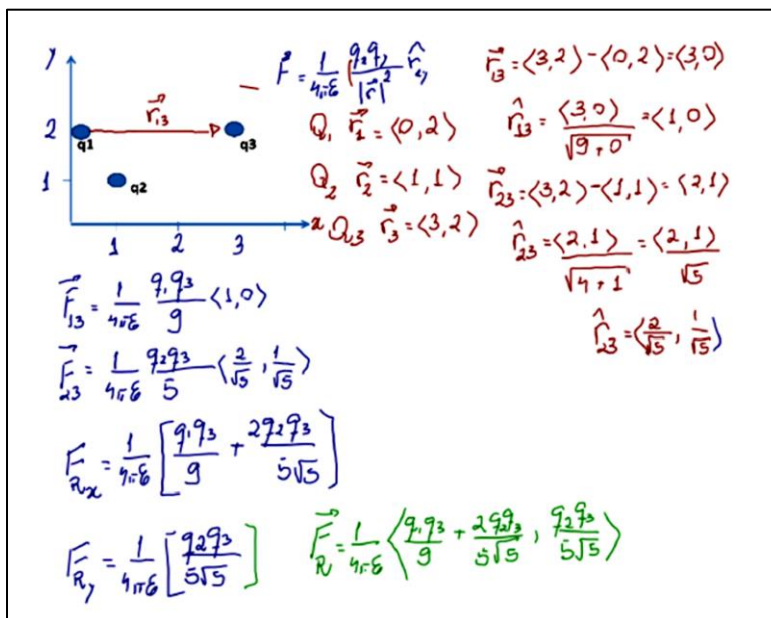


Figura 14 – Problema envolvendo a Lei de Coulomb resolvido por Ana com o auxílio de uma mesa digitalizadora.

A crença de Ana acerca da eficácia de longas listas de exercícios, prática comum em cursos introdutórios de Física no seu departamento, fundamentou a criação da lista referida anteriormente. Além disso, na concepção de Ana, o acesso de seus estudantes às listas resolvidas, por colegas que fizeram a disciplina em semestres anteriores, fez com que eles não se dedicassem à resolução dos problemas, o que pode ser um indicador do baixo desempenho na disciplina. Na segunda entrevista semiestruturada, Ana, ao comentar sobre o desempenho da turma durante o semestre, ressaltou, igualmente, a relação do desempenho dos estudantes com a realização da lista de exercícios.

Eu senti que a dificuldade que eles tiveram foi muito maior que nas turmas anteriores. O índice de reprovação foi alto, comparado com os outros semestres, mas eu não mudei meu estilo de dar aula. [...] Outra coisa que eu sinto, é uma intuição, eu não tenho provas disso, mas eu sinto que, com o passar do tempo, o material fica cada vez mais público. Os alunos, agora, já têm acesso a lista de problemas resolvidos dos colegas. Apesar de que incentivo os alunos a não fazerem isso. Agora é muito difícil alguém que não tenha contato com as respostas dos

exercícios. Dessa forma eles deixam de fazer os exercícios e eu acho que isso é gravíssimo. Eu não tenho condição de mudar toda a lista de exercícios. Acaba que, agora, os alunos que não fazem a lista de exercícios, que não se esforçam para fazer, não aprendem

Em síntese, nessa seção buscamos descrever em detalhes as apropriações dos métodos centrados nos estudantes IpC e EsM realizadas por Ana. Na próxima seção apresentamos uma síntese dos resultados apresentados até o momento à luz do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas de Henderson e Dancy (2008).

6.3.2 *A prática instrucional de Ana e sua apropriação do IpC e do EsM: uma síntese à luz do Modelo de Incorporação de Inovações Didáticas (MIID)*

Conforme descrevemos na seção anterior, a prática instrucional de Ana incorporou alguns elementos dos métodos centrados nos estudantes IpC e EsM. Passamos a apresentá-las de acordo com o MIID, mais especificamente com o Quadro 1. No Quadro 6, apresentamos a classificação para os diversos elementos e passamos a discuti-las.

A implementação do IpC pode ser compreendida dentro da categoria *adaptação*, pois Ana, durante o semestre, por diversas vezes, prescindiu do uso da etapa de discussão entre os colegas, elemento chave da proposta do IpC (Apêndice A). Entre as possíveis causas para tal modificação destacamos que Ana comentou, durante a entrevista semiestruturada, que tem dificuldade em encontrar questões que suscitem divergência nas respostas e que, além disso, a necessidade de cumprir o cronograma da disciplina impede, muitas vezes, que ela dedique tempo de aula para que os estudantes discutam suas respostas aos TC. Os tipos de questões que foram utilizadas também contribuem para que a prática do IpC por Ana seja identificada como uma adaptação, pois o IpC preconiza que sejam utilizadas questões de múltipla escolha acerca dos conceitos chave trabalhados na disciplina. Preferencialmente, as respostas dos TC não devem recorrer a memorização de fórmulas ou execução de cálculos. Identificamos que Ana, ao longo das aulas, utilizou questões que não podem ser caracterizadas dessa forma. Reconhecemos, todavia, que tais questões possuem igual relevância dentro da proposta instrucional de Ana.

Em contrapartida, a prática do EsM por Ana pode ser apreendida na categoria *reinvenção*. De maneira geral, Ana desenvolveu TL de acordo com o modelo proposto pelo EsM onde os estudantes, após lerem o a respeito do tópico selecionado, devem responder questões conceituais e reportarem possíveis dúvidas que surgiram ao longo da execução da atividade. De posse das respostas dos estudantes, o professor prepara suas explicações e aborda as dúvidas dos estudantes ao longo da aula (Apêndice A). Contudo, com o intuito de manter os estudantes em constante estudo fora do ambiente de sala de aula, algumas TL envolveram a resolução de problemas. Tais atividades foram propostas após os tópicos relacionados serem apresentados. Compreendendo as TL como atividades prévias às aulas, reconhecemos que Ana se inspirou no modelo do EsM e desenvolveu uma variação do método.

Quadro 6 – Síntese dos elementos do IpC e EsM, incorporados à prática instrucional de Ana. ADO: Adoção, ADA: Adaptação, REI: Reinvenção.

Metodologia	Atividade	Classificação MIID
<i>IpC</i>	Discussão das respostas entre os estudantes	ADA
	Tipos de questões conceituais	ADA
<i>EsM</i>	Tarefas de Leitura prévias às aulas expositivas	ADO
	Tarefas de Leitura de resolução de problemas	REI

Em síntese, concluímos que a continuidade da prática inovadora de Ana variou entre uma adaptação e uma reinvenção dos métodos centrados nos estudantes EsM e IpC. Conforme descrevemos, sua prática incorporou elementos desses métodos, ocorrendo algumas modificações das propostas originais. A interação social durante os TC foi um dos elementos que Ana não explorou intensamente. Somente em 23 questões das 91, a estrutura original do IpC foi preservada. Apesar dos esforços de Ana de promover maior interação entre os estudantes ao longo das aulas, nossas observações revelam que essa não foi uma prática comum. Por outro lado, a incorporação do EsM foi expressiva. Constantemente, Ana fez uso das dúvidas dos estudantes como ponto de partida para o desenvolvimento de suas explanações e as TL desenvolvidas, para esse fim, estavam de acordo com o proposto originalmente pelo EsM. Buscando manter os estudantes em constante estudo fora do ambiente de sala de aula, algumas TL envolveram a resolução de problemas, sendo essas propostas após a exposição dos conteúdos.

6.4 Como a adoção da inovação didática (adaptação do IpC+EsM) impactou a aprendizagem dos conteúdos de Física por parte dos estudantes, bem como no desenvolvimento de crenças e atitudes em relação aos métodos?

Para responder essa questão de pesquisa, tomamos como unidade de análise a turma em que Ana ministrou suas aulas (disciplina: Física Geral – Eletromagnetismo; semestre: 2015/2), composta por 91 estudantes, sendo 27 do sexo feminino e 64 do sexo masculino, com idade média de 21 anos. A participação no estudo foi voluntária, sendo os estudantes informados dos termos da pesquisa mediante um termo de consentimento (Apêndice G) que foi entregue no primeiro dia de aula. Entre os 91 estudantes, 62 responderam ao BEMA no início do semestre, 67 responderam no final do semestre (59 estudantes responderam nos dois momentos) e 34 responderam o questionário sobre a opinião dos estudantes acerca dos métodos. Os dados obtidos foram analisados de acordo com os seguintes eixos de análise: *desempenho dos estudantes no BEMA, engajamento e desempenho dos estudantes na disciplina, e crenças e atitudes dos estudantes frente aos métodos*. Passamos a apresentar os resultados obtidos para cada um dos eixos citados. Ao final, apresentamos, à luz da TDI, uma síntese dos resultados preliminares encontrados.

6.4.1 Desempenho dos estudantes no BEMA

Como forma de mensurar o ganho na aprendizagem dos estudantes dos tópicos abordados na disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo, o teste padronizado *Brief Electricity and Magnetism Assessment* – BEMA (Ding et al. 2006) (Anexo A) foi aplicado em dois momentos: no primeiro dia de aula (pré-teste) e antes da última avaliação da disciplina (pós-teste). Os estudantes responderam ao teste durante aproximadamente uma hora, de maneira individual e sem consulta a qualquer tipo de material. Haja vista que o teste foi aplicado duas vezes, os estudantes não receberam nenhum tipo de *feedback* sobre seu desempenho, tampouco o respectivo gabarito. Dos 59 estudantes que responderam ambos os pré-teste e pós-teste, 42 são do gênero masculino e 17 do gênero feminino.

Atribuímos o escore 1 para respostas corretas e 0 para as incorretas. Além disso, as seguintes sugestões dos autores do teste (ibid.) foram levadas em consideração no processo de correção:

- a questão 3 é considerada correta caso a resposta seja 1/9 da resposta da questão 2, estando a questão 2 correta ou não;
- a questão 16 é considerada correta se a resposta para a questão 15 for zero e se a resposta da questão 16 for igual à resposta da questão 14;
- as questões 28 e 29 juntas equivalem a uma única questão, sendo computado um único acerto se ambas as questões estiverem corretas. Então, o resultado do teste, composto por 31 itens, é avaliado em termos da frequência em 30 itens.

Buscando verificar se houve uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos pré e pós-testes, aplicamos o teste t pareado, onde foi testada a seguinte hipótese nula (H_0):

Hipótese H_0 : a adoção do IpC em conjunto com o EsM, na turma do presente estudo, não promoveu um ganho estatisticamente significativo de desempenho no teste padronizado BEMA.

Por conseguinte, a hipótese alternativa aponta que a diferença entre as médias do pré e do pós-teste não pode ser atribuída ao acaso, sendo, pois, relacionada com os métodos de ensino empregados por Ana na disciplina. Utilizamos um nível de significância de 0,05 como ponto de corte para rejeitar a hipótese nula. Dessa forma, havendo uma diferença entre as médias e sendo o valor de $p < 0,05$, é possível rejeitar a hipótese nula e corroborar a hipótese alternativa. A determinação do ganho normalizado (HAKE, 1998a), obtido com a da Eq.1, também foi realizada. Na sequência apresentamos os resultados obtidos.

A Figura 15 apresenta a distribuição de acerto nas questões que compõem o BEMA, sendo que as questões 28 e 29 foram analisadas em conjunto (28/29). Podemos perceber que houve um aumento no número de acertos, com a exceção das questões 3 e 9²⁰.

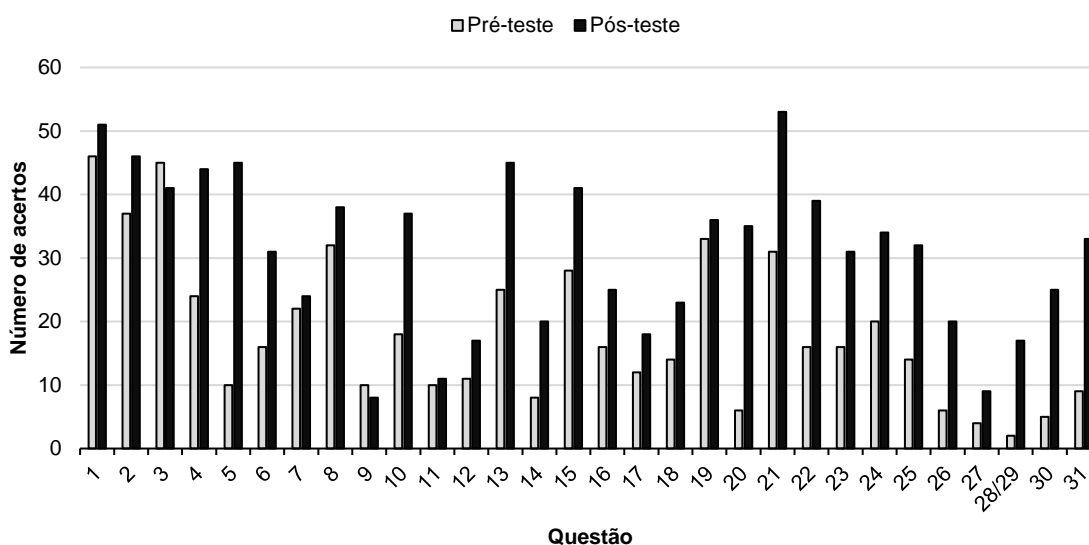


Figura 15 – Frequência de acertos para as questões do teste BEMA.

O escore obtido pelos estudantes no pré-teste, no pós-teste, o ganho normalizado médio (g) e os valores de t e p , obtidos por meio do teste t pareado são apresentados na Tabela 2. O valor de p nos permite refutar a hipótese nula e afirmar que existe uma diferença estatisticamente significativa entre a média de desempenho dos estudantes no pré e no pós-teste.

Tabela 2 – Resultados obtidos pelos estudantes no BEMA.

Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	p value	t	$\langle g \rangle$ (%)
30,85±14,01	52,49±18,51	<0,001	12,04	32±21

Apesar dos resultados encontrados apontarem que há um aumento estatisticamente significativo no desempenho dos estudantes, o ganho normalizado médio obtido pelos estudantes pode ser considerado baixo, especialmente se comparado aos resultados obtidos por outros autores em turmas com métodos interativos de ensino (KOHLMYER et al., 2009; POLLOCK; FINKELSTEIN, 2008; VIEIRA, 2014). Vieira (2014), em um estudo realizado com duas turmas em uma disciplina de Física Geral III (Eletromagnetismo), na mesma instituição de ensino em que o presente estudo ocorreu, obteve ganhos médios normalizados de $54 \pm 20\%$ e $40 \pm 24\%$, valores consideravelmente superiores aos obtidos em nossa pesquisa. Pesquisas mostram que ganhos

²⁰ Atribuímos a redução no número de acertos da questão 3 à maneira como ela deve ser considerada correta, ou seja, a resposta deve ser 1/9 da resposta da questão 2, estando a questão 2 correta ou não. Na questão 9, 29 estudantes optaram pela resposta “a”. Tal questão aborda o conceito de magnitude da corrente elétrica em função da magnitude da velocidade de deriva de íons de sódio (Na⁺) e íons de cloreto (Cl⁻) em água salgada, tendo como resposta correta a soma das correntes (letra “b”) e não a subtração delas (letra “a”).

normalizados próximos de 30% são encontrados em aplicações do BEMA a turmas tradicionais (DING et al., 2006; KOHLMYER et al., 2009; POLLOCK, 2009; POLLOCK; FINKELSTEIN, 2008). O escore no pós-teste ($52,49 \pm 18,51\%$) obtido em nosso estudo é modestamente superior ao encontrado por Ding et al. (2006) para uma turma tradicional ($45 \pm 5,9\%$).

Em síntese, ao contrastarmos nossos resultados com os estudos citados, podemos perceber que o desempenho dos estudantes no BEMA foi inferior ao encontrado na literatura. Tendo isso em vista, alguns apontamentos são necessários, especialmente em relação à comparação com os resultados obtidos por Vieira (2014). Apesar de ambos os estudos terem sido realizados na mesma instituição de ensino, algumas diferenças entre as pesquisas precisam ser destacadas. Primeiramente, as disciplinas em que os estudos foram conduzidos têm como público alvo alunos de diferentes cursos de graduação. A disciplina de Física Geral III (Eletromagnetismo) é oferecida para estudantes que pretendem obter grau de bacharel, ou licenciado, em Física. Por outro lado, a disciplina do presente estudo é oferecida, em sua maioria, para estudantes de cursos de Engenharia. O perfil dos estudantes, bem como o tamanho das turmas, em ambas as disciplinas é diferente. Na instituição de ensino em questão, os estudantes dos cursos de Física são conhecidos por seu maior comprometimento com as disciplinas básicas do curso, que inclui a disciplina de Física Geral III (Eletromagnetismo), em comparação aos estudantes dos cursos de engenharia. Além disso, as turmas dos cursos de Engenharia possuem, em média, 60 estudantes, sendo, pelo menos, o dobro da quantidade de alunos nas turmas dos cursos de Física. Em segundo lugar, os perfis dos professores que ministraram as aulas em ambos os estudos não são semelhantes. No estudo de Vieira (Ibid.), o professor tem formação na área de Ensino de Física, e realizou seu estágio de Pós-Doutorado no grupo de pesquisa de Eric Mazur, em Harvard. Por outro lado, Ana, conforme já mencionamos, possui formação na área de Física Experimental. Além disso, os resultados coletados em nosso estudo foram obtidos por uma adaptação feita por Ana aos métodos IpC e EsM (descrita na Seção 6.3.1).

6.4.2 Engajamento e desempenho dos estudantes na disciplina

Para avaliar o engajamento e o desempenho dos estudantes na disciplina, estabelecemos como indicadores os seguintes itens: notas nas avaliações; participação nas tarefas de leitura; e conceitos finais da disciplina. De posse dos resultados obtidos pelos estudantes nesses itens, criamos um banco de dados que serviu de ponto de partida para a análise apresentada na sequência.

A avaliação do engajamento dos estudantes na disciplina foi feita por meio da participação nas TL, excluída a TL 21, por se tratar de uma atividade em que os estudantes apenas tinham que informar os resultados obtidos em uma atividade experimental realizada. A Tabela 3 mostra o número de alunos que responderam às 23 TL ao longo do semestre, agrupados em quatro categorias: menos que 25%; entre 25% e 50%; entre 50% e 75%; e mais que 75%.

Tabela 3 – Número de estudantes por categoria de quantidade de TL respondidas.

	<25%	25% - 50%	50% - 75%	>75%	Total
Qtd. Alunos	0	11	18	62	91
%	0	12	20	68	100

Podemos perceber que o engajamento dos estudantes nas TL foi elevado, haja vista que 62 alunos responderam mais do que 75% das atividades; sendo que 12 estudantes responderam todas as TL. A Figura 16 apresenta a distribuição dos estudantes de acordo com a quantidade de TL respondidas para a categoria >75%.

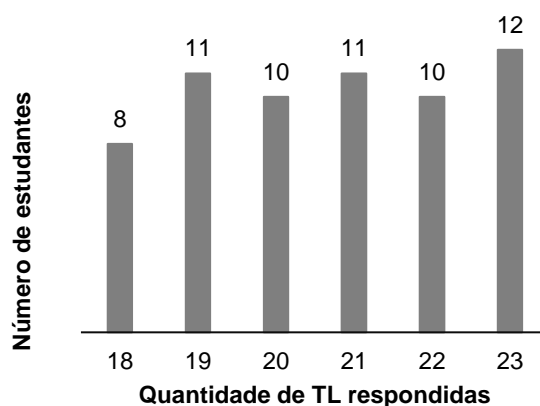


Figura 16 – Quantidade de estudantes que responderam TL na categoria >75%.

Ao longo do semestre, os estudantes realizaram três atividades avaliativas, denominadas P1, P2 e P3, compostas por questões quantitativas e questões conceituais acerca dos tópicos abordados na disciplina. O Quadro 7 apresenta os conteúdos abarcados por cada avaliação, bem como uma breve descrição sobre cada questão. Para cada prova foi atribuída, por Ana, uma nota entre zero e 10, sendo a média da turma na P1 $5,37 \pm 1,75$ (N=90), na P2 $6,29 \pm 2,41$ (N=87) e na P3 $5,92 \pm 1,92$ (N=84).

Ao atribuir conceitos para os escores dos estudantes nas provas, de acordo com a Tabela 1, podemos perceber que grande parte ficou com o conceito D; sendo a P1 a prova com a maior percentagem desse conceito (Figura 17). Tais resultados apontam um baixo rendimento dos estudantes nas avaliações.

Os conceitos atribuídos por Ana aos estudantes na disciplina foram calculados com a relação apresentada a eles na primeira aula (Eq. 2) e convertidos com a Tabela 1. Na Figura 18 é exibida a distribuição desses conceitos, sendo o conceito FF atribuído aos estudantes que não tiveram a presença mínima regimental de 75% nas aulas ao longo do semestre.

Quadro 7 – Descrição provas da disciplina Física Geral – Eletromagnetismo.

Atividade Avaliativa	Tópicos	Descrição
P1	Carga Elétrica; Campo Elétrico - Lei de Coulomb e Lei de Gauss; Potencial Elétrico; Capacitância	<p>Questões quantitativas: (70% da nota final)</p> <p>Q.1 - a) Determinar o Campo Elétrico resultante no centro de uma esfera oca de plástico com carga negativa Q que está próxima de uma placa de madeira, infinita, com uma distribuição de carga positiva σ. b) diferença de potencial entre dois pontos, um no centro da esfera, outro na superfície da placa</p> <p>Q.2 Calcular a força resultante sobre uma carga, localizada próxima de outras duas cargas.</p> <p>Q.3 Determinar a carga acumulada em capacitores de uma associação</p> <p>Questões conceituais: (30% da nota final)</p> <p>a) Dada uma distribuição de cargas, o que é mais conveniente utilizar, Lei de Gauss ou Lei de Coulomb</p> <p>b) Qual a relação entre Campo Elétrico e o Potencial Elétrico</p> <p>c) Fluxo elétrico através de uma gaussiana</p> <p>d) Princípio do aquecimento da água em um forno micro-ondas</p> <p>e) Campo elétrico dentro de esfera condutora carregada</p> <p>f) Diferença de potencial</p>
P2	Corrente Elétrica; Resistência Elétrica; Campo Magnético - Lei de Biot-Savart e Lei de Ampere; Efeito Hall	<p>Questões quantitativas: (50% da nota final)</p> <p>Q.1 Circuito de duas malhas, contendo duas fontes e cinco resistores. Determinar as correntes e a potência oferecida e dissipada pelo circuito. Q.2 Determinar o Campo Magnético produzido por um fio que, em uma seção, faz um loop de raio R.</p> <p>Questões Conceituais: (50% da nota final)</p> <p>Q.3 a) Trajetória de um elétron em regiões de Campo Magnético de intensidades diferentes</p> <p>b) Momento dipolar e energia potencial do dipolo</p> <p>c) Qual a melhor amperiana para determinar o Campo Magnético gerado por uma corrente que passa por uma placa infinita</p> <p>d) Força magnética sobre uma partícula com velocidade v conhecida*</p> <p>e) Determinar qual a corrente elétrica envolvida em três amperianas diferentes em um solenoide</p> <p>f) Força magnética sobre uma espira imersa em um campo magnético</p> <p>Q.4. Explicar o funcionamento de uma bússola e de que materiais ela pode ser construída (citando os materiais e as suas propriedades magnéticas)</p>
P3	Lei de Faraday-Lenz; Equações de Maxwell; Indutância; Corrente alternada - circuitos RL, RC, LC e RLC; Propriedades Magnéticas da matéria	<p>Questões quantitativas: (50% da nota final)</p> <p>Q.7. Tempo que um circuito RL leva para atingir a corrente máxima.</p> <p>Q.9 Dada certas características de um circuito LC oscilante, determinar a capacitância do capacitor, a corrente elétrica para $t=0$, a energia total do sistema, o gráfico da carga no capacitor</p> <p>Q.10 De acordo com a disposição de duas bobinas, determinar o campo magnético gerado por uma bobina que passa corrente elétrica, o fluxo magnético através da segunda espira, a fem induzida na segunda espira e o sentido da corrente induzida.</p> <p>Questões conceituais: (50% da nota final)</p> <p>Q.1. Circuito RLC - fasores</p> <p>Q.2 Funcionamento de uma lâmpada ligada em paralelo a um indutor e uma bateria</p> <p>Q.3 Corrente elétrica em circuitos RL</p> <p>Q.4 Circuito RLC série - diagrama de fasores</p> <p>Q.5 Circuito RLC série</p> <p>Q.6 Circuito RLC série - gráfico de fem e i</p> <p>Q.8 Impedância – gráfico</p>

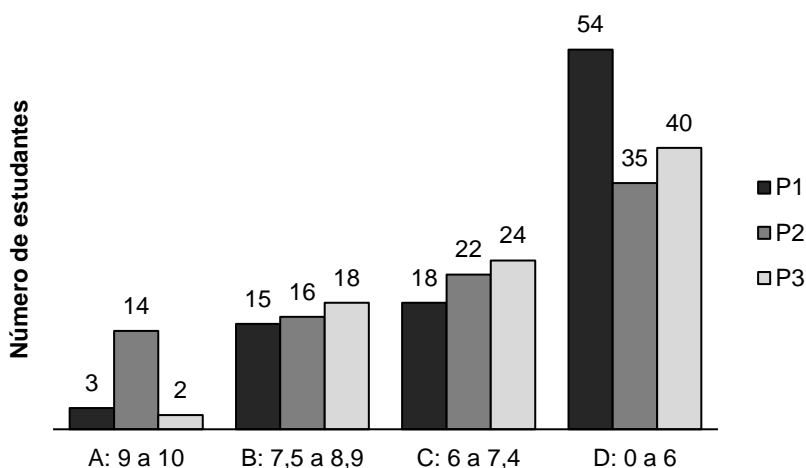


Figura 17 – Distribuição dos conceitos por prova.

A taxa de aprovação da turma foi de, aproximadamente, 67% (N=61), sendo o conceito C obtido por 60% dos aprovados na disciplina. O índice de aprovação médio nas 12 turmas da disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo, ofertadas pelo departamento Física no segundo semestre de 2015, foi de, aproximadamente, 77%. Em termos das reprovações por infrequência (FF), a taxa média para as 12 turmas foi de 4,84%, sendo de 4,39% a taxa da turma de Ana. Por fim, a taxa média de reprovação com o conceito D para as 12 turmas foi de, aproximadamente, 17%, onde a turma de Ana obteve uma taxa de, aproximadamente, 28%. Os resultados aqui apresentados indicam que o desempenho da turma ficou aquém do esperado. Ao final do presente estudo, realizamos uma entrevista semiestruturada com Ana, onde buscamos compreender, por meio de sua narrativa, possíveis razões pelas quais tais resultados foram obtidos. A relação entre esses resultados e a continuidade da prática inovadora de Ana são exploradas na seção 6.5.

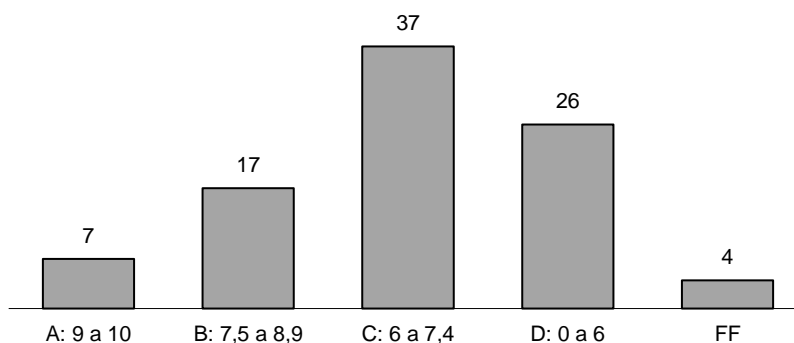


Figura 18 – Distribuição dos conceitos finais da disciplina Física Geral – Eletromagnetismo.

Na Tabela 4 apresentamos a matriz de correlação entre os vários indicadores apresentados até o momento. Nessa análise, consideramos os estudantes que responderam ao BEMA no início e ao final da disciplina, sendo excluídos os que foram reprovados na disciplina com conceito FF; o número de estudantes analisados é discriminado na Tabela 2.

Uma correlação significativa ao nível de 1% foi encontrada entre a média das provas e a participação nas TL, bem como entre os conceitos finais da disciplina e a participação nas TL (Tabela 2). Esses resultados indicam que o engajamento dos estudantes na disciplina está relacionado moderadamente com seu desempenho nas provas.

Também encontramos uma correlação entre a média das provas e o escore obtido no pós-teste e entre o conceito final da disciplina e o pós-teste (Tabela 4). Esses resultados apontam que o desempenho dos estudantes no BEMA ao final da disciplina possui uma relação expressiva com o desempenho na disciplina. Os trabalhos de Kohlmyer et al. (2009) e Pollock (2008) também reportam a existência dessa relação. Em destaque, Pollock (2008), em um estudo com 425 estudantes de uma disciplina de Física Eletromagnetismo, onde o IpC foi utilizado, encontrou correlação de 0,7 ($p < 0,05$) entre o conceito final da disciplina e o escore no BEMA (pós-teste), resultado similar ao encontrado em nossa análise.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Person e significância da correlação (bicaudal) entre a média dos estudantes nas provas (Médias Provas), a participação nas Tarefas de Leitura (Part_TL) e o ganho normalizado no BEMA (BEMA_<g>).

		Média Provas	Part_TL	BEMA_pós	Conceitos
Média Provas	Correlação	1	0,527	0,702	0,851
	Sig.		0,000	0,000	0,000
	N	87	87	58	87
Part_TL	Correlação	0,527	1	0,298	0,487
	Sig.	0,000		0,023	0,000
	N	87	87	58	87
BEMA_pós	Correlação	0,702	0,298	1	0,618
	Sig.	0,000	0,023		0,000
	N	58	58	58	58
Conceitos	Correlação	0,851	0,487	0,618	1
	Sig.	0,000	0,000	0,000	
	N	87	87	58	87

6.4.3 Crenças e atitudes dos estudantes frente aos métodos

Ao final do semestre, foi disponibilizado aos estudantes, por meio da plataforma *Google forms*, um questionário (Apêndice F) para avaliar as crenças e atitudes dos estudantes acerca do IpC e do EsM, em particular em relação aos seus vários elementos estruturantes: *ao uso de Testes Conceituais; à discussão dos Testes Conceituais entre os colegas; à realização das Tarefas de Leitura*. Sua criação foi inspirada pelos resultados da revisão apresentada na Seção 2.2.4.6. Além de questões relativas a informações dos respondentes (sexo, idade, curso, etc.), o questionário foi composto de oito perguntas abertas e 14 questões contendo afirmativas (expressões de crença e de atitude) com cinco níveis de concordância (escala Likert). O questionário foi respondido por 34 estudantes. Em nossa pesquisa, adotamos a concepção de crença e atitude proposta pela Teoria do Comportamento Planejado (TCP) de Icek Ajzen (1991, apud HEIDEMANN et al. 2012).

Os estudantes expressaram uma atitude positiva em relação ao uso dos Testes Conceituais (TC) em sala de aula. Aproximadamente 80% dos estudantes afirmaram gostar de

responder TC durante as aulas de Física (afirmativa 13) (Vide Tabela 5). Em termos das crenças, 28 estudantes concordaram ou concordaram fortemente que responder TC melhora o desempenho nas provas da disciplina e torna as aulas mais atrativas (afirmativas 10 e 12, respectivamente).

Tabela 5 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 10, 12 e 13 do questionário de crenças e atitudes.

	10. Responder questões conceituais de Física durante as aulas NÃO melhora o desempenho nas provas da disciplina:	12. Resolver questões conceituais de Física torna a aula mais atrativa:	13. NÃO gosto de responder questões conceituais de Física durante as aulas:
Discordo fortemente	12	1	9
Discordo	16	2	18
Indiferente	2	3	5
Concordo	4	19	1
Concordo fortemente	0	9	1
Total	34	34	34

Nas questões abertas, encontramos algumas respostas que confirmam as opiniões dos estudantes sobre o uso dos Testes Conceituais. A seguir ilustramos algumas dessas respostas.

Aluno 2: *Os clickers permitem maior participação em aula e ajudam a pensar e compreender o assunto que está sendo estudado. O aluno passa a ser ativo na aula, o que estimula sua atenção.*

Aluno 5: *Achei o uso dos clickers e Testes Conceituais em aula um método que, apesar de diferente, acabou sendo divertido e promoveu discussões entre alunos para a resolução das questões, o que é muito importante.*

Aluno 12: *Os Testes Conceituais ajudam a prestar atenção e logo saber se entendeu o conteúdo.*

Aluno 14: *Achei uma ótima forma de aprender e tirar dúvidas, além de me manter atenta no assunto abordado.*

Aluno 32: *Quando eu me matriculei na cadeira eu pensava que seria horrível me submeter a testes em aula. No entanto, este preconceito mudou quando as aulas tiveram início. Acho o método do clickers muito bom, eu sempre levo a sério as perguntas, até mesmo para mensurar o quanto estou compreendendo a matéria ou não.*

Em relação ao uso dos *clickers*, alguns alunos afirmaram que os dispositivos permitem que eles respondam às perguntas sem que sejam identificados, aumentando a participação em aula, já que alguns estudantes sentem vergonha de responder perguntas em frente à turma.

Aluno 29: *Era a parte que eu mais gostava da aula. Acho essa ideia genial, pois a maioria dos alunos tem muita vergonha de responder na*

frente de todos. Em todas as vezes que a professora perguntava sem os clickers quase ninguém respondia. Eles são muito bons porque mantem um anonimato e fazem todos responderem e dão uma porcentagem certinha. Não vejo desvantagem neles. Sentirei falta disso.

Aluno 19: *Os clickers são uma inovação bem interessante, pois dentre uma turma de 100 pessoas, quando alguém possui uma dúvida ou tem receio de responder errado uma questão na frente de todos, o clicker fornece um anonimato da pessoa sem que ela se prejudique, desta forma a professora pode ver quem nem todos compreenderam a matéria.*

Aluno 13: *O uso dos clickers e os testes conceituais mantém os alunos participando ativamente das aulas, os estudantes se tranquilizam mais na hora de responder devido ao anonimato.*

Em termos da discussão entre os colegas, 24 estudantes concordaram ou concordaram fortemente com a afirmativa “*sinto-me bem discutindo questões conceituais de Física com os meus colegas*” (afirmativa 11) (Vide Tabela 6). Em consonância, os estudantes manifestaram a crença de que a discussão entre os colegas é fundamental para a aprendizagem (afirmativas 9 e 14). Nas questões abertas, encontramos comentários que ratificam tal crença.

Aluno 2: *Essa parte é fundamental, pois ao conversar com o colega você pode repensar seus erros, corrigir os erros do colega, etc... Isso permite que o conteúdo se esclareça de uma forma muito mais direta, sem a necessidade do professor acompanhar aluno por aluno.*

Aluno 30: *Eu penso que as discussões são boas pois muitas vezes ao ouvir a resposta pela professora não gravamos muito bem. Mas ao ouvir um colega explicando, prestamos mais atenção, e até rola um pouco de competição (interna) do tipo: "ele sabe mais que eu, melhor estudar mais". Além de ver que muitas vezes nem mesmo os colegas sabem uma determinada resposta, mostrando que todos erram.*

Aluno 21: *Vejo que a discussão se mostra vantajosa quando, por exemplo, erramos uma questão, e logo após é aberta a discussão e um colega próximo pode explicar numa linguagem talvez até mais simplificada sobre qual a resposta correta e o porquê.*

Aluno 13: *Acredito que a discussão tenha sido um dos pontos fortes do método da aula, pois nessas ocasiões há todo um trabalho de pensar em cima do que está sendo trabalhado. Entre escutar a solução de um professor e ter um pouco de discussão com os colegas, sempre vale a pena discutir. Pois os estudantes, mesmo que estejam se ajudando,*

estão todos trabalhando o raciocínio nessas horas, todos se esforçando para chegarem eles mesmos à resposta.

Aluno 15: *Achei muito importante essa parte, pois assim entendemos melhor o porquê escolhemos a resposta x em vez de só chutar qualquer uma.*

Aluno 20: *Achei bem vantajoso, pois caso acertamos temos que conseguir explicar/expressar o que foi respondido, caso estamos com dúvida podemos debater para tentar encontrar a resposta correta ou descobrir porque estamos errando. Nos dois casos ambos saem ganhando.*

Aluno 28: *Totalmente válidas e úteis para compreender quando não entendemos ou explicar para os colegas que não entenderam as questões.*

Tabela 6 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 9, 14 e 11 do questionário de crenças e atitudes.

	9. Discutir questões conceituais de Física com os colegas NÃO auxilia a aprendizagem dos conteúdos:	14. Aprendo mais quando respondo e discuto questões conceituais de Física com meus colegas:	11. Sinto-me bem discutindo questões conceituais de Física com os meus colegas:
Discordo fortemente	15	0	1
Discordo	16	1	1
Indiferente	2	6	9
Concordo	1	14	11
Concordo fortemente	0	13	12
Total	34	34	34

Notavelmente, os alunos acreditam que discutir os Testes Conceituais com os colegas é importante para a aprendizagem do conteúdo. Contudo, alguns comentários apontam que existe uma “barreira interpessoal” quando os estudantes devem apresentar seus argumentos aos colegas.

Aluno 32: *Nas primeiras semanas, e até mesmo meses, eu não costumava realizar a discussão com os colegas. Não me sentia à vontade para expor as ideias, talvez. No final do semestre o hábito já tinha mudado completamente, uma vez que eu percebi que encontrar a resposta certa com o colega é um jeito diferente de explicar a nós mesmos a matéria.*

Aluno 25: *Isso nem sempre funciona, pois quando a gente faz a disciplina sozinha e não conhecemos ninguém, fica difícil ter com quem discutir as questões.*

Aluno 3: *Sou uma pessoa um pouco tímida, então quando por exemplo meus amigos não estavam por perto eu não me sentia confortável em discutir com desconhecidos, então via isso como ponto negativo nessas horas, pois me sentia um pouco pressionada a algo que não me sentia à vontade em fazer.*

Outros comentários indicam que as discussões entre os colegas podem, em alguns momentos, ocasionar um aumento no índice das respostas incorretas.

Aluno 13: *O único problema da discussão é que eventualmente os estudantes acabam indicando uma solução errada, resultado dessa discussão, mas isso é eventual.*

Aluno 19: *Se 50% ou mais da turma estão convictas de uma resposta errada, o "efeito manada" fará com que todos errem junto.*

Apesar da grande maioria dos estudantes indicar crenças favoráveis às TL (afirmativas 15, 16 e 17), somente 16 estudantes concordaram ou concordaram fortemente que gostam de realizar as atividades antes das aulas (afirmativa 18) (Vide Tabela 7). Em resposta a uma questão aberta do questionário, encontramos comentários que podem estar relacionados à atitude pouco positiva em relação à execução das TL.

Tabela 7 – Número de respondentes para cada um dos níveis de concordância às afirmativas 15, 16, 17 e 18 do questionário de crenças e atitudes.

	15. Ler o conteúdo de Física antes das aulas contribui para uma melhor aprendizagem:	16. Realizar Tarefas de Leitura NÃO é uma maneira eficiente de aprender os conteúdos de Física:	17. Aprendo mais intensamente os conteúdos de Física quando realizo as Tarefas de Leitura antes das aulas:	18. Gosto de realizar as Tarefas de Leitura antes das aulas de Física:
Discordo fortemente	0	13	0	4
Discordo	2	15	3	5
Indiferente	3	5	8	9
Concordo	17	0	14	9
Concordo fortemente	12	1	9	7
Total	34	34	34	34

A grande quantidade de TL a serem respondidas pelos estudantes foi o comentário mais frequente. Em destaque, o Aluno 9 afirmou que apesar de ter gostado das TL, achou que a frequência com que tinha que responder às tarefas foi um fator negativo. Esse aluno indicou que discorda fortemente da afirmativa “gosto de realizar as Tarefas de Leitura antes das aulas de Física” (afirmativa 18).

Aluno 2: *Acredito que o número de tarefas de leitura foi grande, e pode ser diminuído, aumentando a dificuldade das mesmas.*

Aluno 9: *Gostei das tarefas de leitura pois era uma forma de destacar o mais importante no referido conteúdo. Mas achei muitas tarefas de*

leitura, tinha vez que eram 2 por vez, assim consome muito tempo, dedicação quase exclusiva a essa matéria, visto que, tem que estudar o conteúdo que nem foi visto para fazer essas tarefas.

Aluno 19: *Para quem trabalha e chega tarde em casa é bem complicado, pois ter que deixar "post it" em todos os cantos da casa e na tela do PC e celular para não esquecer de fazer a Tarefa de Leitura não é nada fácil.*

Aluno 32: *A frequência com que tínhamos que responder os questionários faz com que exista um descaso em algumas situações (seja por cansaço, outras provas, lembranças de última hora).*

Outros comentários dos estudantes destacaram aspectos positivos da execução das TL. De modo geral, os estudantes acreditam que as TL incentivam o estudo contínuo dos conteúdos, facilitando a aprendizagem. Ter um contato com o conteúdo antes das aulas, permitindo que as dúvidas sejam sanadas pela professora também foi apontado pelos respondentes.

Aluno 1: *O uso das tarefas de leitura incentiva a um estudo de forma mais constante.*

Aluno 11: *O principal ponto positivo são as tarefas de leitura, pois elas nos incentivam a estudar continuamente.*

Aluno 2: *As tarefas de leitura permitem um contato antecipado ao conteúdo que está por vir, o que ajuda muito na "organização mental" da matéria. Além disso, estimulam o aluno a aprender um pouco do conteúdo por si.*

Aluno 21: *Achei interessante pois vemos o conteúdo antecipado, de modo que ao chegar na aula já temos algumas dúvidas, ou um pouco de noção do que nos é ensinado.*

Aluno 22: *A tarefa de leitura é um processo vantajoso no quesito de incentivar o estudo contínuo e para que avaliemos nosso entendimento sobre o determinado assunto da tarefa.*

Aluno 15: *Achei muito vantajoso pois auxilia nos estudos em casa, para termos uma base da linha de o que estudar, e a partir delas mandar as dúvidas para professora respondê-las em sala de aula.*

Aluno 16: *A vantagem era que, quando chegava próximo da data de prova, a gente já tinha estudado um pouco o conteúdo pelas tarefas. Eu normalmente deixo para estudar tudo de uma vez só quando vai chegando a prova, e acumula muito conteúdo. As tarefas ajudavam para não acumular muito e facilitavam a hora estudar.*

A dificuldade de se ambientar com uma nova concepção de ensino, que passa a ser centrado nos estudantes, foi destacada por um comentário. Na concepção do Aluno 3, o fato da

abordagem tradicional estar fortemente presente na Educação Básica torna o processo de transição mais difícil e, como solução, sugere que essas mudanças deveriam ser implementadas no Ensino Médio.

Aluno 3: *Sempre comentei com amigos que o modo de ensino no Brasil deveria ser baseado em menos aulas e mais estudos em casa, pois em inúmeras disciplinas que eu já cursei julgo que aprendi muito mais em casa do que em sala de aula, mas isso deve acontecer desde o Ensino Médio; fica difícil depois de anos acostumada a uma metodologia fazer uma disciplina no meio de outras cinco com esse método. Portanto, entendo todas as boas intenções da professora e como eu disse a culpa de talvez alguns não se adaptarem a tarefa de leitura não é dela, e sim de um modo de ensino carregado por nós a vida inteira.*

6.4.4 Uma síntese dos resultados obtidos à luz da TDI

Ao buscarmos responder à questão de pesquisa “*como a adoção da inovação didática (adaptação do IpC+EsM) impactou a aprendizagem dos conteúdos de Física dos estudantes, bem como no desenvolvimento de crenças e atitudes em relação aos métodos?*”, focalizamos nossa investigação nas consequências da adoção de inovações didáticas. Segundo Rogers (2003), no passado, grande parte das pesquisas acerca da difusão de inovações foram finalizadas com a análise da decisão de adotar uma nova ideia, ignorando como essa escolha é implementada e quais as consequências. Um dos possíveis motivos está relacionado com a assunção de que as consequências de adotar uma nova ideia serão, sempre, positivas. No entanto, as implicações de adotar, ou rejeitar, uma inovação são diversas, multidimensionais e podem se apresentar de diversas formas. Frente à complexidade de mensurar as consequências de uma inovação, o autor propôs uma taxionomia composta de três dimensões: (i) desejáveis *versus* indesejáveis; (ii) diretas *versus* indiretas; (iii) previstas *versus* imprevistas. Na sequência, passamos a sintetizar os resultados desse estudo, dentro das dimensões (i) e (iii), visto que até o presente momento de nossa pesquisa investigamos as consequências *diretas* da adoção do IpC e do EsM. Na Tabela 8 apresentamos a classificação das consequências de acordo com essas dimensões da taxionomia de Rogers (ibid.) e passamos a discuti-las.

A aplicação do BEMA, no formato pré/pós-teste, permitiu mensurar a compreensão de 59 estudantes acerca dos conteúdos abordados na disciplina. O escore médio obtido no pré-teste foi de 30,85%±14,01 e no pós-teste foi de 52,49%±18,51. A análise por meio do teste t pareado rejeitou a hipótese de que a adoção do IpC em conjunto com o EsM, na turma do presente estudo, não promoveu um ganho estatisticamente significativo de desempenho no teste padronizado BEMA. Podemos classificar tal resultado como *desejável* e, ao compará-lo com a literatura (KOHLMYER et al., 2009; POLLOCK; FINKELSTEIN, 2008; POLLOCK, 2008), *prevista*. Por outro

lado, o ganho normalizado médio encontrado ($\langle g \rangle_{\text{méd}} = 32\% \pm 21$), quando confrontado aos obtidos em outras pesquisas (KOHLMYER et al., 2009; POLLOCK; FINKELSTEIN, 2008; VIEIRA, 2014), pode ser classificado como uma consequência *indesejável e imprevista*.

Tabela 8 – Classificação das consequências à luz da TDI.

Consequências	Classificação
Engajamento na disciplina	<i>Desejável e Prevista</i>
Crenças e atitudes positivas em relação ao IpC	
Desempenho no BEMA (aumento estatisticamente significativo no escore obtido)	
Desempenho nas provas e na disciplina	<i>Indesejável e Imprevista</i>
Crenças e atitudes pouco positivas em relação ao EsM	
Desempenho no BEMA (ganho normalizado)	

A participação nas TL foi tomada como um indicador do engajamento dos estudantes na disciplina. Nossos resultados mostram que 68% dos estudantes tiveram uma participação alta nas TL (mais de 75% de atividades realizadas). A análise de correlação ao nível de 1% indicou que a participação dos alunos nas TL está relacionada moderadamente com a média das provas (0,527) e com os conceitos finais da disciplina (0,487). A estrutura proposta pelo IpC e pelo EsM busca tornar o aluno mais ativo no processo de aprendizagem. É esperado que os estudantes que estão engajados nas atividades previstas pelos métodos tenham um bom desempenho na disciplina. Contudo, julgamos que os estudantes tiveram um baixo rendimento nas atividades avaliativas e nos conceitos finais da disciplina. Cabe ressaltar que outras análises serão realizadas para termos uma melhor compreensão desses resultados. Deste modo, preliminarmente, classificamos o engajamento dos estudantes como *desejável* e o desempenho dos estudantes como *indesejável*.

Os estudantes, por meio de um questionário aplicado ao final da disciplina, reportaram atitudes positivas em relação ao IpC, em específico, ao uso dos Testes Conceituais e da discussão entre os colegas (Tabelas 5 e 6). Ao compararmos nossos resultados com os obtidos por outros autores, apresentados na Seção 2.2.4.6, categorizamos essa consequência como *desejável e prevista*. Em relação ao EsM, mesmo apresentando crenças favoráveis ao uso das TL, os estudantes não demonstraram, em geral, uma atitude positiva. A frequência com que os estudantes tinham que realizar tais atividades foi indicado, com certa frequência, como um fator negativo. Na classificação proposta por Rogers (2003), tais resultados podem ser compreendidos como *indesejáveis*.

Em síntese, as consequências *desejáveis* da adoção do IpC e do EsM estão relacionadas com o desempenho no teste padronizado BEMA, no engajamento nas TL e no desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao IpC. O baixo rendimento na disciplina e a atitude pouco positiva em relação ao EsM foram as consequências *indesejáveis* da adoção dos métodos.

6.5 Como, e em que medida, os impactos da prática inovadora de Ana influenciaram a continuidade de sua prática?

Na seção anterior, investigamos os impactos da prática inovadora de Ana. À luz da TDI (ROGERS, 2003), identificamos que as consequências *desejáveis* da adoção de uma adaptação do IpC e do EsM foram o desempenho dos estudantes no teste padronizado BEMA, no engajamento nas TL e no desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao IpC. Em contrapartida, o baixo rendimento nas provas, na disciplina e a atitude pouco favorável em relação ao EsM foram as consequências *indesejáveis*.

Para respondermos a presente questão de pesquisa, realizamos, após a análise dos resultados apresentados nas seções anteriores (seção 6.3 e seção 6.4), uma entrevista semiestruturada com Ana. Nela, buscamos identificar elementos que apontassem alguma mudança nas suas atitudes em relação aos métodos, bem como indícios de que ela pretende abandonar sua prática, frente aos resultados negativos encontrados. Além disso, buscamos identificar, sob a sua perspectiva, possíveis razões para o mal desempenho dos estudantes na disciplina.

Na percepção de Ana, existem diferenças nos perfis dos estudantes de acordo com o horário em que as aulas são ministradas. Conforme já mencionado, ao longo do segundo semestre de 2015, 12 turmas foram ofertadas pelo departamento de Física para a disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo, totalizando, aproximadamente, 580 estudantes matriculados. Essas 12 turmas são distribuídas nos três turnos, onde as turmas da noite são ofertadas, preferencialmente, para os cursos noturnos. Durante os turnos da manhã e da tarde, as vagas ofertadas nas turmas são divididas por cursos, sendo que alguns destes possuem uma preferência nos horários. O extrato da entrevista abaixo evidencia essa separação dos estudantes.

Eu sempre ministrei aulas às 8:30 da manhã, e os alunos que se matriculam nesse horário vêm de [...] cursos fortes, onde os alunos são mais bem preparados, porque para entrarem no vestibular, ou no ENEM, eles têm que ter um score mais alto. E aí, quando eu troquei de horário; eu peguei a turma das 10:30; eu senti drasticamente a diferença, porque os cursos eram diferentes. [...] Em geral, a turma foi muito mal. Eu sentia que quando eu fazia uma proposta de um problema, ou de um exercício mais difícil, eles ficavam mais apavorados, eu tinha que baixar o nível.

Ao afirmar que os estudantes das turmas ofertadas as 8:30 da manhã são “fortes”, Ana argumenta que esses são oriundos de cursos em que o score para entrar na universidade, seja via vestibular, seja via o Sistema de Seleção Unificada (SISU), é mais alto que outros cursos. Esses alunos, ao entrarem na universidade, apresentam, em geral, menos dificuldades nas disciplinas básicas, pois tiveram preparação maior para as provas de seleção. As dificuldades apresentadas pelos estudantes fizeram com que Ana tivesse que diminuir o nível dos exercícios que eram resolvidos em aula.

Um segundo apontamento feito por Ana, ainda em relação ao perfil dos estudantes, centra-se no comprometimento com o horário da disciplina. Sua fala reflete seu descontentamento com o fato de parte da turma sair da sala de aula antes do final da aula.

Outra coisa que me incomodava muito em aula. Eu não sei o que levava os alunos a saírem tão cedo da aula. Às 11:30, um quarto da turma levantava e ia embora. Isso era muito incomodo, porque eles perdiam boa parte da explicação, principalmente a parte dos problemas. Porque chegava o final da aula, quando eu estava fazendo os problemas e eles não estavam "nem aí". Isso me incomodava e me chateava. Alguns alunos se saíram muito bem, tiveram notas ótimas, mas essa grande parcela dos alunos que não estava muito preocupada com o aprendizado, com a disciplina, contribuiu para que o índice de reprovação fosse muito alto.

Outro elemento, identificado por Ana, que pode ter influenciado o desempenho acadêmico dos estudantes se refere ao engajamento na resolução das listas de problemas. Segundo ela, a falta de esforços dos estudantes para resolverem os problemas sem consultar as listas resolvidas por estudantes em semestres anteriores impactou na aprendizagem dos conteúdos.

Outra coisa que eu sinto, é uma intuição, eu não tenho provas disso, mas eu sinto que, com o passar do tempo, o material fica cada vez mais público. Os alunos, agora, já têm acesso a lista de problemas resolvidos dos colegas. Apesar de que incentivo os alunos a não fazerem isso. Agora é muito difícil alguém que não tenha contato com as respostas dos exercícios. Dessa forma eles deixam de fazer os exercícios e eu acho que isso é gravíssimo. Eu não tenho condição de mudar toda a lista de exercícios. Acaba que, agora, os alunos que não fazem a lista de exercícios, que não se esforçam para fazer, não aprendem.

Ainda em sua fala, ao refletir acerca das experiências passadas nessa disciplina, em comparação com o semestre que se passou, identificamos um descontentamento com o índice de aprovação:

Comparando a minha turma com diferentes semestres [...] Na verdade já teve semestres em que o índice de aprovação foi de 90%, e esse semestre foi de aproximadamente 70%, e esse número ainda é considerado adequado. É um índice de aprovação "ok". Ele não é ótimo, poderia ser muito melhor, mas dentro do cenário que a gente já viveu, com essa disciplina, que o conteúdo é complicado e difícil..

Quanto ao engajamento dos estudantes na disciplina, Ana comentou:

Apesar de que alguns estudantes tenham se engajado muito bem, só que a fração de alunos que fez isso foi muito menor que nos semestres anteriores [...] Teve um grupo de alunos muito bom. Uns 50% da turma foram muito empenhados, fizeram as TL, perguntavam, participavam [...] Nesse ponto, me parece que os alunos entenderam, desde o início, que era fácil de passar se eles fizessem as TL, mas eles não se preocuparam em fazê-las com empenho. Eu não me lembro se o número de respostas corretas foi significativo, até porque isso nunca foi avaliado. O que eu sinto que os alunos que fizeram, não fizeram com tanto empenho como deveriam ter feito.

Todos os elementos aqui citados por Ana evidenciam que, na sua percepção, o desempenho inferior dos estudantes não teve relação com sua proposta didática, mas sim com fatores relacionados ao perfil dos estudantes e os respectivos desdobramentos. Ao ser questionada sobre os fatores que influenciaram os resultados obtidos, Ana afirmou:

Eu atribuo, em grande parte, ao baixo nível dos alunos, porque eu mudei muito pouco a minha didática [...] Eu acho que é uma combinação de fatores. O fato de ser um grupo menos interessados, um grupo de alunos que estava mais preocupado em ir cedo para a fila do restaurante do que ficar até o final da aula. Eu não tive argumentos suficientes para mantê-los em aula até o meio dia. Esses alunos perderam boa parte do conteúdo [...]. O horário da aula influenciou terrivelmente. Então, veja, o horário do almoço sendo tão perto da aula, e os caras querendo sair correndo para a fila do RU, certo que influenciou. O fato de ser turmas diferentes, de alunos que vem de cursos diferentes, isso também influenciou. E no mais, eu usei o mesmo material, eu sou a mesma pessoa, eu usei a mesma técnica, por isso eu acredito que tudo isso tenha uma influência significativa no processo.

Frente aos elementos expostos aqui, indagamos Ana se ele pretendia abandonar, ou modificar, sua prática. Sua resposta é baseada na experiência que ela estava vivendo, em uma turma nova da mesma disciplina²¹.

Não, eu já senti agora, faz umas três semanas que a gente tem aula, e eu já senti uma mudança significativa no comportamento dos alunos, eles ficam até o último minuto de aula. A aula começa às 8:30, eu começo pontualmente, alguns alunos não chegaram, mas eu começo a aula, e os alunos ficam até o último minuto até que eu diga tchau. E eles ficam ali e

²¹ A segunda entrevista semiestruturada foi realizada no início do primeiro semestre de 2016, quando Ana já estava ministrando aulas na mesma disciplina.

isso é motivante, dá uma vontade de ir para a aula. Outra questão é que eles perguntam muito, o fato da turma ser menor influência muito na participação deles. [...] Em relação as perguntas que eu faço em aula, são as mesmas que foram feitas no semestre anterior, o número de acertos e erros é muito diferente. Eu vejo que agora a maioria acerta, as vezes não tem nem discussão, 80% de acertos, é impressionante! [...] O desempenho deles é fantástico, dá pra ver no interesse, um aluno respondeu as questões e errou, no Moodle, ele me mandou um mail imediatamente: “professora, me deixa responder de novo, eu sei a resposta, eu só me enganei”. Mesmo sabendo que a resposta certa não vale nota. Então isso é impressionante.

Para Ana, essa mudança de comportamento dos estudantes está relacionada ao horário da aula, bem como com os cursos que os estudantes são oriundos. Em suas palavras, ao ser indagada sobre os cursos dos estudantes, afirmou: “os melhores que tem: Engenharia Elétrica, de Energia, Civil e Mecânica; e tem alguns alunos perdidos de outros cursos.”

Em relação às mudanças realizadas nos métodos, buscamos identificar quais as razões que fizeram com que estas tenham sido implementadas. Não encontramos indícios que as modificações ocorreram devido às dificuldades que os estudantes apresentaram, mas, sim, devido às percepções de Ana acerca das atividades que devem ser exploradas durante a disciplina.

Para Ana, os tipos de questões conceituais utilizadas durante as aulas, foram modificadas para atender uma necessidade que os estudantes de engenharia têm, qual seja, desenvolver a habilidade de resolução de problemas. Em sua fala, ela argumenta:

Eu senti o seguinte, os alunos são todos de engenharia, e eles têm que terminar o curso sabendo fazer conta, apesar de que os conceitos são fundamentais, se eles não souberem os conceitos eles não vão adiante, eles também têm que saber fazer as contas. Então quando é necessário eu peço que eles façam, pelos menos que eles façam uma aproximação, ou que eles coloquem em uma equação, o que é uma simplificação, o que é uma aproximação, o que é um resultado aceitável, ou não. Porque eles precisam disso. E eu notei que quando eu coloco esse tipo de questão, para eles é muito mais fácil de resolver do que uma questão que é puramente conceitual. As vezes a questão conceitual fica perdida, porque eles não entenderam a questão. Então essas questões com um pouco mais de substancia algébrica, eles se localizam um pouco melhor. Então eu gostei dessa ideia de misturar as coisas, para não fazer um passo muito grande, e não perder a metade dos alunos no meio do caminho.

Quanto a execução da etapa de discussão entre os colegas, Ana afirmou que: *“utilizei pela dificuldade da pergunta, por experiência. Teve uma aula, nesse semestre, que eu tive que adaptar, porque para essa turma as questões eram muito fáceis e eles iam acertar todas”*. Sua experiência em semestres anteriores com essas questões balizou, e continua a balizar, a escolha por utilizar a etapa de discussão.

Ainda durante a entrevista, Ana comentou a respeito das modificações feitas nas Tarefas de Leitura, que passaram a incorporar a execução de problemas numéricos:

É necessário que eles façam muitos problemas e eles tem tempo limitado. Então, eu quis aproveitar as duas coisas que são importantes: a tarefa de leitura e as dúvidas que eles colocam lá no Moodle. Porque ao se expressar, eles estão assumindo uma posição e vão eles vão conseguir melhor uma resposta. Tem horas que eu não consigo terminar o conteúdo em aula. E eles não precisam da aula para ver aquele conteúdo, eles podem, muito bem, fazer esse exercício em casa, copiando que seja, ou então pensando a respeito, e eu acho que esse trabalho é importante também.

Sua percepção sobre as modificações realizadas nas Tarefas de Leitura foi positiva, e deixa claro que as modificações feitas foram inspiradas por suas experiências anteriores.

Eu acho que elas foram boas, elas ajudam nos dois lados, eles me ajudam, porque as vezes quando não dá tempo de terminar, eu posso ter que explicar uma coisa com mais profundidade do que a outra. Então se não dá tempo, eu coloco como uma tarefa de Leitura para que os alunos saibam que aquilo também é importante, e que eles têm que fazer, que vale nota e tem que fazer. Então eles vão lá e fazem. Apesar de que muitos fazem errado, mas eu quero que eles se acostumem também a ter autonomia e responsabilidade. Eles vão fazer os problemas e ninguém vai corrigir se está certo ou errado, eles têm que comparar a resposta com aquela pronta e ver se eles fizeram certo. É uma forma de dar autonomia para eles. Eu achei que isso era uma coisa importante também.

Em síntese, podemos perceber que a experiência pouco positiva de Ana durante o segundo semestre de 2015, especialmente em termos do desempenho dos estudantes, não fez com que ela abandonasse sua prática, tampouco fundamentou as modificações feitas nos métodos. Não identificamos, de maneira geral, uma mudança nas atitudes de Ana em relação aos métodos encontradas no Estudo I da presente tese.

7. Estudo III: Estudo de caso sobre a adoção e difusão de métodos ativos em disciplinas de Física Geral de uma universidade pública brasileira

Os dois primeiros estudos empíricos apresentados nesta tese proporcionaram uma compreensão aprofundada da adoção de métodos ativos de aprendizagem, em específico o uso conjunto do IpC e do EsM, por uma professora de Física. No presente estudo, objetivamos investigar, em um contexto diferente dos dois primeiros, como decorreu o processo de adoção e difusão de métodos ativos de aprendizagem em disciplinas de Física Geral. O estudo ocorreu no segundo semestre de 2016, em uma universidade pública brasileira do estado de São Paulo, que promoveu modificações nos métodos de ensino utilizados em uma disciplina introdutória de Física para os cursos de Ciências Exatas (Física, Química e Matemática) e Engenharias. Esse fator foi determinante para a escolha do contexto desta pesquisa, haja vista que buscamos realizar uma reconstrução histórica, por meio dos relatos dos múltiplos atores do processo, de como tais modificações foram realizadas e como se difundiram entre os membros do grupo social (ROGERS, 2003).

À luz das orientações metodológicas de Yin (YIN, 2015), dividimos nossa análise em dois focos, um descritivo e um explanatório. O primeiro visa descrever, em detalhes, o processo de adoção e difusão das inovações didáticas, identificando as dificuldades enfrentadas, os fatores que favoreceram a implementação e difusão, os resultados obtidos (em termos da aprendizagem, do engajamento e das atitudes dos alunos) e as possíveis adaptações ocorridas na estrutura original dos métodos empregados. O segundo visa investigar como e por que as inovações didáticas se difundiram, avaliando as dificuldades/barreiras enfrentadas pelos professores, os canais de comunicação utilizados, as normas sociais estabelecidas, as condições situacionais e as consequências das inovações.

As questões de pesquisa a serem respondidas neste estudo, delineadas de acordo com os objetivos supracitados, são, respectivamente:

Como ocorreu o processo de adoção e difusão de inovações didáticas nas disciplinas de Física na universidade pública brasileira em que esse estudo foi conduzido?

Como e por que as inovações didáticas adotadas nas disciplinas de Física, na universidade pública brasileira em que esse estudo foi conduzido, se difundiram?

7.1 Contexto da pesquisa

O Estudo III ocorreu durante o segundo semestre de 2016, em uma universidade pública brasileira do estado de São Paulo, que realizou modificações nos métodos de ensino em uma disciplina introdutória de Física que trata de tópicos de Mecânica (Física I). Com uma carga horária de 4 horas-aula semanais, essa disciplina é oferecida para cursos de Engenharia, Física, Química e Matemática. Esses cursos possuem em seus currículos, além da disciplina de Física I, outras disciplinas de formação básica em Física Geral (com a mesma carga horária), com variações entre

os cursos. Tais disciplinas estão sob responsabilidade do Instituto de Física da referida universidade.

As aulas ocorrem em um setor do campus denominado de Ciclo Básico I. Esse setor possui dois prédios de dois andares, sendo o primeiro andar composto por salas de aula com topologia inclinada, cuja capacidade é de 180 lugares. A infraestrutura dessas salas conta com carteiras universitárias fixas no piso, quatro lousas de 2,73m x 4,00m, quatro lousas de 1,73m x 4,00m, ar condicionado central, computador, tela de projeção, projetor, DVD e aparelho de som (Figura 19). No segundo andar encontram-se salas de aula com capacidade de 70 lugares, com topologia inclinada e infraestrutura similar as salas do primeiro andar, diferenciando-se apenas pela quantidade de lousas; apenas quatro lousas de 2,73m x 4,00m. (Figura 20).



Figura 19 – Sala de aula do primeiro andar (capacidade: 180 lugares) (Fonte: autor)



Figura 20 – Sala de aula do segundo andar (capacidade: 70 lugares) (Fonte: autor)

7.2 Procedimentos metodológicos de investigação

Frente às questões de pesquisa apresentadas anteriormente, na perspectiva de Yin (2015), o presente estudo pode ser compreendido como um estudo de caso do tipo descritivo (primeira questão) e como um estudo de caso do tipo explanatório (segunda questão). O evento

contemporâneo investigado foi o processo de adoção de métodos ativos de aprendizagem ocorridos em uma disciplina de Física Geral que aborda conceitos de Mecânica, bem como a difusão de tais métodos entre diferentes professores do departamento de Física da Universidade em que o estudo ocorreu.

Seis professores (quatro do gênero masculino e duas do gênero feminino) que participaram desse evento, bem como um estudante de graduação que cursou a disciplina com a incorporação dos novos métodos de ensino, constituem nossas unidades de análise. A coleta de dados do Estudo III teve duração de uma semana, na qual o pesquisador visitou a Universidade e, além de conhecer sua infraestrutura, observou duas aulas de dois professores e conduziu entrevistas semiestruturadas com os seis professores e com o estudante de graduação (Apêndice J). Um termo de consentimento foi assinado pelos docentes (Apêndice K) e pelo graduando (Apêndice L).

As transcrições das entrevistas realizadas, bem como as notas de campo registradas durante as observações das aulas, foram organizadas e compuseram um banco de dados. Assim como nos Estudos I e II, na análise desses dados foram seguidas as orientações de Yin (ibid.). Na sequência, apresentamos um relato sobre os participantes do estudo. A seguir, passamos a apresentar os resultados para cada uma das questões de pesquisa.

7.3 Participantes do estudo

Por meio das entrevistas semiestruturadas conduzidas, bem como da convivência durante o trabalho de campo, foi possível identificar algumas características dos participantes do presente estudo, configurando o que denominamos de perfis das unidades de análise. Delimitar tais perfis é importante para a descrição do processo de adoção e difusão de inovações didáticas, pois, segundo Rogers (2003), compreender as características dos sujeitos que adotaram, ou não, uma inovação é relevante para determinar a estrutura social do sistema; um dos fatores que influenciam diretamente o processo de difusão e de adoção de inovações. Visando preservar as identidades dos professores e do estudante de graduação, adotamos a notação *Professor(a) X* (sendo *X* substituído pelas letras A, B, C e D) e *Graduando*. Conforme ficará evidente a seguir, os docentes apresentam algumas características em comum, entre elas destacamos: formação na área de pesquisa em Física; ministram aulas nas disciplinas de formação básica em Física; são pesquisadores em suas respectivas áreas; possuem alguma experiência docente anterior à entrada como professores efetivos na Universidade.

7.3.1 Professor A

O Professor A possui Bacharelado em Física (2002) e Licenciatura em Física (2008), Mestrado em Física (2005) e Doutorado em Física (2009), com foco em estudos de óptica aplicados à Biologia e à Medicina, títulos obtidos na universidade em que o presente estudo foi

realizado. Ingressou como professor na universidade no ano de 2011. Entre a obtenção do título de doutor e seu ingresso na universidade, o Professor A realizou estágio de pós-doutorado em uma universidade na Pensilvânia – Estados Unidos.

Em sua fala, durante a entrevista, foi possível perceber que possuía sentimentos positivos quanto à atividade docente. Seu ingresso para cursar Física foi motivado por seu desejo de se tornar professor. No entanto, acabou optando, inicialmente, por graduar-se no bacharelado devido à maior importância dada para a pesquisa. Durante sua pós-graduação, o Professor A teve contato com a atividade docente por meio de um programa oferecido pela universidade denominado PED²² (Programa de Estágio Docente). Essa experiência o motivou a graduar-se em licenciatura em Física. Em sua fala:

Eu entrei na graduação querendo dar aula. Eu vim fazer Física porque eu queria ser professor de Física, mas vim parar na Universidade X (refere-se à universidade do presente estudo) e aqui, em geral, se dá mais valor ao bacharelado e pesquisa. E eu não conhecia. Quando eu entrei na Universidade X eu aprendi o que era pesquisa, gostei bastante também, tanto quanto dar aula. Então eu fiz graduação aqui na Universidade X, bacharelado, entrei no mestrado e aí entrei no doutorado. No mestrado eu fiz, o que na Universidade X se chama de programa, e foi a primeira vez que eu fui dar aula. E gostei bastante da experiência e decidi pedir reingresso para a licenciatura. No mesmo ano que eu formei o doutorado eu terminei a licenciatura.

7.3.2 Professor B

O Professor B possui Bacharelado em Física (1995), Mestrado em Física (1997) e Doutorado em Física (2001), com foco em estudos de Física de Partículas, títulos obtidos na universidade do presente estudo. Entre os anos de 2001 e 2006 realizou três estágios de pós-doutorado, sendo um deles na Itália. Seu ingresso como professor na universidade ocorreu no ano de 2006.

Antes de sua contratação, o Professor B teve experiências didáticas durante sua pós-graduação, quando realizou o programa PED, além de ministrar aulas durante um semestre em uma universidade particular do Estado de São Paulo. Durante a entrevista, também foi possível identificar que ele possuía sentimentos positivos em relação à atividade docente. Ao ser questionado como foram essas experiências, comentou: “*Eu sempre gostei de dar aula, então*

²² O Programa de Estágio Docente (PED) é um programa institucional que possibilita que estudantes de Pós-Graduação tenham contato com a prática docente durante sua formação como pesquisador. É um programa remunerado, em que os estudantes executam atividades de apoio à docência ou de docência. Todos os estudantes devem, pelo menos durante um semestre, realizar tais atividades. O termo PED é usado pelos docentes para se referir aos estudantes de Pós-Graduação que participam do programa.

sempre foi muito legal". Apesar desses sentimentos, ele não possui nenhum tipo de formação pedagógica docente.

7.3.3 Professor C

O Professor C possui Bacharelado em Física (2001) e Mestrado em Física (2004), realizados na universidade do Estado III. No ano de 2008 obteve o título de doutor em uma universidade de Berlim – Alemanha. Entre os anos de 2008 e 2011 realizou dois estágios de pós-doutorado em universidades da Alemanha e da Inglaterra. Sua área de pesquisa centra-se em estudos de Física da Matéria Condensada com ênfase em Propriedades Óticas e Espectroscopia. Paralelamente ao seu mestrado, cursou disciplinas do curso de Licenciatura em Física, contudo não obteve o título pois não realizou as disciplinas de estágio docente.

As experiências didáticas anteriores à sua contratação como docente, que ocorreu no ano de 2011, limitaram-se a atividades no programa PED durante o Mestrado. Segundo o Professor C, sua experiência foi limitada pois não existe autonomia docente, os estudantes que realizam esse programa fazem atividades pré-concebidas pelos coordenadores das disciplinas.

7.3.4 Professor D

O Professor D graduou-se em Bacharelado em Física (1999) e Licenciatura em Física (2002), na universidade do presente estudo. No ano de 2002 obteve o título de Mestre em Física e, no ano de 2006, o título de Doutor em Física, sendo o último realizado com um período sanduíche em uma universidade da Alemanha. Após dois anos de estágio de pós-doutorado, um deles na mesma universidade alemã, trabalhou de 2009 a 2013 como professor em uma universidade federal do estado de São Paulo. Então, ingressou como professor da universidade do presente estudo, onde desenvolve pesquisa em Física estatística fora do equilíbrio.

Diferentemente dos professores anteriores, o Professor D não realizou as atividades integradas pelo programa PED. Suas experiências docentes ocorreram apenas após seu primeiro ingresso como professor universitário. Assim como o Professor A e o Professor B, temos indícios, em sua fala, de que possuía uma afinidade com o trabalho docente. Segundo ele, "*tem professores que dizem abertamente que não gostam de dar aula no Ensino Superior. Eu gosto de preparar aula, gosto de pensar sobre o que eu vou falar*".

7.3.5 Professora A

Professora A possui Bacharelado em Física (1997), obteve o título de Mestre em Física em 2000 e de Doutora em Física em 2004. Diferentemente dos professores A, B, C e D, ela não fez sua graduação e pós-graduação na universidade do Estado III. Entre os anos de 2004 e 2009, realizou quatro estágios de pós-doutoramento, três deles em uma universidade espanhola. Durante sua graduação e pós-graduação, não realizou nenhuma atividade docente. Antes de seu ingresso

como docente na universidade do presente estudo, que ocorreu no ano de 2011, a Professora A trabalhou, durante os anos de 2008 e 2010, em outra universidade federal do estado de São Paulo.

Ao longo da entrevista, percebemos que a Professora A apresentava um sentimento menos positivo em relação ao trabalho docente. Entre os motivos estão a necessidade de um trabalho mais intenso para dar uma boa aula e sua maior afinidade com o trabalho de pesquisadora. Em suas palavras:

Eu realmente gosto de fazer pesquisa. Se você me der a opção de dar aula ou fazer pesquisa, eu tenho certeza que vou para o lado da pesquisa, porque eu realmente gosto mais. E as vezes eu falo isso, eu falo isso mais para o Professor A, e isso causa um impacto ruim. Não é que eu odeie dar aula, quando eu pego para fazer uma coisa, eu tenho que fazer bem feito. E o fazer bem feito, no caso das aulas, dá muito trabalho. Por outro lado, eu vejo vários colegas que falam que adoram dar aula, “eu acho maravilhoso dar aula”, mas fica sempre fazendo a mesma coisa.

7.3.6 Professora B

A Professora B, no ano de 1991, graduou-se em Bacharelado em Física. Obteve o título de Mestre em Física no ano de 1994 e de Doutora em Engenharia Elétrica em 1999. Seu doutorado foi realizado em uma universidade da Inglaterra. Após trabalhar dois anos como desenvolvedora de *software* para estações base de telecomunicações, realizou seu estágio de pós-doutorado entre os anos de 2002 e 2004. Seu ingresso como docente da universidade do presente estudo ocorreu no ano de 2004. Como experiência docente anterior, participou do programa PED durante seu mestrado, onde ministrou aulas em uma disciplina de Laboratório de Física Básica.

7.3.7 Graduando

O Graduando entrou na Universidade para cursar o curso de Bacharelado em Física no primeiro semestre de 2015, com 18 anos de idade. Cursou a disciplina de Física I no semestre de ingresso com a professora A. No período do estudo, trabalhava como aluno de iniciação científica em um laboratório de óptica, com estudos voltados para a Física Médica.

Em sua visão, ele ingressou no curso de Física possuindo uma bagagem de conhecimentos pertinentes para um bom desempenho no curso. Segundo ele, “*na época eu entrei razoavelmente preparado para o curso, não tive muitas dificuldades no começo, com a teoria do começo, com os conceitos e tal*”.

7.4 Como ocorreu o processo de adoção e difusão de inovações didáticas nas disciplinas de Física na universidade pública brasileira em que esse estudo foi conduzido?

Conforme já mencionamos, o objetivo da presente seção é descrever, por meio de uma reconstrução histórica, os processos de adoção e difusão das inovações incorporadas à prática instrucional dos professores da Universidade em que o presente estudo foi realizado. Para tal, por meio dos relatos obtidos nas entrevistas semiestruturadas realizadas, buscamos delinear um encadeamento dos eventos ocorridos, recorrendo, sempre que necessário, às falas dos sujeitos de nossa pesquisa.

Apesar de compreendermos que a adoção e a difusão das inovações são eventos imbricados, optamos por dividir os relatos da adoção (seção 7.4.1) e da difusão (seção 7.4.2) em seções diferentes. Tal feito nos permitirá, na seção 7.5, analisar à luz da TDI (ibid.) com o suporte do MIID (HENDERSON; DANCY, 2008), a adoção e difusão das inovações, respondendo à segunda questão de pesquisa do presente estudo.

7.4.1 Reconstrução histórica da adoção dos métodos ativos de aprendizagem

Antes do ano de 2004, as disciplinas de Física que compõem a formação básica dos cursos de Engenharia e de Ciências Exatas da universidade investigada eram ofertadas sem coordenação entre elas. Cada professor era responsável pela escolha do método de ensino empregado, bem como pelo processo de avaliação da aprendizagem.

O ano de 2004 marca, então, a primeira grande modificação feita na estrutura dessas disciplinas. Devido à expansão universitária, ocorrida por políticas governamentais da época, o número de ingressantes nas universidades de todo o Brasil aumentou consideravelmente. No entanto, essa expansão não foi acompanhada, instantaneamente, por um aumento no número de docentes nas universidades. Nesse contexto, as universidades tiveram de tomar medidas para se reestruturar frente às demandas daquele momento. A opção encontrada pela universidade em que realizamos este estudo foi modificar a estrutura das disciplinas de Física da formação básica. Tais disciplinas passaram a ser coordenadas, as turmas passam a ter de aproximadamente 150 estudantes, que realizam as mesmas avaliações.

A carga horária das disciplinas (4 horas-aula) foi dividida em aulas magnas e aulas exploratórias. Duas horas-aula da disciplina eram dedicadas às aulas expositivas (magnas), ministradas por professores em anfiteatros como o da Figura 19. No restante da carga horária, os estudantes realizavam atividades das aulas exploratórias com estudantes de pós-graduação, denominados de PEDs, em salas como a da Figura 20. Nas aulas exploratórias, os estudantes assistiam à resolução de exercícios com os PEDs. No que tange à distribuição de carga didática, os professores que, antes de 2004, ministravam aulas em uma turma, passaram a ministrar em duas turmas. Tal estrutura se mantém até os dias atuais; contudo, as estratégias didáticas

empregadas nas aulas magnas e exploratórias passaram por uma série de mudanças a partir de 2013.

As modificações didáticas tiveram origem no descontentamento do Professor A em relação à aprendizagem dos estudantes na disciplina de Física I. Por se tratar da primeira disciplina que trata de conceitos fundamentais da Mecânica, o Professor A percebeu, desde seu ingresso como docente na universidade, que muitos de seus estudantes eram aprovados sem o domínio básico dos tópicos abarcados na disciplina; o que, na sua visão, causaria dificuldades nas disciplinas subsequentes. Em suas palavras:

Professor A: *Tinha aluno meu que era aprovado com 5, com 5,1. Quando eu olhava, eu sabia que ele sabia muito pouco de física. Ele não havia entendido mecânica, mas de alguma forma ele tinha chegado no 5 e passava sem saber mecânica. Então isso me incomodava mais do que a quantidade de reprovações que eu tinha.*

No primeiro semestre de 2012, Professor A ministrou a disciplina de Física I, sendo responsável pelas aulas magnas. Em uma de suas aulas ao longo desse semestre, acabou esquecendo de realizar a chamada dos estudantes. Como alternativa, encontrou criativa solução que o levou a detectar que os alunos não haviam compreendido os conteúdos expostos. Vejamos a sua descrição:

Professor A: *No primeiro semestre de 2012 foi quando eu fiz a primeira experiência, meio que por acaso, porque eu esqueci de passar a lista de presença. E tinha um problema específico ao final dessa aula e, quando estava chegando ao final da aula, umas 11:20, 11:30 já, aí os alunos me cobraram: “Professor, o senhor não vai passar a lista hoje?” E eu: “Putz, esqueci!”. Aí eu pensei em fazer algo diferente, eu pedi para que eles pegassem uma folha, anotassem o nome e o RA [Registro Acadêmico] e dei um problema para eles resolverem. [...] E era uma pergunta muito trivial, porque se o sujeito tivesse prestado atenção na aula ele conseguiria fazer. Todos eles responderam e me entregaram. A princípio era só a lista de presença, mas eu decidi ler as 150 respostas. Eu vi que das duas uma, ou eles não prestaram atenção na aula ou não entenderam absolutamente nada do que eu falei. A sensação que eu já tinha se confirmou, eu estou perdendo tempo. São duas horas da minha vida que eu vou lá, falo o que eu tenho que falar e alguma coisa está errada. Eu estou perdendo tempo, e pelo visto eles também estão perdendo tempo.*

Frente a essa experiência, Professor A passou a pedir, ao final de suas aulas, que os estudantes resolvessem um problema e entregassem a solução. Tal atividade se repetiu ao longo de todo o semestre.

Professor A: *Então, a partir daquela semana que isso aconteceu eu passei a fazer isso semanalmente. Os estudantes tiveram que passar a me responder em papel perguntas que eu fazia no final da aula. E a história se repetia: eles eram incapazes de relacionar as coisas que a gente estava falando em sala de aula. Bom, isso me deixou com a certeza de que estava tudo errado. E me deu a certeza de que não fazia sentido, porque não são apenas as duas horas de aula, você tem todo o tempo de preparação. E não fazia sentido eles perderem tempo assistindo a uma coisa que não tinha eficiência nenhuma.*

Sua preocupação com a eficiência das aulas expositivas na aprendizagem dos seus estudantes foi o ponto de partida para que ele, então, passasse a buscar alternativas. Primeiramente, Professor A investigou na *internet*, por meio de mecanismos de busca, se outros professores já haviam enfrentado o mesmo problema. Durante sua procura, acabou se deparando com alguns artigos e palestras do professor Eric Mazur, da Universidade de Harvard, criador do *Peer Instruction*, conforme relato abaixo.

Professor A: *Então eu passei a procurar no Google se, primeiro, já existia alguém que havia feito algo similar àquilo que eu estava fazendo. E também se alguém tinha alguma solução para o problema. E foi onde eu encontrei alguns artigos de Ensino de Física, particularmente o artigo do Mazur na área de Peer Instruction. Achei também a palestra dele no Youtube. Após ver a palestra dele, eu me dei conta que a história dele, porque ele conta de uma maneira muito pessoal, era muito similar à que eu estava passando.*

Ao tomar contato com a experiência do professor Mazur, bem como com relatos de outros professores de universidades de outros países, Professor A obteve corroborações de que as aulas expositivas, usualmente, não proporcionam um impacto positivo na aprendizagem dos estudantes.

Professor A: *E aí, algumas coisas começaram a ficar claras, não exatamente o Peer Instruction, mas princípios gerais. Primeiro que aula expositiva de fato não funciona. Segundo que, talvez se eu gastasse o tempo de aula para que eles trabalhassem, ao invés de eu trabalhar, seria mais útil para mim e para eles. Também, entendi que isso demandava um certo tempo de preparação dos alunos e um tempo de estudo regular. Então esse, na verdade, era o princípio. É o que está*

embutido no PI, mas não só do PI. Então eu falei, é legal, é bacana, mas eu não sei se funciona.

A partir desse momento, ele passou a reconhecer que os estudantes, durante as aulas, devem ser estimulados a se engajarem cognitivamente. Para tal, a aula expositiva deve ser substituída por atividades que envolvam os alunos. Contudo, ele percebeu que tais modificações não seriam facilmente implementadas e, além disso, que elas poderiam não apresentar resultados positivos.

Ainda no primeiro semestre de 2012, alguns estudantes do curso de Física I indagaram o Professor A sobre quando conteúdos mais atuais da Física seriam abordados no curso. Muitos desses estudantes ingressaram para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física por ter interesse em tópicos de Física Moderna. Tendo tomado conhecimento que tais conteúdos só seriam abordados em disciplinas de final de curso, os estudantes solicitaram que o Professor A ofertasse uma disciplina, em caráter eletivo, que apresentasse esses conteúdos de maneira mais conceitual, sem rigor matemático avançado. Diante desse pedido, o Professor A percebeu uma oportunidade para ministrar tal disciplina, com o uso de alguns dos métodos de ensino que ele havia tido contato até aquele momento. Ao apresentar essa ideia ao coordenador do curso de Física, Professor A teve uma recepção positiva.

Professor A: *Eu comecei a conversar com ele [coordenador do curso de Física] sobre a ideia de ministrar esse curso, e tudo mais, e ele foi superaberto. Achou que era interessante a ideia. Eu comentei que achava interessante a ideia e, por outro lado, em uma turma menor sem ser coordenada, eu teria mais liberdade para tentar o que eu quero, algumas coisas que eu havia lido. [...] Na época em comentei com ele que para que eu pudesse fazer isso, eu não poderia ter nenhuma carga [didática]. Ele me dispensou de carga por um semestre, eu ganhei um PED, para poder me ajudar a desenvolver os materiais, porque não tem material para esse nível. E foi, então, que eu comecei a implementar de fato as ideias.*

Com o auxílio de um aluno de pós-graduação, que estava realizando o programa PED, ele passou a adotar alguns dos princípios das denominadas metodologias ativas de aprendizagem nessa disciplina durante o segundo semestre de 2012. Em sua fala:

Professor A: *A primeira coisa que eu pensei foi que os alunos deviam trabalhar fora de sala de aula, e para isso eu preciso montar um sistema que seja eficiente. E não pode ser um sistema onde eu entregue um papel para eles, e eles me entregassem de volta, porque isso dava um trabalho enorme. Ai novamente eu fui para a internet e conheci uma coisa chamada Moodle. [...] A primeira vez que a gente deu aula, eu não tinha*

ideia de o aluno se preparar para a aula. Eu ainda estava com a ideia de que eu queria diagnosticar o que de fato ele entendeu e o que ele não entendeu da minha aula. As tarefas, então, eram sempre depois da aula e também era a presença. Eu automatizei aquilo que eu fazia no papel. Depois da aula, eles tinham um questionário, no Moodle, que eles tinham que responder, basicamente eram questões diretas com correção automatizada. Não precisava ficar lendo o tempo inteiro e corrigindo. Isso facilitou muito o processo. Era uma verificação da eficiência da aula. O quão eficiente foi a aula.

A universidade já possuía o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle instalado em um de seus servidores, contudo, Professor A desconhecia sua existência até o referido momento. Com o auxílio de seu estudante PED, passou a explorar a ferramenta, tornando-se a solução encontrada para sistematizar o trabalho dos estudantes de graduação fora da sala de aula. É importante destacar que, em sua fala, percebemos que o objetivo inicial para o uso do Moodle era apenas organizar as atividades que os estudantes deveriam fazer após a aula presencial. Inclusive, tais atividades eram corrigidas de maneira automática pelo AVA. Alguns dos métodos ativos de aprendizagem (IpC e EsM, por exemplo) preconizam que os estudantes devem realizar atividades prévias às aulas expositivas.

Outra modificação incorporada pelo Professor A foi uma variação da chamada Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (ver Apêndice M). As aulas presenciais iniciavam com problemas relacionados com os tópicos da disciplina. Durante uma hora, os estudantes eram instigados pelo professor, por meio de questionamentos e discussões, a resolverem os problemas. A etapa expositiva da aula ocorria na sequência. Para o Professor A, a exposição se tornava muito mais eficiente, pois os alunos já haviam despendido tempo para pensarem sobre os assuntos. Em suas palavras:

Professor A: *Então eu adaptei o que na literatura se chama de aprendizagem baseada em problemas. Então, como eram as aulas: eu dava um problema de Física Moderna para eles. Na primeira uma hora de aula, era uma discussão. Eu não comentava que eram problemas históricos de Física Moderna. Eu ia apenas guiando a discussão. Após essa uma hora, eu comentava os aspectos históricos dos problemas. Apesar de eles não terem se preparado para aula, eles tiveram espaço para pensar naqueles problemas. Então quando eu dava a exposição, o número de questionamentos era muito maior porque eles já tinham pensado. Os questionamentos eram maiores e mais profundos. Então foi uma dinâmica nesse estilo, uma dinâmica onde eu provocava eles a pensarem no início da aula. E depois disso eu dava uma aula expositiva*

e aí, ao final desse processo, pela internet, eles tinham a presença contabilizada ao entrar no Moodle e responder questões relacionadas com aquela aula.

A experiência descrita anteriormente antecedeu as modificações realizadas na disciplina de Física I, que ocorreram no primeiro semestre de 2013. Em acordo feito com o coordenador do curso, Professor A assumiu a coordenação da disciplina de Física I nesse semestre, sendo responsável pela estruturação e gerenciamento das atividades didáticas. Antes do início das aulas, inspirado pela experiência com a disciplina eletiva, Professor A compartilhou com os alguns colegas, entre eles o Professor B, seu desejo de modificar a disciplina de Física I.

Professor A: *Naquela época, como eu estava muito motivado, eu conversava com muitas pessoas sobre o curso que eu estava dando. Porque era um curso que várias outras pessoas queriam dar também. Então eu conversava com muitos colegas [...]. E aí eu virei para eles e falei: eu estava pensando em modificar o curso de Física I, seguir mais ou menos a ideia que a gente está tentando fazer, tentar modificar um pouco o formato. E eles toparam e pegaram a disciplina de Física I.*

Novamente, o coordenador do curso se mostrou receptivo à ideia. No entanto, por se tratar de uma disciplina tradicional, que recebe uma grande quantidade de alunos, o coordenador sugeriu incluir ao grupo um professor menos receptivo a mudanças.

Professor A: *Falei com o coordenador, montei a minha equipe e ele, talvez por medo de toda a mudança, colocou um quarto professor que, na visão dele, ia tentar equilibrar toda e qualquer mudança. Um cara mais cético e mais tradicional. Mas enfim, aí eu montei essa equipe e eu sentei com eles antes do semestre começar, e eu falei para eles: olha eu estou querendo alterar o curso, e na época eu queria fazer uma revolução, desde o conteúdo, ao formato de aula. Meus colegas comentaram que era melhor ir por partes, não vamos mexer no conteúdo, vamos mexer no formato, na metodologia que achamos que é o mais grave. Então também foi uma negociação de abrir mão de algumas coisas, deixar outras.*

A primeira modificação foi a adoção do *Moodle* para a sistematização das atividades prévias às aulas, inspiradas pelo método EsM. Tais atividades, denominadas pelos professores de “pré-aulas”, envolviam a leitura de algumas seções de um livro texto e a resolução de algumas questões conceituais. Nas palavras do Professor A:

Professor A: *Então, o que a gente pensou: vamos usar o sistema que eu já havia usado e testado; vamos usar o Moodle para fazer isso. Mas ao invés de fazer após as aulas, vamos fazer antes das aulas. E as*

perguntas tem que ser no nível mais básico possível. Porque o que eu quero, na verdade, não é provocar uma transição de fases ali, onde o cara nunca teve o costume de estudar, porque essa é a nossa cultura brasileira. Ele nunca teve costume de estudar antes da aula, então vamos fazer com que o cara tenha uma noção do que vai acontecer na aula, apenas. Então a gente colocou perguntas, na grande maioria, muito simples.

Além de promover uma mudança na postura dos estudantes, conforme apontado pelo Professor A, outras motivações foram destacadas pelo Professor B. Segundo ele:

Professor B: *é que é duro dar aula de Física I para esses alunos, porque você pega alunos entrando na universidade. Ou seja, sem aquela maturidade de conhecer o esquema de trabalho daqui ou de qualquer universidade. E você sabe o massacre que é Física I. E a aula expositiva acentuava esse massacre. O aluno passava quatro semanas assistindo aulas e só na primeira prova ele percebia que o esquema de estudo dele não estava levando a lugar algum. E, portanto, isso era muito duro você ser o professor e participar desse esquema, de um sistema tão massacrante para o aluno. Então, a ideia foi justamente que o aluno veja antes da prova, ele tenha acesso, o quanto ele sabe e o quanto ele não sabe. Daí as pré-aulas para pelo menos adiantar o momento de auto avaliação do aluno.*

Essas atividades passaram a ser avaliadas por grau de correção e fizeram parte do cálculo da média do aluno da seguinte forma: três provas (P_1 , P_2 , P_3) realizadas ao longo do semestre com peso três, cada uma, e o score médio dos alunos nas pré-aulas (Média_Pré_Aulas) com peso um. A média dos alunos (Média_final) era então aferida fazendo a soma dessas atividades com o seu respectivo peso e a dividindo por 10 conforme a Equação 3:

$$Média_final = \frac{(3 \times P_1 + 3 \times P_2 + 3 \times P_3 + 1 \times Média_Pré_Aulas)}{10} \quad \text{Eq.3}$$

As aulas presenciais, denominadas magnas na instituição, também sofreram modificações. Por se tratar de uma disciplina coordenada, na qual os estudantes de todas as turmas realizam as mesmas avaliações ao longo do semestre, as aulas expositivas eram guiadas por uma sequência de apresentações em *slides*, as quais eram utilizadas frequentemente pelos professores. A adoção das pré-aulas acabou por flexibilizar as aulas magnas, e os professores passaram a ter mais autonomia na maneira de gerir o conteúdo.

Professor A: *O que a gente fez em 2013 foi abandonar esses slides e o que nós vamos fazer é todo professor vai ter a liberdade de fazer o que bem entender na sala da aula, dar aula da maneira que se sentir mais*

confortável. E em contrapartida, aquela informação está aberta 24 horas antes para todos os professores e cada um vai usar essa informação da forma que bem entender.

O Professor A comentou, durante sua entrevista, que a maneira como os professores conduziram as aulas magnas foi muito variada. Em suas aulas magnas, ele implementou uma variação do IpC com o auxílio dos *clickers*.

Professor A: *No início o que eu fazia era justamente o que o PI sugeria. Eu dava 5 a 10 min sobre um tema, dava problemas, esperava que eles resolvessem sozinhos, depois discutissem entre eles. E a partir daí eles revotassem e a gente discutia. Isso não funcionou. Porque rapidamente os alunos aprenderam que se eles não tivessem estudado antes, como as perguntas da pré-aula eram muito simples, eles ainda conseguiriam responder as perguntas da pré-aula, e eu ia fazer uma revisão no início. Esse foi o primeiro problema. E o segundo problema que era impossível, até você conhecer o formato da aula, que o cara não tenha acesso às respostas dos colegas do lado. Então era impossível fazer com que esses caras não conversassem e pensassem por conta própria. As carteiras eram tão juntas e eram tantos alunos, 150 em sala de aula, que eles tinham a interação por mais que eu tentasse coibir. E aí foi onde eu tomei duas decisões, rapidamente. Primeiro, não dava mais aula. Literalmente, eu chegava em aula e não dava nenhuma revisão. Eu começava do tipo: então, como vocês já estudaram... aí eu começava. Eu falava os cinco minutos iniciais para contextualizar. E então eu começava com as questões e os *clickers*. E eu passei, também, a não proibir com que eles conversassem. Isso fez uma coisa que foi mais natural impossível. Eles ficarem em silêncio por dois três minutos, e logo após isso, e depois que eles respondiam para si, começavam a perguntar para os colegas o que eles marcaram.*

O Professor B também adotou o IpC nas suas aulas magnas.

Professor A: *Por justamente eu gostar dos alunos agindo em sala de aula, apesar de eu sempre ter ficado com as aulas magnas e não ter dado as aulas exploratórias, nesses primeiros anos eu levava os *clickers* para a aula magna. E aí a gente incorporou, na aula expositiva, algumas perguntas para os alunos responderem com os *clickers*. Não era uma aula em que se trabalhava totalmente. Era uma aula expositiva que em alguns momentos você parava uns cinco, 10 minutos, para eles responderem.*

Ao ser indagado se havia a etapa de discussão entre os colegas em suas aulas, respondeu:

Professor B: *A ideia era justamente essa. Primeiro você respondia individualmente, mais ou menos baseado na ideia do Mazur, e depois eles respondiam de novo após discutirem com os colegas.*

Na visão do Graduando, a etapa de discussão entre os colegas é de relevante importância para se quebrar uma cultura que os estudantes têm do Ensino Médio, qual seja, não ter um posicionamento crítico em relação ao conteúdo apresentado.

Graduando: *É muito bom quando tem isso, porque, enfim, você consegue perder muito o vício que você tem do Ensino Médio, de aceitar as coisas, ou, simplesmente, "ah, essa fórmula está na lousa, vou anotar e vou lembrar na prova". Você perde um pouco disso. Você começa a discutir. Se o cara do seu lado tem uma ideia e você acha que está errado, você acaba chegando com ele para discutir sobre a ideia de vocês. Com o tempo essas discussões vão ficando melhores.*

Todavia, a adoção, por parte dos outros professores, do IpC não foi obrigatória.

Professor A: *Não obriguei nenhum professor que estava comigo a fazer o PI. E o que aconteceu foi que cada um usou a aula de uma forma que bem entendeu. Então a gente teve, desde professores que simplesmente mantiveram aulas expositivas, e simplesmente pincelavam as dúvidas que os alunos tiveram na hora de responder o sistema. [...] E teve professores intermediários, o Professor B, por exemplo, foi um cara que usou essas questões de forma interativa na aula, mas ele não tinha acesso aos clickers. Então ele fazia uma mistura de exposição com paradas para discussão e perguntas relacionadas com esse tipo de coisa, então variou bastante.*

Outra modificação ocorreu nas aulas exploratórias que, conforme já mencionamos, envolviam a resolução de exercícios pelos estudantes de pós-graduação (pertencentes ao programa PED). Nessas aulas os graduandos tinham uma postura totalmente passiva. A partir de 2013, os estudantes passaram a resolver os exercícios em aulas, sendo monitorados pelos estudantes PED.

Professor A: *A gente tinha uma aula mais de engajamento e de sala de aula invertida, e uma aula exploratória que a gente passou a valorizar mais, até porque eles tinham que responder as listas e entregar as listas ao longo do semestre, mais ainda assim os PEDs faziam alguns exercícios das listas. Eles davam a solução. Então, o que aconteceu com essas aulas exploratórias? Não, os PEDs não vão mais resolver o*

exercício. O que o PED vai fazer é dar tempo para os alunos tentarem resolver.

Conforme relatamos até aqui, as primeiras modificações foram implementadas por um grupo de professores, dos quais dois foram entrevistados em nossa pesquisa (Professor A e Professor B). A partir do primeiro semestre de 2013, outros professores ministraram essa disciplina, e o modelo descrito anteriormente tornou-se a prática estabelecida. A flexibilidade do modelo estava na dinâmica das aulas magnas, que ficavam sob responsabilidade de cada professor.

Os professores C e D, quando ministraram as aulas magnas da disciplina, optaram por adotar uma estratégia de ensino baseada em problemas, inspirada pela ABP. Em específico o Professor D, optou por não utilizar apresentações de *slides* e suas aulas eram ministradas na lousa. Em sua perspectiva,

Professor D: *Eu não uso slides, eu acho que a velocidade como vai os slides não é uma boa. Eu vou para lousa, na esperança que aquilo vai ser mais interativo. Quando você vai com os slides, já está praticamente pronto o conteúdo né. Aí a gente tem pouca coisa a se discutir as vezes. [...] Quando eu vi que estava ficando complicada essa questão da aula exploratória, eu falei assim: então eu vou estruturar a aula magna em cima de um problema, então em vez de chegar e fazer aquela coisa meio que li no texto assim, olha a gente tem que resolver esse problema aqui hoje, então como é que a gente faz pra resolver?*

A experiência do Professor C foi semelhante:

Professor C: *A minha dúvida no começo era mais ou menos o seguinte: puxa, porque com os clickers você tem uma interatividade maior, mas o ritmo é bem diferente? Então o que eu tentava fazer era uma coisa no sentido de uma otimização das duas coisas. [...] Eu tentava apresentar os nuances das coisas, e é uma coisa que eu ficava na dúvida se eu ia conseguir fazer com o clicker, entendeu? Então eu pegava, me programava bem para falar as coisas essenciais da forma correta, para tentar fazer com que isso chegasse no aluno. [...] Uma coisa que eu sempre tento fazer na minha aula, eu sempre tento trazer um problema que deixe eles desconfortáveis.*

As aulas magnas da Professora A apresentavam alguns elementos de interatividade, mesmo sem o uso da ferramenta *clickers*. Em sua percepção, apesar de ter um sentimento positivo em relação ao IpC, ela não o adotou como método de ensino.

Professora A: *Os clickers eu nunca peguei para usar mesmo, nem na Física I. O que eu fazia era basicamente colocar perguntas no meio da*

aula, tinhas as paradas no meio da aula, e eu indagava os alunos: "temos essa pergunta... Quem acha que é alternativa tal?" E eu sempre brincava que quem não achava nada tinha que responder. Em geral funciona bem [...]. Realmente essa história do Peer Instruction eu nunca fiz. Eu acho a ideia legal, mas eu nunca fiz.

Na visão do Graduando, essa estratégia era positiva.

Graduando: *Em algumas aulas tinham questões do próprio Moodle no meio da aula. Eram questões conceituais e ela ia perguntando. Isso era bom, porque dá uma quebrada. Você pensa em alguma coisa [...]. No geral, a gente tinha um tempo para discutir. Não lembro de muita gente levantando a mão e dando soluções. Todo muito meio que esperava ela falar. As pessoas, normalmente, têm vergonha.*

Assim como a Professora A, as aulas magnas da Professora B incorporaram atividades interativas, onde os estudantes respondiam a questões e debatiam suas respostas com os colegas e com a professora. Ela também não fez uso dos *clickers*.

Professora B: *O que eu fiz foi tentar fazer algo similar à metodologia dos clickers sem os clickers. Então o que eu fazia quando tinha algum exercício, eu passava os exercícios e eu fazia eles me entregarem a resposta num papelzinho e eu rapidamente separava as respostas, quanto tinha de cada tipo, e aí fazia uma discussão com eles.*

Em relação específica ao uso dos *clickers*, alguns docentes expressaram um sentimento negativo. Segundo eles, a logística de ter que buscar os *clickers* em outro prédio da instituição, distante do local das aulas, e ter que retorná-los após as aulas fez com que muitos não os utilizassem.

Professor A: *Algumas pessoas tentaram usar, mas também a organização é mal feita. Porque criaram a demanda, mas aquele medo do patrimônio público, então como você usa isso? A primeira solução possível era pregar os clickers nas classes. Não funciona, porque se o cara da Engenharia Mecânica quiser usar, se o cara do campus X [se refere a um campus da universidade em outra cidade] quiser usar, ele não tem direito? Ele tem que trazer os alunos ao campus para poder usar os clickers? Não faz sentido! Ah, então vamos fazer com que os professores peguem. Mas vamos deixar com quem? Ah, então vamos deixar em um lugar central. Aí eles escolherem um lugar central, que é o Centro de Computação do Básico, que fica do outro lado do Básico. Então quem quiser pegar os clickers tem que fazer a reserva por e-mail, tem que ir até lá para pegar os clickers, e voltar [...] E pegar aquilo era um*

inferno. Então eu tinha que sair daqui, minha aula era das 10h às 12h, eu na verdade tinha que sair daqui às 9h30min, para ir lá, pegar os clickers, para chegar na aula às 10h, cheio de clickers, para dar aula das 10h ao meio dia. Aí meio dia eu terminava a aula, tinha que recolher todos os clickers, contar para ver se todos eles estavam certos, e devolver. E eu só ia almoçar depois de meio dia e meia. Então, assim, não é nada prático. E isso fez com que muitos professores não adotassem os clickers de fato. Porque era tão difícil fazer o negócio funcionar e ainda tinha a questão da responsabilidade. Porque você assina um termo de responsabilidade. Se faltar um clicker, você é responsável como professor. E é você que responde pelo processo de sindicância. E isso assusta muita gente.

Professor B: *A dificuldade de usar o clicker também é uma dificuldade puramente prática, é carregar os clickers para a sala de aula, distribuir os clickers e depois operar o software e, então, recolher os clickers. Isso é muito legal, mas envolve um tempo, um preparo, e mesmo o uso do software não é trivial. A gente tem que dedicar um tempo para aprender, para resolver os bugs [...]. Os clickers, infelizmente, a dificuldade se impôs e eu abandonei os clickers. Adoraria voltar a utilizá-los, mas não dá para ir pegar os clickers em uma sala separada e etc.*

Professora A: *Na verdade, assim, tem um problema de logística que não é tão simples de você pegar e usar. Os clickers ficam em uma sala específica [...]. Aí você tinha que ir pegar umas bolsas dos clickers, lá no outro prédio, que não é o prédio em que a gente dá aula. Aí você tem que recolher e levar de volta. Aí assim, eu achei que era um super trabalho. Eu fazia as paradinhas e achava que funcionava. É obvio que com os clickers é muito mais legal. [...]. Uma coisa que eu já comentei com o Professor A é que eu acho que a logística dos clickers é um saco. Deveria fazer um applet para celular, e fazer com que eles respondessem com esse applet [...]. Mas tem um outro impeditivo, parece que as aulas aqui do ciclo básico não pegam internet. Elas foram planejadas para não pegar a internet.*

Em síntese, por meio dos relatos, sintetizados anteriormente, foi possível perceber que os métodos de ensino adotados na disciplina de Física I sofreram modificações, sendo algumas dessas, particulares para cada docente. Na seção 7.5 passaremos a analisar esse processo por meio da TDI (ROGERS, 2003) e do MIID (HENDERSON; DANCY, 2008).

7.4.2 Reconstrução histórica da difusão dos métodos ativos de aprendizagem

Antes de detalharmos como se deu o processo de difusão dos métodos ativos de aprendizagem, é importante lembrar que compreendemos difusão como um processo em que inovações são comunicadas entre membros de um determinado grupo social. Não obstante, difusão abarca tanto os eventos espontâneos de comunicação, quanto os arquitetados e gerenciados.

Ao entrevistarmos alguns dos atores do processo de modificação da disciplina de Física I, podemos identificar dois momentos em que ocorreu a difusão de novas propostas didáticas. O primeiro deles teve início no primeiro semestre de 2012, quando o Professor A se depara com o problema identificado na seção anterior, a saber a ineficiência das suas aulas expositivas na aprendizagem dos estudantes. Em seu relato, comenta:

Professor A: *E aí foi onde eu comecei a entrar no Google. Em geral, quando eu tenho algum problema eu vou no Google. Então eu passei a procurar no Google se, primeiro, já existia alguém que havia feito algo similar àquilo que eu estava fazendo. E também se alguém tinha alguma solução para o problema. E foi onde eu encontrei alguns artigos de Ensino de Física, particularmente o artigo do Mazur na área de PI. Achei também a palestra dele no Youtube. Após ver a palestra dele, eu me dei conta que a história dele, porque ele conta de uma maneira muito pessoal, era muito similar à que eu estava passando. Mas eu também li muita coisa além do trabalho do Mazur. [...] Para mim, o PI foi uma das alternativas.*

Apesar de não haver uma interlocução entre o Professor A e outros indivíduos, ao ler textos e assistir palestras em plataformas *on-line* de especialistas da área de Ensino de Física, se estabelece a comunicação de novos métodos de ensino. Nesse momento elas são consideradas inovações pois, como se percebe no seu discurso, ele não tinha conhecimento de propostas de ensino similares a que ele estava utilizando, tampouco que pudessem se tornar a solução para seus problemas.

Esse primeiro momento está intimamente relacionado com o segundo processo de difusão das inovações, o qual teve início após as primeiras tentativas do Professor A em utilizar os métodos ativos de aprendizagem.

Professor A: *Naquela época, como eu estava muito motivado, eu conversava com muitas pessoas sobre o curso que eu estava dando. [...] na medida em que as coisas foram acontecendo a gente começou a divulgar.*

O evento referido pelo professor A, no extrato da entrevista citado anteriormente, é a mudança na sua prática docente ocorrida no segundo semestre de 2012. Ao observar os

resultados obtidos na disciplina eletiva de tópicos de Física Moderna, bem como ao formar uma atitude positiva em relação aos métodos, ele passou a comunicar aos seus colegas, em conversas informais, relatos de sua prática.

No primeiro semestre de 2013, quando a disciplina de Física I foi reestruturada, os membros da equipe que realizou as modificações já haviam tido contato com a experiência docente do Professor A. O relato abaixo evidencia esse fato.

Professor A: *E aí eu virei para eles e falei: eu estava pensando em modificar o curso de Física I, seguir mais ou menos a ideia que a gente está tentando fazer, tentar modificar um pouco o formato. E eles toparam e pegaram a disciplina de Física I.*

Implementadas as modificações descritas na seção anterior, deu-se a continuidade da difusão de inovações. Identificamos, por meio dos relatos dos docentes, que esse processo ocorreu de duas formas distintas, mas complementares. A primeira deu-se por meio dos estudantes que realizaram a disciplina de Física I no primeiro semestre de 2013.

Professor A: *Porque o maior divulgador das ideias não fui eu, não foram meus colegas, mas sim os alunos. Os alunos tiveram essa experiência no primeiro semestre e como foi a primeira experiência deles com Física na universidade, então Física era com pré-aula. Aí eu me lembro que eu fui almoçar no primeiro dia de aula de Física II, e aí o professor que estava dando Física II virou para mim e disse assim: “Cara, eu preciso falar contigo. Então, fui dar aula hoje e o que é essa tal de pré-aula?” Aí eu comecei a rir e falei: “Porque você está querendo saber?”. Ele falou: “Então, porque hoje eu estava dando aula e os alunos vieram me perguntar se não ia ter pré-aula. E eu não sabia o que era, eu preciso saber para poder explicar para eles. Eu imagino que eu não vou ter nada disso, porque eles me explicaram por alto e eu não vou fazer nada disso”. O que aconteceu foi que os próprios alunos começaram a cobrar as pré-aulas. Para eles funcionou muito bem, porque a grande maioria foi aprovado. Eles queriam as pré-aulas porque ajudou a eles se organizarem ao longo do semestre.*

A experiência positiva dos estudantes, segundo o discurso do Professor A, foi uma das razões pelas quais eles passaram a questionar os professores de outras disciplinas acerca dos métodos de ensino empregados. Alguns professores do departamento, que não haviam tido contato com a experiência do Professor A, procuraram-no para tomar conhecimento de sua iniciativa.

Além da comunicação pessoal para seus colegas, o Professor A foi convidado para ministrar palestras em diferentes institutos da Universidade, bem como fora dela. Em suas

exposições, o Professor A almejava contar sua experiência na disciplina de Física I de maneira muito pessoal. Sua intenção não era a de advogar por um método de ensino específico, mas sim mostrar para outros professores que aulas expositivas não eram eficientes em termos da aprendizagem dos estudantes. Para ele, o mais importante era que os estudantes realizassem atividades que os engajassem cognitivamente.

Professor A: *O que eu achei interessante foi que, apesar de eu ter dado diversas palestras pela Universidade X e fora da Universidade X também, em nenhum momento eu advoguei que Peer Instruction é a forma correta de você fazer a coisa. Acho que a forma que eu encontrei, faça o que você bem entender, a única coisa que eu sugiro é que a lógica de que as coisas devem acontecer é: o aluno tem que trabalhar em sala de aula, e para ele trabalhar em sala de aula, ele tem que ter o conteúdo, que ele vai adquirir ou antes da aula, ou antes de você colocar ele para trabalhar. Fora isso, você está perdendo tempo. Os meus dados mostram que você está perdendo tempo. Então isso convenceu muita gente, não a adotar o Peer Instruction, mas adotar algum formato que o aluno poderia trabalhar e o tempo de exposição deles fosse mais reduzido do que simplesmente duas horas de exposição. E aí várias pessoas tentaram aqui e adaptaram para diferentes problemas. Então na verdade eu vi pessoas que estão aqui há mais de 20 anos, nunca deram aula de Física I, mas o cara parou pela primeira vez na vida para pensar naquilo que ele estava fazendo e propôs uma alteração da sua aula.*

Dentro de seu departamento, alguns dos professores que, ou tomaram conhecimento dos princípios elucidados no relato anterior, ou passaram pela disciplina de Física I após as modificações descritas na seção anterior, modificaram suas práticas docentes comuns. Um dos conceitos adotados pelos professores foi que os estudantes deveriam realizar atividades de resolução de problemas em sala de aula.

Professor A: *O Professor X [refere-se a um professor que esteve na equipe que implementou as modificações na disciplina de Física I, mas que não participou da pesquisa], depois que saiu da Física I, foi ministrar a disciplina de Mecânica Geral, e levou a adaptação do Peer Instruction para a disciplina. O que ele fazia era em cada aula, os alunos tinham que resolver um problema para entregar. Ele avaliava com zero ou um, se o aluno tentou fazer era 1, se nem tentou, ou não foi na aula, é zero. Os alunos chamavam de EPA, exercícios para aprendizagem. Aí eles passaram a ter essa metodologia, mas o que é mais importante não era mais para a exposição de conteúdo, ela tinha uma parte de trabalho dos*

alunos. [...] Muitas pessoas tentaram esse formato, que é uma variação de Peer Instruction, onde basicamente ele dava uma explicação seguida de um problema. Conforme você vai avançando em disciplinas específicas, o tempo de explicação vai aumentando e a quantidade de problemas diminui. Então não significa que o tempo usado para problema diminui, é que são problemas mais complexos.

Outras disciplinas, portanto, passaram a sofrer modificações nos métodos de ensino. Em específico, as disciplinas de Física II, III e IV, que também são ofertadas para diversos cursos da Universidade e atendem a um número elevado de estudantes, também foram reestruturadas de modo similar ao feito na Física I, qual seja, a adoção das pré-aulas com o AVA Moodle.

Professor A: *Em Física III foi rapidamente propagado pelo contato que eu tinha com o Professor Y [refere-se a um professor de seu departamento] que era o cara que estava coordenando a Física III. Em Física IV a Professora A levou isso, pelo menos assim a ideia de preparação para aula [...]. E por último foi a Física II, em que o Professor C começou a levar isso no semestre passado.*

Encontramos na fala da Professora A sua percepção das razões pelas quais a disciplina de Física IV foi modificada. Para ela, o papel do Professor A foi de expressiva importância.

Professora A: *Ao meu ver, você tem que ter um agente que é a pessoa que está lá, presente, querendo mudar alguma coisa. Um catalisador. Essa figura é o Professor A. Ele é o catalisador. Eu não tenho a menor dúvida disso. E ele foi o catalisador no curso de Física I, que acabou, por eu estar dentro do mesmo departamento, passando para Física IV. Eu acho que a Física II também está com esse programa. Porque pegou o Professor A com o contato com outro colega que está em outro departamento, mas é uma pessoa muito próxima, que também se envolveu.*

Nos relatos dos outros docentes, também encontramos declarações que ressaltam o papel do Professor A na tomada de conhecimento de novas propostas de ensino.

Professor B: *Acho que o primeiro contato, onde eu ouvi falar, por exemplo, sobre os clickers foi com um colega nosso. Ele veio todo entusiasmado após ter visto uma palestra sobre isso. E depois o Professor A trouxe toda essa história sobre Peer Instruction. Então foi basicamente com colegas em conversas de corredor.*

Professora A: *Eu tive contato com as metodologias através do Professor A. [...] Eu almoçava com ele e ele comentava o que estava fazendo na disciplina. Eu fui tomando conhecimento de como fazer. Quando eu dei o*

curso de Física I, ele estava pronto. Nisso você não aprende. Quando vem tudo pronto você não aprende. Na Física IV, quando eu sentei para fazer e surgiam as dúvidas eu perguntava para o Professor A. E sempre, numa boa vontade, ele me ajudou. Hoje eu consigo fazer as coisas no Moodle tranquilamente.

Professora B: *Foi aqui dentro, numa época, acho que foi o próprio Professor A, o Professor X e o Professor B começaram a discutir essas coisas, e aí alguém que eu não sei exatamente quem, teve iniciativa de começar a passar vídeos aqui para discutir educação, aí teve um vídeo sobre o Erick Mazur, teve um outro de uma filósofa, acho que assisti uns três desses aqui. Então esse foi o início quando o Professor A começou mesmo a ir atrás.*

Professor C: *Eu passei a conhecer aqui. Até porque quando o Professor B foi embora, que foi exatamente no ano que estava começando a fazer essa mudança aí, eu fiquei muito tempo afastado de qualquer atividade de ensino, digamos assim. E também lá fora eu não tinha contato, porque nos dois lugares que eu fiquei, no caso específico meu eram institutos de pesquisa mesmo, não é aquele lugar onde todos são professores e tem que dar aula, então eram cientistas. Eu era aluno da universidade aqui, mas eu trabalhava no instituto lá e eu não estava participando ativamente do que estava acontecendo na universidade. Então eu fiquei bastante tempo sem ter contato com esse tipo de coisa e eu fui ter aqui, conversando com o Professor A.*

O único docente que não teve contato com as propostas de ensino, mencionadas anteriormente, por meio do Professor A, foi o Professor D.

Professor D: *Na verdade, quando eu estava na Universidade X [refere-se à universidade em que trabalhou anteriormente], eu dividia sala com outro camarada lá que era o coordenador na época. E ele era o cara que estava super empolgado e, na verdade, eu tomei contato com isso por causa dele. Ele estava realmente se emergindo nesse assunto e mostrou várias coisas para mim. Era um cara que estava afim realmente de falar “olha a gente, tem que fazer isso aqui e aula expositiva é coisa do passado, não dá mais para a gente fazer isso aqui”. E ele foi um cara que me convenceu mesmo de que isso não funcionava.*

O processo de difusão das inovações aqui descrito pode ser compreendido, majoritariamente, dentro de uma rede de comunicação interpessoal. Os docentes que adotaram variações dos métodos possuíam uma relação próxima ao Professor A, o que facilitou a troca de

experiências. Nas falas dos professores, percebemos que muitos deles não tiveram contato com os resultados obtidos pelos especialistas nos métodos referidos, mas sim com a experiência do Professor A. Esse fato pode explicar as variações ocorridas nas implementações que, em nossa perspectiva, foram pautadas pelas necessidades individuais de cada docente.

7.5 Como e por que as inovações didáticas adotadas nas disciplinas de Física de uma universidade pública brasileira se difundiram?

Segundo as orientações metodológicas de Yin (2015), um estudo explanatório, com o presente, parte de proposições teóricas; as do presente estudo com foco no “como” e no “por que” são, respectivamente, as seguintes:

Proposição teórica I: As inovações didáticas adotadas nas disciplinas de Física, adaptadas ao contexto e às necessidades específicas, se difundiram por meio de canais de comunicação interpessoais, em um processo de decisão coletiva, respaldadas por incentivos da Universidade para os professores e de um ambiente favorável à adoção de inovações.

Proposição Teórica II: As inovações didáticas adotadas nas disciplinas de Física se difundiram porque são vantajosas em relação às práticas anteriores, compatíveis com as normas sociais estabelecidas, apresentaram consequências desejáveis e as dificuldades enfrentadas não se caracterizaram como barreiras.

As reconstruções históricas apresentadas nas subseções 7.4.1 e 7.4.2 servirão de suporte para desenvolvermos a análise que, conforme necessário, será complementada por outros relatos obtidos nas entrevistas e nas observações realizadas. As proposições teóricas supracitadas foram construídas por meio dos estudos exploratórios I e II, bem como da revisão da literatura e do referencial teórico adotado.

De acordo com Rogers (2003), a difusão de uma inovação é um processo estruturado por quatro elementos, quais sejam, inovação, canais de comunicação, tempo e grupo social. Discutiremos cada um desses elementos isoladamente (em diferentes subseções) e, ao final, a estrutura de difusão ocorrida e as considerações acerca das proposições teóricas testadas.

7.5.1 Inovação

A reconstrução dos eventos históricos ocorridos permite perceber que, basicamente, elementos de três métodos ativos de aprendizagem foram incorporados à prática docente dos professores entrevistados. Nossa análise está restrita às estratégias didáticas adotadas após os professores terem obtido informações sobre as mesmas, caracterizando-as como inovações. Dessa forma, aqui relatamos as adoções feitas pelo Professor A na disciplina eletiva e na disciplina de Física I, bem como as adoções do restante dos docentes na disciplina de Física I. Reconhecemos que após as primeiras implementações, os docentes modificaram suas práticas

comuns, incorporando elementos dos métodos em suas aulas, como podemos perceber nos relatos das aulas observadas contidas nos Apêndices N e O.

Dentre os métodos identificados, o primeira foi a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)²³ onde, fundamentalmente, problemas da vida real são utilizados para iniciar, orientar, motivar e focar a aprendizagem do estudante (RIBEIRO, 2008). O Professor A, na disciplina eletiva de Tópicos de Física Moderna, assim como o Professor C e o Professor D, na disciplina de Física I, adotaram elementos da ABP. Aqui identificamos a implementação do Professor A na categoria *reinvenção*, pois os problemas de Física Moderna adotados eram, em suas palavras, problemas históricos, e não problemas da vida real. Além disso, não havia espaço para um estudo autorregulado pelos estudantes, a organização da aula partia do problema estabelecido para que eles aprendessem os conteúdos a partir da solução do problema. As adoções do Professor C e do Professor D podem ser classificadas como *invenções*, porque apenas a ideia de valorizar a aula por meio de problemas foi adotada. O trabalho colaborativo entre os estudantes não foi explorado. Os docentes apenas apresentavam os problemas para contextualizar o conteúdo tratado.

Quatro docentes relataram adotar variações do IpC em suas aulas magnas. Na fala do Professor B identificamos que o método foi implementado conforme preconizado pelos especialistas; classificada de acordo com o MIID, portanto, como *adoção*. No relato do Professor A, identificamos que a etapa de discussão entre os colegas ocorria antes da primeira votação e, além disso, os alunos não respondiam às questões conceituais pela segunda vez. Essa modificação é classificada como uma *adaptação*. Cabe ressaltar que essa modificação, segundo o Professor A, ocorreu em decorrência da disposição das classes, que dificultava que os estudantes interagissem antes da segunda votação. Esse problema não foi relatado pelo Professor B.

As implementações do IpC feitas pelas professoras A e B foram categorizadas como *reinvenções*. A implementação feita pela Professora A suprimiu a etapa de discussão entre os alunos. Foram incorporadas questões ao longo da aula; os alunos apenas as respondiam e a docente explicava a resposta correta. A dinâmica das aulas da Professora B não foi diferente, exceto que as questões feitas para os alunos eram, na verdade, exercícios, e não testes conceituais, conforme previsto pelo IpC.

Todos os docentes adotaram alguma variação do EsM. No entanto, categorizamos de maneira diferenciada tais implementações. Primeiramente, entendemos que há uma distinção na adoção do EsM pelos professores pertencentes ao grupo que modificou a disciplina (Professor A e Professor B), da adoção do restante dos professores, que passaram a reproduzir o modelo estabelecido. De maneira geral, a estrutura estabelecida pelo EsM foi incorporada pelos docentes, requerendo que os estudantes, após terem contato com um conteúdo determinado, respondessem a um conjunto de questões conceituais. Contudo, conforme a fala do Professor A, não existia espaço para que os estudantes pudessem reportar dúvidas existentes durante a realização da

²³ Para maiores detalhes acerca da ABP, ver Apêndice HM.

atividade prévia. Portanto, a única informação disponível para os docentes era o índice de acertos das questões contidas nas atividades. As exposições, portanto, não partiram de dúvidas explicitadas pelos estudantes, diferentemente das aulas descritas no Estudo I e II.

Professor A: *Não, esse sempre foi o problema do sistema. Como a gente implementou de uma hora para a outra, a gente não implementou o feedback nele. A ideia era fazer isso em um segundo passo né. Então eles não tinham um feedback.*

No entanto, uma informação valiosa obtida com as pré-aulas era o índice de acertos dos estudantes nas questões. Segundo o Professor A, nem todos os docentes se valeram dessa informação para planejar suas aulas, a exemplo da Professora A e da Professora B. Por outro lado, as aulas do Professor A eram planejadas depois de ter contato com as respostas dos estudantes.

Professor A: *Então a gente teve, desde professores que simplesmente mantiveram aulas expositivas, e simplesmente pincelavam as dúvidas que os alunos tiveram na hora de responder o sistema. Como ele tinha acesso, então o que ele fazia? Ele não modificava a aula dele, apenas colocava ali a resposta [...]. As minhas aulas eram todas modeladas de acordo com as respostas dos alunos. Porque muitas vezes eu escolhia, inclusive, essas questões de múltipla escolha. As que eu sabia que eles tinham errado, eu colocava essas questões dentro da minha aula magna também. O que deixava eles furiosos, porque eles já tinham errado uma vez e eles sabiam que tinham errado, porque eles tinham feedback de certo ou errado. Mas eles não tinham o feedback de qual a resposta correta, nem de como resolver. Como eles já sabiam que tinham errado, eles prestavam atenção para tentar acertar e resolver corretamente. Então a minha aula era totalmente modelada no feedback antes da aula.*

Professora B: *Muito de vez em quando eles traziam dúvidas, e eu admito que eu não acompanhei. Na verdade, nesse sentido, e nem estou acompanhando agora em Física IV, eu acho que as pré-aulas são uma coisa boa, mas eu admito que a questão das disciplinas ser coordenada a gente tem sempre tanta coisa pra fazer. Como é uma coisa automática, você esquece. Está lá, e você sabe que eles estão fazendo, tem um PED designado para acompanhar isso e eu não tenho acompanhado, admito. Não acompanhei em Física I e não estou acompanhando em Física IV.*

Professora A: *Eu sei que, por exemplo, o Professor A olhava as questões que tinham dado mais trabalho e voltava para a questão na aula magna. Na Física IV eu cheguei a fazer isso. Física I eu não fiz, eu confesso que nunca fiz.*

Sua visão sobre como as pré-aulas eram utilizadas para a organização das aulas magnas indica que os docentes não levavam em consideração aqueles alunos que haviam realizado a atividade.

Graduando: *Apesar de você ter esse modelo que, no ideal, os alunos fizeram as pré-aulas seriamente; então, vão vir com matéria lida e etc. A aula não é prepara desse jeito. Pelo menos essa era minha visão. A aula não era preparada para pessoas que já leram. É uma aula que vai do básico até o avançado. Eu, honestamente, achava que a aula era um pouco maçante. Assim, tem um período que você já não consegue mais prestar atenção.*

Com o relato dos outros docentes, podemos compreender que o EsM se tornou a prática comum da disciplina de Física I após o primeiro semestre de 2013, o que nos levou a categorizar como *adoção* a implementações do Professor C, Professor D, Professora A e Professora B. No Quadro 8 sintetizamos a classificação das implementações dos métodos ABP, EsM e IpC conforme discutido ao longo desta seção.

Os resultados aqui apresentados corroboram os trabalhos de Henderson e Dancy (2005, 2008). A maneira como os professores incorporam os métodos às suas práticas de ensino são, muitas vezes, diferentes das prescritas pelos especialistas. As variações nas adoções são pautadas pelas necessidades específicas dos docentes, pelos contextos de ensino em que se encontram e pelas suas crenças e experiências anteriores.

Quadro 8 – Classificação das implementações I da ABP, do EsM e do IpC nas categorias da MIID. ADO: Adoção, ADA: adaptação, REI: reinvenção, INV: invenção.

	ADO	ADA	REI	INV
Professor A		IpC (2013/1) EsM(2013/1)	ABP (2012/2)	
Professor B	IpC (2013/1)	EsM(2013/1)		
Professor C	EsM (2013/2)			ABP (2013/2)
Professor D	EsM (2015/1)			ABP (2015/1)
Professora A	EsM (2014/1)		IpC (2014/1)	
Professora B	EsM (2015/2)		IpC (2015/2)	

7.5.2 Canais de comunicação

Canais de comunicação são os meios pelos quais mensagens são transmitidas de um indivíduo para outro (ROGERS, 2003). Ao longo dos relatos apresentados nas seções 7.4.1 e 7.4.2 podemos identificar que ambos os *canais de comunicação em massa* e os *canais de comunicação interpessoais* foram utilizados.

O Professor A obteve conhecimento dos métodos ABP, EsM e IpC por meio de artigos científicos e vídeos disponíveis *on-line*, caracterizando, nesse caso, os *canais de comunicação em*

massa. Ressaltamos que os indivíduos que são impactos por tal tipo de canal são os denominados *inovadores*, ou seja, aqueles que, dentro de um determinado grupo social, são os primeiros a adotar inovações.

Após ter tido contato com os métodos ativos de ensino, e ter se engajado no processo de adoção de parte dessas estratégias, o Professor A tornou-se, em termos da TDI, um *agente de mudança*. Inicialmente, de maneira não intencional, passou a compartilhar com seus colegas suas experiências didáticas na disciplina eletiva de Física Moderna. Essa troca de informações ocorreu por meio de *canais de comunicação interpessoais*. À exceção do Professor D, que já conhecia o IpC antes de ingressar na Universidade, todos os outros docentes relataram ter tomado ciência dos métodos ativos de aprendizagem (ABP, EsM e IpC) por meio de conversas com o Professor A.

Na perspectiva do Professor A, os estudantes tiveram participação no processo de divulgação das práticas ocorridas na disciplina de Física I no primeiro semestre de 2013. Inclusive essas experiências ultrapassaram os limites do Instituto de Física e tomaram proporções dentro de toda a Universidade.

Professor A: *Até um ponto que isso começou a fazer barulho fora do IF, para dentro de toda a Universidade. E de novo, foram os alunos. Porque o cara que entrou para Engenharia Mecânica, fez Física I aqui com a gente. Ele via como era o formato. Ele ia para a Engenharia Mecânica e via aula expositiva e dizia: “Hum, não estou gostando!” E ele fala: “Poxa, porque não dava para fazer alguma coisa similar ao que a Física faz”. E aí todo mundo: “O que a Física faz?” E aí começou a se ter essa exposição, a partir de 2014.*

Em síntese, podemos perceber que a difusão das inovações didáticas entre os docentes investigados se deu, predominantemente, por meio de *canais de comunicação interpessoais*. Segundo Rogers (2003), as redes de comunicação interpessoais são mais efetivas em transmitir informações avaliativas acerca das inovações, pois possuem um caráter mais subjetivo. A presença de um docente com experiências em adotar inovações dentro de um departamento pode ser um elemento importante para a difusão de novas práticas de ensino. Além disso, quando os indivíduos possuem características em comum (homofílicos) os processos de comunicação se tornam mais eficientes.

7.5.3 Tempo

O terceiro elemento do processo de difusão de inovações envolve três aspectos, conforme apresentação no Capítulo 5: período pelo qual o indivíduo (ou um grupo de indivíduos) passa do conhecimento da inovação até sua efetiva adoção ou rejeição (processo de adoção de inovações); na capacidade de inovação de um sujeito (*innovativeness*); e na taxa de adoção de uma inovação em um sistema (ibid.). Nossa análise se restringirá aos dois primeiros aspectos, haja

vista que durante a coleta de dados não tivemos contato com todos os professores que passaram pela disciplina de Física I entre o primeiro semestre de 2013 e o segundo semestre de 2016, impossibilitando a determinação do número de docentes que adotaram alguma das inovações apresentadas na seção 7.5.1.

Capacidade de inovação: em termos da capacidade de inovação, identificamos que o Professor A e o Professor B podem ser considerados *inovadores*. Dentro do grupo social investigado, o Professor A foi o primeiro a modificar sua prática por meio de inovações didáticas; no segundo semestre de 2012 com uma variação da ABP. No primeiro semestre de 2013, o Professor A e o Professor B adotaram variações do IpC e do EsM. Para Rogers (ibid.), inovadores são indivíduos que estão sempre em busca de inovações e conseguem lidar mais facilmente com as incertezas acerca da eficiência das mesmas. Além disso, possuem pouca influência de avaliações subjetivas de indivíduos que já adotaram as inovações. Usualmente, obtém conhecimento de inovações por meio de *canais de comunicação em massa*, o que de fato ocorreu com o Professor A, conforme descrição anterior.

Durante as entrevistas tivemos o cuidado de questionar os docentes em que momento eles ministraram a disciplina de Física I após as modificações feitas. No Quadro 8 podemos perceber que, à exceção do segundo semestre de 2014, pelo menos um docente ministrou a disciplina reestruturada. Podemos concluir que todos esses professores, de alguma forma, adotaram algum tipo de inovação em suas aulas ao ingressarem na disciplina, demonstrando, de certo modo, uma atitude favorável à mudança. Nesse sentido, classificamos o Professor C, o Professor D, a Professora A e a Professora B na categoria *primeiros adotantes*.

Processo de adoção de inovações: em termos do processo de adoção de inovações, restringiremos nossa análise apenas às implementações das inovações didáticas na disciplina de Física I. Segundo o modelo analítico de Rogers, esse processo possui cinco estágios, a saber: *conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação*.

Conforme nossa descrição do processo de adoção de inovações (seção 7.4.1), no primeiro semestre de 2013, o Professor A em conjunto com outros três professores tomaram uma decisão coletiva de modificar a estrutura da disciplina de Física I. Essa decisão foi motivada pela percepção de um problema, qual seja, o baixo desempenho dos estudantes na compreensão dos conteúdos abarcados pela disciplina.

A etapa *conhecimento* para o Professor A ocorreu por meio de buscas de artigos científicos na *internet*, no ano de 2012, onde teve contato com o IpC e o EsM. O restante do grupo de 2013/1 teve contato com os métodos por meio do Professor A. Destacamos que o Professor A passou a ter conhecimentos acerca do funcionamento do AVA *Moodle* durante a disciplina eletiva ministrada no segundo semestre de 2012, que o motivou a introduzir essa ferramenta como suporte para o método EsM. O relato abaixo apresenta algumas evidências desse fato:

Professor A: *Eu falei que achava fundamental que os alunos se preparassem para a aula, e todo professor em sã consciência concorda com isso[...]. Então, o que a gente pensou: vamos usar o sistema que eu já havia usado, testado, vamos usar o sistema para fazer isso. Mas ao invés de fazer após as aulas, vamos fazer antes das aulas. E as perguntas tem que ser no nível mais básico possível. Porque o que eu quero, na verdade, não é provocar uma transição de fases ali, onde o cara nunca teve o costume de estudar, porque essa é a nossa cultura brasileira. Ele nunca teve costume de estudar antes da aula, então vamos fazer com que o cara tenha uma noção do que vai acontecer na aula, apenas.*

A etapa de *persuasão* também ocorreu de forma diferente para o Professor A, que formou uma atitude favorável em relação aos métodos ao longo de sua experiência no segundo semestre de 2012. Ele constatou que desenvolver atividades que favoreciam o trabalho dos estudantes em sala de aula impactava positivamente na aprendizagem dos mesmos. Dessa forma, percebeu uma *vantagem relativa* em relação à prática anterior. Além disso, essa nova maneira de gerir o conteúdo durante as aulas era *compatível* com suas crenças de que os estudantes deveriam ser mais ativos em sala de aula. A experiência com o AVA reduziu o sentimento de *complexidade* de implementar o Moodle, o qual favorece a organização de atividades para os estudantes realizarem fora da sala de aula.

Para os outros professores, essa etapa teve início ao tomarem contato com os relatos do Professor A na disciplina eletiva, bem como de serem convencidos pelo Professor A que a disciplina deveria ser reestruturada, valorizando mais o trabalho em sala de aula. Essa etapa levou ao momento em que, coletivamente, os professores engajaram-se no processo de adotar o EsM de forma conjunta, categorizando a etapa de *decisão*.

Em relação à adoção do IpC pelo Professor A e Professor B, compreendemos que houve uma superposição das etapas de *persuasão*, *decisão* e *implementação*. Ambos optaram por adotar esse método e, ao longo da implementação, desenvolveram suas crenças em relação a ele. O Professor B comentou, sobre o IpC: “*Eu tenho certeza que é bom, é melhor do que uma aula totalmente expositiva.*”

Sobreposição das etapas *conhecimento*, *persuasão* e *decisão* para o restante dos professores. Todas ocorreram ao ter contato com o Professor A e suas experiências na disciplina eletiva e na disciplina de Física I. Além de tomarem conhecimento da existência dos métodos, os docentes tiveram o que Rogers define por experiência vicária, que é quando o indivíduo passa a reduzir suas incertezas acerca da inovação por meio do julgamento de um outro indivíduo que já a adotou. Dessa forma, os docentes passaram a incorporar elementos de métodos ativos de aprendizagem em suas aulas. O Professor C e o Professor D implementaram uma variação da

ABP. A Professora A e a Professora B adotaram uma versão modificada do IpC. Entretanto, não consideramos que houve um processo de escolha em adotar o EsM por parte desses docentes, haja vista que após o primeiro semestre de 2013 o método se tornou a prática comum para a disciplina.

Em termos da ABP e do IpC, podemos dizer que elementos dessas disciplinas ainda são utilizados pelos docentes no segundo semestre de 2016, o que indica certo grau de continuidade do uso dessas inovações. As aulas descritas nos Apêndices N e O são exemplos da forma como os docentes modificaram suas práticas, incorporando atividades que proporcionam maior interatividade entre os estudantes e maior engajamento cognitivo em sala de aula.

Em termos do EsM, um fator foi proeminente na descontinuidade de sua adoção, a saber, a prática fraudulenta dos estudantes ao responderem às pré-aulas. Como tais atividades eram avaliadas por estarem certas ou erradas, os estudantes passaram a compartilhar *on-line* as respostas das questões.

Professor A: *Com o passar do tempo, algumas coisas foram acontecendo. O número de exercícios que a gente tinha lá no Moodle era relativamente pequeno para um universo de 1000 alunos. Então, rapidamente eles aprenderam que se eles tirassem "print screen" da tela com as questões que eles acertaram, eles criariam um banco de dados, e não dava muito trabalho para criar um banco de dados de questões, já que eles são 1000 alunos. O que aconteceu foi que o banco de dados de questões que a gente tinha começou a não ser suficiente, porque a ideia por trás acabou se perdendo. E como valia nota os alunos copiavam.*

Professora A: *Como eu já peguei isso rodando pela terceira ou quarta vez, o que eu percebi foi o seguinte: você tem um banco de dados no Moodle, e aí o que aconteceu... esses alunos tiraram "print screen" das respostas e fizeram uma página na internet, ou no Facebook, onde estavam as respostas, todas, do curso inteiro.*

Professor D: *Então, essa história das pré-aulas e tudo. O que aconteceu, de fato, na prática, foi virar uma estrutura que as pessoas querem apertar o start todo o semestre. Então acabou virando uma coisa tão automática de ser feita. Se criou um banco de questões e tudo mais, que eu acho que ninguém mais aproveita isso. Tanto que eu e a Professora A criamos essas pré-aulas, porque existe um sentimento de que a molecada mapeou o banco de questões. E que o papel de estimular um estudo prévio, já não funciona mais, esse é o sentimento que a gente tem e por isso acabou retirando.*

O comentário do Graduando sobre sua postura frente às pré-aulas corrobora a visão dos docentes.

Graduando: *A minha mentalidade era simplesmente: “ah, não achei repostas no livro e pronto. Eu vou ter que fazer a conta. Que saco!”. Aí a maioria das vezes a gente procurava as respostas no lugar de resolver as questões, mas quando você resolvia alguma coisa você aprendia pelo menos.*

A estratégia encontrada pelos docentes foi transferir as atividades para após as aulas expositivas, sem tempo determinado para resposta; descaracterizando por completo o EsM. Um dos fatores que influenciaram essa decisão foram as reclamações dos estudantes da falta de tempo para se dedicar às tarefas prévias, que tinham um tempo determinado para serem respondidas. Essa mudança ocorreu no segundo semestre de 2016, quando a Professora A era coordenadora da disciplina.

Professora A: *Eu vou acabar com as pré-aulas, ter que forçar eles a fazer toda semana as atividades. Eu dou minha aula normal, liberar a matéria para eles. Então as vídeo-aulas e os slides das aulas estão liberados. Se eles fazem ou não as atividades, esse material está lá disponível no Moodle. Só que as atividades só são liberadas na medida que eles vão fazendo. Eu falei para eles no primeiro dia de aula: “vocês vão ter infinitas chances para resolverem os exercícios, eu não me importo que vocês tirem 10, vocês podem ficar tentando, o que eu quero é que vocês aprendam. Só que essas atividades vão ser encerradas na data da última prova. Durante esse período vocês vão ter que administrar o tempo de vocês”.*

7.5.4 Grupo social

A difusão de uma inovação, ou de um conjunto de inovações, ocorre dentro de um grupo social. A estrutura social presente no grupo social interfere diretamente na maneira como as inovações são adotadas, ou não. Além disso, as normas sociais estabelecidas, os papéis dos líderes de opinião e dos agentes de mudança, o tipo de decisão tomada ao adotar a inovação, bem como suas consequências, são elementos que devem ser analisados ao se avaliar o processo de difusão. Passamos para tal análise a seguir.

Inicialmente, compreendemos que os docentes investigados em nosso estudo são um grupo social, onde cada indivíduo é considerado uma unidade de adoção. Nesse grupo, percebemos que existe uma estrutura social, ou seja, uma estrutura hierárquica que relaciona os indivíduos. Durante a primeira adoção do IpC e do EsM na disciplina de Física I, o Professor A possuía o papel de coordenador da disciplina. Ele coordenou todas as atividades burocráticas,

incluindo a confecção das provas, gestão dos PEDs e do ambiente virtual *Moodle*. Desse modo, o Professor A possuía um papel destacado na hierarquia do grupo. Esse papel se manteve quando assumiu a coordenação do curso de Física a partir de 2015.

Por meio dos relatos, podemos perceber que o Professor A possuía um relacionamento próximo aos demais docentes, o que, em nossa perspectiva, facilitou o processo de comunicação dentro do grupo social. Ao possuir características similares aos demais docentes, uma estrutura de comunicação foi estabelecida. Para Rogers (ibid.), estruturas de comunicação são mais facilmente estabelecidas entre indivíduos homofílicos dentro de um grupo social.

Em termos das normas sociais, identificamos, por meio das falas dos docentes, que existe uma cultura de priorizar a pesquisa em detrimento às atividades de ensino. Tal norma é estabelecida devido ao grande prestígio que a Universidade investigada possui em termos das pesquisas conduzidas, nacionalmente e internacionalmente. As falas abaixo corroboram nossa análise.

Professor A: *O problema que muita gente que está aqui não tem claro qual o objetivo daquilo que ele está fazendo, quanto mais passar isso para os alunos. Porque não é aquilo que ele quer fazer. Essa é a verdade, ele quer fazer pesquisa, ele não quer dar aula [...]. O que acontece aqui é que, como em toda universidade pública, particularmente aqui na Universidade X, a forma da pesquisa que a gente tem, é que a gente não contrata professor, a gente contrata pesquisador [...]. Eles querem fazer o que vai dar menos trabalho para eles, porque o que eles querem ter é o máximo de tempo para a pesquisa.*

Professora A: *Na verdade, assim: é um erro das universidades brasileiras falarem que a pessoa que está trabalhando na universidade tem que ser capaz de fazer pesquisa muito bem, tem que ser capaz de ser um professor muito bom. Às vezes coincide de essas duas figuras estarem na mesma pessoa. Mas a maioria das vezes não coincide. Às vezes você tem um cara que só quer fazer pesquisa e está dando aula de super má vontade, e vai fazer aquilo muito mal. Ou você tem o cara que faz pesquisa super mal e dá uma super aula. E você força que seja a mesma coisa e cobra igualmente dos dois. O cara que não faz pesquisa, ele vai ser prejudicado porque aqui tem um peso grande no que você faz de pesquisa [...]. O ensino é uma coisa complicada. A gente está aqui por causa das aulas, a gente está aqui para ensinar. Mas a gente é avaliado exclusivamente pela pesquisa. Ninguém se dá conta que nós não somos contratados pela pesquisa. As vagas são para dar aula, não para pesquisa.*

Professora B: *O que acontece é que na verdade a gente tem uma carga enorme de coisas para fazer, acho que em todos os lugares, mas aqui a gente se fala muito no tripé ensino, pesquisa e extensão, mas o que pesa, o que pega mais acaba sendo a pesquisa. Então, existe uma carga pesada para você fazer pesquisa, você publicar, orientar. Isso toma um tempo enorme, escrever projetos e tal.*

Conforme as evidências apresentadas, essa norma interfere, diretamente, na maneira como os docentes dedicam seu tempo para as atividades de ensino. Nós a compreendemos em um viés negativo, pois para que o docente possa desenvolver práticas de ensino inovadoras faz-se necessário uma dedicação maior (HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY, 2007, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; SMITH, 2012). Essa norma pode ter influenciado a maneira como os professores fizeram uso do EsM. Conforme nossa descrição, muitos deles não utilizaram as informações coletadas nas pré-aulas para planejar suas aulas expositivas.

Henderson e Dancy (2007) estabeleceram que as condições situacionais em que os docentes estão inseridos também influenciam a maneira como o docente se engaja na adoção, ou não, de inovações didáticas. Compreendemos que essas condições podem ser inseridas no conceito de norma social, pois afetam diretamente nos padrões de comportamento esperados pelos indivíduos de um grupo social.

Entre os fatores que contribuíram para a adoção das inovações, os docentes ressaltaram o papel dos PEDs para a manutenção das pré-aulas, a receptividade do coordenador do curso durante as modificações feitas na disciplina de Física I e os esforços para tornar o uso do Moodle mais eficaz para os docentes. As falas a seguir evidenciam que os docentes percebem que as condições situacionais que estavam inseridos favoreceram suas práticas inovadoras.

Professor A: *Sim, com certeza! Desde o coordenador, ao me dar carta branca para poder fazer isso. Passaram pela própria infraestrutura, que pode ter sido muito complexa; a logística dos clickers ainda é muito complicada. A do Moodle foi muito complicada, hoje em dia não é mais. Acho que isso também foi um suporte. Demandou esforços da Pró-Reitoria contratar um programador para integrar esses sistemas, fazer o sistema do Moodle da computação, conversar com o sistema de registro acadêmico. E não foi um problema trivial. Hoje está disponível para todo professor da universidade.*

Professor B: *Também não tivemos problemas institucionais. Sempre tivemos o apoio. O Professor A foi para a coordenação de graduação depois de já estar envolvido nisso. Eu acho que ele foi para lá justamente porque ele se envolveu com esse tipo de questão. Então também não*

teve nenhum tipo de resistência institucional. A única dificuldade mesmo é a mão de obra para implementar.

Professora A: *Por exemplo, para Física IV, eu jamais conseguiria implementar todo esse banco se eu não tivesse a figura de um PED, um aluno de mestrado nesse caso. O meu PED, nesse momento, está colocando as questões numéricas no Moodle. Então, isso é um apoio institucional que se eu não tivesse, eu teria que fazer. E eu não sei se conseguiria fazer tudo isso. Porque eu tenho pesquisas rolando, tenho a coordenação do curso, tenho os PEDs que tem que ser coordenados, tenho que preparar as aulas e a logística envolvida.*

Dentro do grupo social, existem indivíduos que possuem uma grande capacidade em convencer seus pares a adotarem inovações, chamados de *Líderes de Opinião* (ROGERS, 2003). Identificamos o Professor A nessa classificação, pois ele desempenhou um papel fundamental na difusão das inovações descritas. Após perceber a necessidade de modificar sua prática, e ter se engajado na busca de métodos alternativos para as suas aulas, bem como ter realizado a implementação de uma variação da ABP, ele passou a compartilhar com seus pares suas experiências e conhecimento sobre as inovações. Ao convencer seus colegas que a disciplina de Física I deveria ser modificada e ter dado suporte para a implementação das inovações, ele desenvolveu um elevado status de liderança de opinião dentro do seu grupo social.

Em nossa análise, percebemos que em três momentos decisões acerca da adoção de inovações foram tomadas. A primeira delas foi a decisão *individual* do Professor A em modificar sua prática durante a disciplina eletiva. Já a decisão de reestruturar a disciplina de Física I foi tomada *coletivamente*, conforme já descrito. Por fim, identificamos que a partir da implementação do EsM em 2013, o método se tornou uma prática estabelecida, sendo incorporada institucionalmente. Deste modo, compreendemos essa decisão como *autoritária* para os docentes que ministraram a disciplina a partir de 2014.

As consequências da adoção de inovações também podem ser compreendidas dentro do grupo social. Para o grupo social definido anteriormente, compreendemos que a adoção das inovações proporcionou uma modificação na prática comum dos docentes, conforme já comentado. Apesar de não termos observado as aulas de todos os docentes entrevistados, identificamos que alguns deles foram responsáveis pela reestruturação das disciplinas de Física Básica subsequentes à Física I (e.g. a Professora A foi responsável por implementar o EsM na disciplina de Física IV).

Diferentemente do Estudo II, onde tivemos acesso direto ao desempenho dos estudantes em termos da aprendizagem dos conteúdos e de suas atitudes em relação às inovações adotadas, nesse estudo não foi possível coletar tais informações. No entanto, alguns dos docentes

comentaram que o desempenho e a participação dos estudantes melhoraram com a inclusão dos métodos. Nesse caso, classificamos essa consequência como *desejável, prevista e direta*.

Professor A: *Nós temos depoimentos de alunos que durante a avaliação comentaram que já haviam repetido Física I por duas, três vezes e naquele semestre conseguiu ser aprovado aprendendo [...]. Nós conseguimos gerar dados interessantes. Porque eu peguei o perfil de turmas passadas que tinha um histórico de reprovações, e consegui reduzir o número de reprovações nessas turmas.*

Professor B: *Se você vai no detalhe acho que existe sim uma mudança na série histórica de aprovações.*

Professor C: *O que me leva a manter essa coisa do jeito que eu faço é a resposta dos alunos. Então, nas minhas aulas, os alunos normalmente participam. Eles fazem muitas perguntas. Tem aula que eu não consigo terminar a tempo, a gente fica lá, meia hora depois, e eu estou conversando com eles.*

Entretanto, conforme já descrito, com o passar do tempo, os estudantes desenvolveram uma cultura de apenas copiar as respostas das questões das pré-aulas. Muitos deles passaram a encarar as pré-aulas como uma atividade burocrática, ao invés de percebê-las como um momento importante para sua própria aprendizagem. Essa consequência pode ser categorizada como *indesejável, imprevista e direta*.

7.5.5 Estrutura do processo de difusão de inovações

O processo de difusão descrito e analisado anteriormente pode ser classificado como *descentralizado*, pelas razões que passamos a apresentar. Primeiramente, não percebemos a ação de nenhum agente de mudança na adoção e difusão das inovações. O papel central foi desempenhado pelo Professor A, que pode ser considerado como um *inovador local*.

A maneira como as inovações didáticas foram incorporadas no contexto investigado foi influenciada diretamente pela percepção do Professor A de um problema local que precisava ser resolvido. Ao se engajar no processo de adoção de alguns métodos de ensino, ele passou a difundir suas experiências, influenciando seus pares a também modificarem suas práticas. Se estabeleceu, então, uma rede de comunicação interpessoal e horizontal. As principais decisões foram tomadas de maneira coletiva e/ou individual, o que também caracteriza um sistema flexível e descentralizado. Na Figura 21 apresentamos um esquema que sintetiza nossa análise.

Segundo Rogers, sistemas descentralizados de difusão de inovações são mais eficientes para resolver os problemas específicos de cada usuário. Nesse caso, se espera um certo grau de adaptação das inovações de acordo com cada implementação feita.

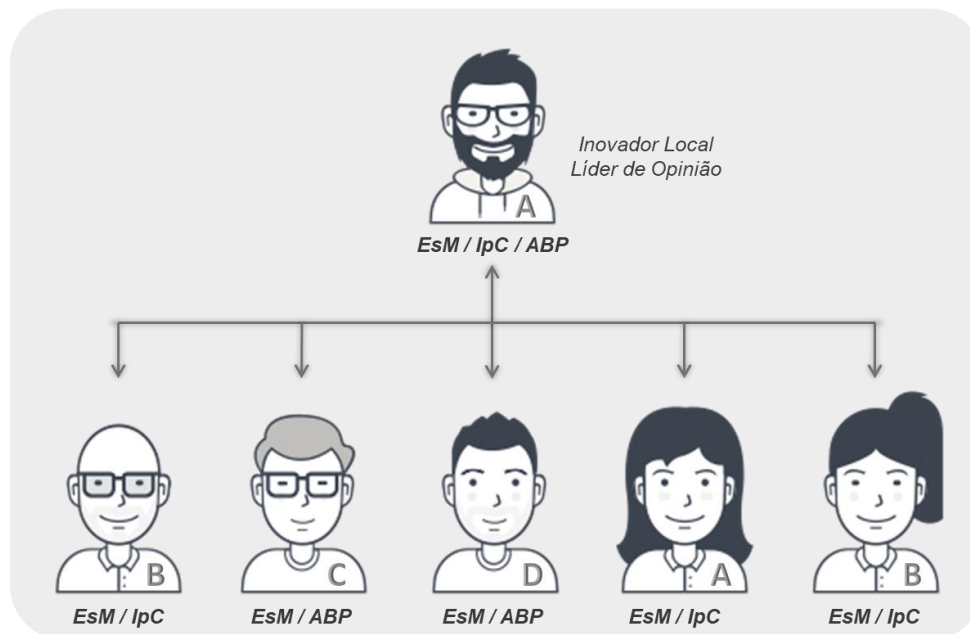


Figura 21 – Esquema do sistema de difusão do Estudo III. Adaptado de Rogers (2003).

7.5.6 Considerações sobre as proposições teóricas estabelecidas para o Estudo III

A análise dos dados demonstra que os docentes realizaram modificações nas estruturas originais dos métodos. Temos indícios que tais modificações foram feitas de acordo com suas necessidades, expectativas e contexto específico. A difusão dos métodos ocorreu, principalmente, por meio de conversas entre os docentes, caracterizando uma rede de comunicação interpessoal. A decisão de modificar a disciplina de Física I foi coletiva, sendo amparada por um ambiente institucional que favoreceu a modificação da prática desses docentes. No entanto, o fato de os docentes estarem em uma instituição que privilegia a pesquisa frente ao ensino, alguns docentes não utilizaram todos os potenciais do método EsM. Posto isso, a primeira proposição teórica foi parcialmente corroborada pelo nosso estudo.

O processo de difusão de inovações investigado nesse estudo foi compreendido dentro de um modelo descentralizado, onde as normas sociais favoreceram parcialmente a adoção das inovações. Além disso, temos alguns indícios que os docentes continuam, até o momento em que o estudo ocorreu, a adotar elementos das inovações, o que nos leva a acreditar que elas se apresentaram como vantajosas em relação à prática anterior. A melhora no desempenho e na postura dos estudantes podem ser consideradas consequências desejáveis da adoção das inovações descritas.

Por outro lado, a adoção do EsM foi descontinuada devido à cultura desenvolvida pelos estudantes de copiarem as respostas das pré-aulas. Compreendemos que o fato de as pré-aulas serem avaliadas pelo grau de correção pode estar relacionado com a postura dos estudantes. Outro fato que pode ter reforçado esse comportamento relaciona-se com as experiências anteriores destes estudantes. Muitos deles tiveram apenas experiências de ensino tradicionais,

onde o professor apresenta o conteúdo e os estudantes então resolvem exercícios. Nesse contexto, é previsível que ao serem avaliados pelo grau de correção sem ter tido uma exposição inicial do conteúdo, alguns recorram à estratégia de copiar as respostas de seus pares. Uma vez que o escore obtido nas pré-aulas era parte integrante do cálculo da média final dos estudantes, possivelmente alguns estudantes possam ter optado por copiar as respostas por se sentirem prejudicados aos serem avaliados sem terem tido uma exposição por parte do professor acerca do conteúdo.

Por fim, as dificuldades enfrentadas pelos docentes não se configuraram como barreiras, haja vista que cada docente modificou as estruturas dos métodos para contornar tais obstáculos. Deste modo, a segunda proposição teórica do nosso estudo também foi parcialmente corroborada.

8. Uma síntese dos estudos empíricos conduzidos

A temática central desta tese é o processo de adoção e difusão de inovações didáticas em disciplinas de Física Geral. Ao longo dos três estudos empíricos realizados, foi possível obter informações valiosas quanto à mudança da prática docente, do impacto da adoção de inovações didáticas em termos da aprendizagem e das crenças e atitudes dos estudantes, bem como da dinâmica de difusão das inovações em um grupo de docentes.

Juntos, os achados empíricos, além de comporem respostas às questões norteadoras de pesquisa, nos permitiram ter uma visão mais holística do processo de difusão de inovações, mais especificadamente sobre os modelos de difusão ocorridos e seus respectivos impactos. Posto isso, na próxima seção (seção 8.1) retomamos as questões norteadoras de pesquisa, apresentando tentativas de respostas, e, na sequência, delineamos uma análise dos modelos de difusão adotados nos estudos (seção 8.2), que culmina na proposta desta tese de um modelo mais adequado para difusão de inovações didáticas, denominado de “Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas”.

8.1 Respostas às questões norteadoras de pesquisa

Buscando compreender as razões que a abordagem tradicional ainda é a prática comum de docentes de Física em nível universitário, estabelecemos quatro questões norteadoras de pesquisa que, alinhadas com a literatura da área de pesquisa de difusão de inovações didáticas (CUMMINGS et al., 2008; HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY, 2007; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012; HENDERSON; MESTRE; SLAKEY, 2015), buscam identificar, no contexto de universidades públicas brasileiras, barreiras para a adoção e difusão de práticas inovadoras de ensino, como que as práticas inovadoras se mantêm ao longo do tempo e alguns dos impactos dessas práticas na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes. Passamos a expô-las a seguir.

8.1.1 Quais as principais barreiras/dificuldades para a implementação e difusão de métodos de ensino inovadores em disciplinas de Física Geral?

Nos Estudos I e II, não encontramos situações que se configuraram como barreiras para a adoção dos métodos IpC e EsM. Ana, ao modificar sua prática (Estudo I), teve o apoio do pesquisador durante todo o processo de implementação, o que, em nossa perspectiva, foi fundamental para os resultados encontrados. No entanto, destacamos que algumas dificuldades foram apontadas pela docente nos dois estudos: necessidade de gastar mais tempo na preparação das aulas (devido às dúvidas dos estudantes eliciadas pelas Tarefas de Leitura); impressão que os alunos têm de não precisarem assistir às aulas presenciais após a execução das Tarefas de Leitura; localização de questões conceituais que suscitem a discussão entre os colegas;

necessidade de motivar os estudantes a dialogar com os colegas; necessidade de cumprir o currículo, que diminuiu o tempo de discussão entre os estudantes durante as aulas.

Os docentes envolvidos no Estudo III apontaram algumas dificuldades ao implementar o método IpC. As dificuldades elencadas centram-se na logística institucional estabelecida para o uso dos clickers e na disposição das classes na sala de aula que dificultava os estudantes cumprirem a etapa de votação individual. Não identificamos situações que tenham se configurado como barreiras/dificuldades para a adoção do EsM. Destacamos que a criação do banco de dados de questões do Moodle, bem como sua manutenção ao longo dos semestres, ocorreu com o suporte dos estudantes PED, o que minimizou o trabalho dos docentes, facilitando, dessa forma, a sua adoção. Contudo, apenas um docente explorou a potencialidade do EsM, qual seja planejar suas aulas de acordo com as dificuldades dos alunos. A norma social estabelecida de priorizar a pesquisa em detrimento às atividades de ensino pode ter contribuído para tal fato.

8.1.2 Como professores que enfrentaram tais dificuldades, ainda sim, conseguiram modificar sua prática?

Entendemos que, de maneira geral, os docentes envolvidos em nossos estudos empíricos que se depararam com dificuldades, realizaram algum tipo de modificação na estrutura original dos métodos de ensino. Essas modificações foram balizadas, principalmente, por suas práticas anteriores, seu contexto local e suas crenças e atitudes acerca do ensino e aprendizagem.

Ana, durante o Estudo I, modificou sua prática instrucional ao adotar o IpC e o EsM. Apesar das dificuldades enfrentadas, ela manteve sua prática inovadora, principalmente por entender que tais métodos proporcionam aos estudantes a oportunidade de se engajarem cognitivamente no processo de aprendizagem. Em outras palavras, os métodos estão de acordo com suas crenças em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

No Estudo III, identificamos que as professoras A e B, ao enfrentarem a dificuldade de logística com os *clickers*, adaptaram o método IpC. Essa adaptação incluiu a eliminação da etapa de discussão entre os estudantes, ou seja, suprimiram um ponto essencial do método, e a utilização de exercícios em detrimento de questões conceituais. Em suas aulas, as questões eram apresentadas aos estudantes e se estabelecia, então, uma discussão entre os estudantes e as docentes. O Professor A suprimiu a primeira etapa de votação, na qual os estudantes pensam individualmente, e o Professor B fez o uso canônico do IpC. Devido à necessidade de cobrir o conteúdo, os professores C e D incluíram elementos do método ABP em suas aulas, favorecendo a resolução de problemas por parte dos estudantes.

8.1.3 Como professores que modificaram suas práticas conseguiram mantê-las ao longo do tempo?

No Estudo II, investigamos a continuidade da prática de Ana. Entendemos que a prática desses métodos foi mantida, principalmente, pelas modificações feitas nos métodos IpC e EsM. A

necessidade de cobrir o conteúdo da disciplina foi um fator determinante para as adaptações feitas nos tipos de questões utilizadas durante o IpC e o EsM. Ainda em relação ao EsM, algumas Tarefas de Leitura foram executadas pelos estudantes após a aula presencial. Ana adotou essa estratégia quando alguns tópicos da disciplina não eram abordados em sala de aula, mas apresentavam significativa relevância para a aprendizagem dos estudantes. Em contraste aos resultados encontrados no Estudo III, Ana incorporou o IpC e o EsM de maneira mais próxima à preconizada pelos especialistas.

No Estudo III, identificamos que, até o segundo semestre de 2016, os docentes mantiveram apenas alguns elementos dos métodos IpC, EsM e ABP. Contudo, assinalamos que a adoção feita pelos docentes do método EsM, ao longo do tempo, passou a enfrentar uma dificuldade que estimulou sua descontinuidade, a saber a falta de comprometimento dos estudantes com as pré-aulas, que passaram a criar um banco *on-line* para compartilhamento das respostas das questões disponibilizadas por meio do ambiente virtual de aprendizagem *Moodle*. Essa postura dos estudantes está relacionada ao fato de que as pré-aulas eram avaliadas por estarem certas ou erradas, e não pelo engajamento do aluno ao fazê-las. Preocupados apenas com a nota obtida, e não com sua aprendizagem, os estudantes passaram a copiar as respostas das questões de outros colegas.

8.1.4 Como tais modificações impactam na aprendizagem dos conteúdos de Física abordados, crenças e atitudes dos estudantes sobre os métodos adotados?

No Estudo II, avaliamos os impactos da prática inovadora de Ana. Entre os impactos positivos destacamos o desempenho dos estudantes no teste padronizado BEMA, o engajamento na execução das Tarefas de Leitura e o desenvolvimento de atitudes positivas em relação ao método IpC. Por outro lado, os impactos negativos incluíram o baixo rendimento dos estudantes na disciplina e a atitude pouco positiva em relação ao EsM, especialmente em relação ao número excessivo de Tarefas de Leitura ao longo do semestre.

Apesar de não termos realizado uma investigação aprofundada dos impactos das inovações implementadas pelos docentes do Estudo III, por meio das entrevistas pudemos ter contato com alguns indícios dos resultados obtidos da adoção dos métodos ativos de ensino. Segundo os relatos dos docentes, o desempenho e o engajamento dos estudantes na disciplina de Física I teve uma considerável melhora após a implementação dos métodos ABP, IpC e EsM.

Os resultados encontrados estão de acordo com grande parte dos achados descritos na revisão da literatura apresentada no segundo capítulo desta tese.

8.2 Análise dos modelos de difusão de inovações e caminhos para a construção de um “Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas”

Conforme já discutido, os dois primeiros estudos empíricos realizados nesta tese tiveram como foco principal o processo de mudança da prática docente de uma professora de Física

universitária, bem como a continuidade de sua prática inovadora e os respectivos impactos na aprendizagem e nas crenças e atitudes dos estudantes. Não objetivamos, inicialmente, traçar uma análise do processo de difusão de inovações didáticas estabelecido no Estudo I. Contudo, após a análise do Estudo III, consideramos produtivo retomar os achados dos Estudos I e analisá-los em termos do modelo de difusão adotado.

De maneira sintetizada, compreendemos que a estrutura do processo de difusão de inovações no Estudo I se deu de forma centralizada. A mudança da prática instrucional de Ana, por meio da adoção dos métodos IpC e EsM em seus formatos originais, foi eliciada e acompanhada pelo pesquisador. À luz da TDI, compreendemos que, por ter uma ligação com a área de pesquisa e desenvolvimento de inovações, o pesquisador desempenhou o papel de agente de mudança. Além disso, segundo Rogers (2003), por terem um compromisso com suas áreas de pesquisa, os agentes de mudança, usualmente, disponibilizam as inovações na sua forma original, limitando o uso de adaptações.

Destacamos que, durante o Estudo II, identificamos que tais métodos foram incorporados à prática de Ana sofrendo adaptações. O processo de concepção dessas adaptações não foi acompanhado pelo pesquisador (agente de mudança). Contudo, podemos perceber que Ana manteve as características principais dos métodos IpC e EsM. Suas modificações foram mais pontuais em contraste às descritas no Estudo III.

Como limitação desse modelo, identificamos que até a execução do Estudo II, não tivemos relatos de outros docentes que passaram a adotar os métodos IpC e EsM. Ou seja, dentro do contexto analisado, a mudança da prática instrucional foi pontual, limitando-se à Ana, o que, de certo modo, aponta que a presença de um docente que adotou novas práticas de ensino não garante que outros professores passem a adotar as mesmas práticas. Há, deste modo, uma dependência da ação do agente da mudança para que outros docentes passem a adotar inovações didáticas.

Conforme análise apresentada na seção 7.5.5, a estrutura estabelecida no processo de difusão de inovações no Estudo III se deu de forma horizontal. Compreendemos que o Professor A desempenhou um papel de inovador local que, ao modificar sua prática com a adoção de elementos dos chamados métodos ativos de ensino, passou a difundir suas ideias dentro de seu grupo social.

Diferentemente de um agente de mudança, o Professor A não tinha compromisso em adotar os métodos de forma literal como prescrita pelos especialistas. Desde sua primeira implementação do método ABP, por exemplo, ele realizou modificações na sua estrutura. Essas modificações foram balizadas pelo seu contexto local e pelas suas crenças e atitudes em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

Identificamos que, a exceção da primeira implementação feita pelo Professor B do IpC, todos os outros docentes realizaram algum tipo de modificação no método adotado. Entre as

adaptações identificadas, a maneira como foi adotado EsM se destacou, especialmente pelos resultados pouco favoráveis obtidos a longo prazo, qual seja, a sua descontinuidade de sua adoção na disciplina de Física Geral I. A presença de um agente de mudança, com expertise acerca do EsM, poderia ter alertado para o fato de que é preferível que os estudantes sejam avaliados pelo seu engajamento em realizar as atividades prévias e não pelo seu grau de correção. Ademais, os docentes poderiam ter sido incentivados em utilizar as informações obtidas nas atividades prévias para planejar suas aulas, ponto fundamental oportunizado pelo EsM. Em contrapartida, a ação do inovador local foi eficiente na difusão das inovações para os membros do grupo social, em comparação ao Estudo I.

Diante da análise anterior, propor um novo modelo que combine elementos dos previstos por Rogers (ibid.) parece ser um caminho promissor, especialmente frente à dinamicidade do processo de adoção e difusão de inovações didática (SMITH, 2012). Além dos achados empíricos desta tese, outros estudos apontam que os docentes não desempenham um papel passivo durante a implementação de métodos inovadores de ensino (HENDERSON, 2005; HENDERSON; BEACH; FINKELSTEIN, 2011; HENDERSON; DANCY, 2007, 2008; PUNDAK; ROZNER, 2008).

Nesta tese, entendemos que os achados empíricos direcionam nossa atenção para a criação de um *Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas*. Na sequência apresentamos um esboço deste modelo. Inicialmente, acreditamos que o termo *dialógico* é apropriado, uma vez que a mudança nas relações entre o agente de mudança e os inovadores locais envolve uma troca de saberes. É nessa troca de saberes que a prática inovadora a ser adotada irá se estabelecer.

Por um lado, o inovador local possui os saberes referentes à sua prática instrucional, seu contexto local, bem como suas crenças. Além disso, tem uma relação de destaque com seus pares, sendo reconhecido por sua característica inovadora. Já o agente da mudança possui o saber especializado, fruto de sua relação com a área de pesquisa e desenvolvimento de novas práticas de ensino. Possui, também, expertise com diferentes métodos de ensino, bem como com os resultados usualmente encontrados quando tais métodos são adotados. Apesar de utilizarmos os termos “agente de mudança” e “inovador local” da TDI (ibid.), ao trazermos o aspecto dialógico na relação entre esses sujeitos, descaracterizamos a divisão de papéis que o modelo clássico de inovações sustenta ao atribuir aos especialistas as funções intelectuais de produção de inovações e aos docentes designados a correspondente aplicação (CONTRERAS, 2012).

Destacamos, também, que essa relação dialógica torna o agente da mudança e o inovador local homofílicos. No modelo centralizado de difusão de inovações, previsto pela TDI, esses indivíduos são diferentes (heterofílicos), pelo menos, em termos do nível de conhecimento acerca de inovações. Ao compreendermos que a prática inovadora se estabelece por meio de uma troca de saberes, ambos são detentores de saberes, ainda que sob aspectos distintos, igualmente relevantes para a adoção e continuidade do uso da inovação.

Em termos dos canais de comunicação, a difusão entre os indivíduos se dá, exclusivamente, por meio de canais interpessoais. Segundo Rogers (2003), esse meio de comunicação é mais eficiente na difusão de inovações, devendo priorizá-lo aos canais de comunicação em massa. Uma vez estabelecida a prática inovadora, de acordo com as necessidades locais e as normas sociais estabelecidas, o inovador local e o agente da mudança passam a difundi-la entre os membros do grupo social por meio dos canais de comunicação interpessoais (palestras, conversas informais, *workshops*, etc.). Entendemos que, dessa forma, a prática inovadora construída estará mais próxima dos docentes que a preconizada pelos especialistas, favorecendo o processo de mudança da prática instrucional.

Consequentemente, a inovação adotada passa a ter uma característica local; ela é uma transposição de um conjunto de saberes para um contexto específico. Essa característica faz com que a difusão para outros locais ocorra por meio de variações que, por sua vez, estão de acordo com os saberes locais, as normas sociais e os problemas específicos. Nesse sentido, os relatos de experiência são fundamentais para que outros inovadores locais, em conjunto com os agentes de mudança, passem a modificar as práticas instrucionais em seus contextos sociais.

Em síntese, entendemos que um *Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas* se apresenta como uma alternativa mais promissora para estruturar o processo de difusão de inovações didáticas. Ademais, oferece orientações para a construção de estratégias mais eficientes para a difusão de inovações, respeitando as características específicas dos envolvidos no processo, bem como seu contexto. Defendemos que uma inovação que é construída por meio de troca de saberes, para um contexto específico, tem mais chance de ser efetivamente adotada e sua prática continuada.

9. Considerações Finais

Compreender as razões pelas quais os chamados métodos ativos de aprendizagem ainda são pouco utilizados no contexto universitário brasileiro foi o objetivo que norteou a construção desta tese. Ao tomarmos contato com uma série de trabalhos desenvolvidos por Henderson e colaboradores (DANCY; HENDERSON, 2010; HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY, 2007, 2008; HENDERSON; DANCY; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, 2012), identificamos que essa problemática também está presente no contexto universitário americano. De maneira geral, existe uma distância muito grande entre o que é preconizado pela área de pesquisa e ensino de Ciências (e Física) e a prática docente (HENDERSON; DANCY, 2008). A adoção e a difusão de inovações didáticas foram, portanto, os fenômenos de interesse investigados em nossas pesquisas. Cientes de que são os docentes os responsáveis por incorporar às suas práticas instrucionais tais métodos de ensino, e que os resultados em termos da aprendizagem e das crenças e atitudes dos estudantes são fatores relevantes para a continuidade da prática inovadora, realizamos três estudos empíricos com docentes e discentes de duas universidades públicas brasileiras.

O Estudo I teve por objetivo analisar o processo de mudança da prática instrucional de uma professora de Física, identificada como Ana, que adotou os métodos de ensino EsM e IpC durante uma sequência de três aulas sobre o tópico de Lei de Faraday, em uma disciplina de Física Geral de uma universidade pública do estado do Rio Grande do Sul. Amparados no modelo de adoção de inovações, presente na TDI (ROGERS, 2003), identificamos alguns elementos que contribuíram para a mudança ocorrer de maneira bem sucedida (após as três aulas, Ana continuou utilizando os métodos EsM e IpC), a saber: i) Ana possuía um perfil inovador, caracterizado por sua receptividade a novos métodos de ensino; ii) experiência anterior de Ana, ao longo de seu doutorado, com uma variação do IpC; e iii) a maneira como foi proposta a mudança, com o auxílio do pesquisador (que desempenhou o papel de agente da mudança), contribuiu para Ana diminuir suas incertezas acerca do funcionamento dos métodos (redução da complexidade), desenvolvendo atitudes positivas em relação aos mesmos (percepção de uma vantagem relativa em relação à prática anterior e de um elevado grau de compatibilidade com suas crenças acerca do processo de ensino e aprendizagem).

Passados quatro semestres da execução do Estudo I, novamente amparados pela TDI (ROGERS, 2003), buscamos avaliar a continuidade da prática inovadora de Ana, bem como os impactos desta na aprendizagem e das crenças e atitudes dos estudantes. O Estudo II foi conduzido na mesma instituição que o estudo anterior, em uma disciplina de Física Geral ofertada para os cursos de Matemática, Química e Engenharias. Em síntese, obtivemos os seguintes resultados: i) a continuidade da prática dos métodos IpC e EsM se deu por meio de modificações, incluindo alterações nos tipos de Testes Conceituais utilizados, limitação da etapa de discussão entre os colegas e execução de Tarefas de Leitura de resolução de problemas após as aulas

expositivas; ii) em termos dos impactos na aprendizagem dos estudantes, destacam-se o aumento estatisticamente significativo no escore obtido no teste BEMA, o engajamento positivo dos estudantes na execução das Tarefas de Leitura e na disciplina, o baixo desempenho dos estudantes nas provas e na disciplina e o baixo nível no ganho normalizado no teste BEMA; iii) os estudantes desenvolveram crenças e atitudes positivas referentes ao IpC; iv) os estudantes apresentaram crenças e atitudes pouco positivas em relação ao EsM, especialmente devido ao elevado número de Tarefas de Leitura que estes foram submetidos ao longo do semestre; v) os resultados pouco positivos encontrados por Ana não foram decisivos para que os métodos IpC e EsM fossem modificados, ou tivessem sua adoção descontinuada; e vi) as crenças e atitudes de Ana em relação aos métodos não se alteraram e, por conseguinte, sustentaram a continuidade de sua prática.

Os Estudos I e II, apesar de terem nos dado uma compreensão aprofundada do processo de adoção de dois métodos ativos de ensino, não abarcaram a análise do fenômeno de difusão de inovações didáticas. Posto isto, conduzimos um terceiro estudo empírico, em um contexto diferente dos estudos anteriores, buscando analisar o processo de adoção e difusão de métodos ativos de ensino em disciplinas de Física Geral universitária. Nessa investigação, também buscamos analisar os impactos da adoção dos métodos ativos de ensino em termos da aprendizagem e das crenças e atitudes dos estudantes. O Estudo III ocorreu em uma universidade pública do estado de São Paulo, que já havia realizado modificações nos métodos de ensino de uma disciplina introdutória de Física (Física I). Mais uma vez, a TDI (*ibid.*) foi utilizada para analisarmos os resultados encontrados, que passamos a sintetizar: i) os docentes investigados fizeram uso de variações dos métodos ABP, IpC e EsM; ii) as modificações nos métodos foram feitas de acordo com as necessidades específicas dos docentes, pelos contextos de ensino em que se encontravam e pelas suas crenças e experiências anteriores; iii) o processo de tomada de decisão de modificar a estrutura da disciplina de Física I, por meio da adoção de uma variação do EsM, foi coletivo, tornando o método uma prática estabelecida após a primeira experiência de seu uso; iv) a adoção dos métodos foi, segundo os docentes, responsável por uma melhora no engajamento e na aprendizagem dos estudantes; v) um resultado negativo apontado pelos docentes foi a cultura que os estudantes desenvolveram em copiar as respostas das pré-aulas (EsM), resultado esse atrelado ao fato de que tais atividades eram avaliadas por estarem corretas, e não pelo engajamento dos estudantes; vi) a prática instrucional dos docentes se modificou após a disciplina de Física I, na qual elementos dos métodos ativos foram incorporados; vii) a difusão das inovações didáticas se deu por meio de uma estrutura descentralizada, onde o Professor A pode ser compreendido como um inovador local que difundiu os métodos ativos entre os docentes investigados; viii) o modelo de difusão averiguado foi eficiente, pois a taxa de adoção dos métodos ativos, ou variações deles, foi elevada; e ix) a presença de um especialista (agente da mudança) poderia ter evitado a descontinuidade da prática do EsM.

Os resultados encontrados nos estudos conduzidos, além de contribuírem para a compreensão dos fatores que permeiam o processo de adoção e difusão de inovações didáticas no contexto de duas universidades públicas brasileiras, nos proporcionaram uma visão mais crítica quanto aos modelos de difusão estabelecidos pela TDI (ROGERS, 2003). Ao contrastarmos as estruturas de difusão identificadas no Estudo I e III, entendemos que, frente à dinamicidade deste processo, um modelo mais flexível poderia alcançar resultados melhores. Nesse sentido, propomos, ao final desta tese, caminhos para a construção de um *Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas*. Entendemos que a prática inovadora, ao ser construída por meio de uma troca de saberes entre o especialista (agente da mudança) e o inovador local, estará mais próxima dos docentes que a preconizada exclusivamente pelos especialistas, favorecendo, assim, o processo de mudança da prática instrucional.

Como perspectivas futuras de trabalho, compreendemos que a efetiva construção do *Modelo Dialógico de Difusão de Inovações Didáticas* carece de um aprofundamento teórico, especialmente no que tange aos modelos de formação docente (CONTRERAS, 2012) e aos saberes docentes e a respectiva relação com a sua prática (TARDIF, 2010). Além disso, após a sua construção, temos como expectativa investigá-lo em outras universidades públicas brasileiras, a fim de buscar evidências empíricas de que sua estrutura é, de fato, eficiente na adoção e difusão de práticas inovadoras de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W. K. et al. New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 2, n. 1, p. 10101, 10 jan. 2006.

ALBANESE, M. A.; MITCHELL, S. Problem-based Learning: A Review of Literature on Its Outcomes and Implementation Issues. **Academic Medicine**, v. 68, n. 1, p. 52–81, 1993.

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**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 17 abr. 2013.

ARNESEN, K. et al. Experiences with use of various pedagogical methods utilizing a student response system - Motivation and learning outcome. **Electronic Journal of e-Learning**, v. 11, n. 3, p. 169–181, 2013.

ARTEAGA, I. L.; VINKEN, E. Example of good practice of a learning environment with a classroom response system in a mechanical engineering bachelor course. **European Journal of Engineering Education**, v. 38, n. 6, p. 652–660, dez. 2013.

BANDURA, A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological Review**, v. 84, n. 2, p. 191–215, 1977.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem based-learning: An approach to medical education**. [s.l.: s.n.]. v. 1

BEACH, A. L.; HENDERSON, C.; FINKELSTEIN, N. Facilitating Change in Undergraduate STEM Education. **Change: The Magazine of Higher Learning**, v. 44, n. 6, p. 52–59, 2012.

BEICHNER, R. J. et al. The Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP). In: **Research-Based Reform of University Physics**. [s.l.: s.n.].

BELLONI, M.; CHRISTIAN, W. Physlets for quantum mechanics. **Computing in Science and Engineering**, 2003.

BERRETT, D. How “Flipping” the Classroom Can Improve the Traditional Lecture. **Education Digest: Essential Readings Condensed for Quick Review**, v. 31, p. A16-18, 2012.

BIREAUD, A. Pédagogie et méthodes pédagogiques dans l’enseignement supérieur. **Revue française de pédagogie**, v. 91, n. 1, p. 13–23, 1990.

BLOODGOOD, R. A. Active learning: A small group histology laboratory exercise in a whole class setting utilizing virtual slides and peer education. **Anatomical Sciences Education**, v. 5, p. 367–373, 2012.

BODEMER, B. B. They CAN and They SHOULD: Undergraduates Providing Peer Reference and Instruction. **College & Research Libraries. Mar2014**, v. 75, p. 162–178, 2014.

BROOKS, B. J.; KORETSKY, M. D. The Influence of Group Discussion on Students’ Responses and Confidence during Peer Instruction. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 11, p. 1477–1484, nov. 2011.

BROTMAN, J. S.; MOORE, F. M. Girls and science: A review of four themes in the science education literature. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 9, p. 971–1002, 2008.

BUSCH, H. C. Using Environmental Science as a Motivational Tool to Teach Physics to Non-science Majors. **The Physics Teacher**, v. 48, n. 2010, p. 578, 2010.

BUTCHART, S.; HANDFIELD, T.; RESTALL, G. Using Peer Instruction to Teach Philosophy, Logic, and Critical Thinking. **Teaching Philosophy**, v. 32, n. 1, p. 1–40, 2009.

CAHYADI, V. The effect of interactive engagement teaching on student understanding of introductory physics at the faculty of engineering, University of Surabaya, Indonesia. **Higher**

Education Research & Development, v. 23, n. December 2014, p. 455–464, 2004.

CAMPAGNOLO, R. et al. Uso da abordagem Peer Instruction como metodologia ativa de aprendizagem: um relato de experiência. **Signos**, n. 2, p. 79–87, 2014.

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. 20110, 23 set. 2015.

CHIEN, Y. T. et al. Examining the effects of displaying clicker voting results on high school students' voting behaviors, discussion processes, and learning outcomes. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 11, n. 5, p. 1089–1104, 2015.

CHOU, C.-Y.; LIN, P.-H. Promoting discussion in peer instruction: Discussion partner assignment and accountability scoring mechanisms. **British Journal of Educational Technology**, v. 46, n. 4, p. 839–847, 13 jul. 2015.

CLYDE, B. et al. A Chat With the Survey Monkey : Case Studies and the Flipped Classroom. v. 44, n. 1, p. 75–80, 2014.

CONTRERAS, J. **A Autonomia de Professores**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

CORTRIGHT, R. N.; COLLINS, H. L.; DICARLO, S. E. Peer instruction enhanced meaningful learning: ability to solve novel problems. **Advances in physiology education**, v. 29, n. 2, p. 107–11, jun. 2005.

COX, A. J.; JUNKIN, W. F. Enhanced student learning in the introductory physics laboratory. **Physics Education**, v. 37, n. 1, p. 37–44, 2002.

CROUCH, C. H. et al. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One , All At Once. **Physics**, v. 9, p. 1–55, 2007.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 9, p. 970, 2001.

CUMMINGS, K. et al. **A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students**. AIP Conference Proceedings. **Anais...AIP**, 2008Disponível em: <<http://link.aip.org/link/APCPCS/v1064/i1/p103/s1&Agg=doi>>. Acesso em: 14 fev. 2014

CUNHA, M. I.; ZANCHET, B. A. Sala de Aula Universitária e Inovações: Construindo Saberes Docentes. **Educação & Linguagem**, v. 10, n. 15, p. 229–249, 2007.

CUNHA, M. I. DA. Inovações pedagógicas na universidade. 1999.

CUNHA, M. I. DA. **Diferentes Olhares Sobre as Práticas Pedagógicas no Ensino Superior: a docência e sua formaçãoEducação**, 2006. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/faced/article/view/397>>

CUNHA, M. I. DA. Inovações pedagógicas: o desafio da reconfiguração de saberes na docência universitária. 2008.

DANCY, M. H. et al. **Why Do Faculty Try Research Based Instructional Strategies?** Physics Education Research Conference 2010. **Anais...2010**Disponível em: <<http://scitation.aip.org/content/aip/proceeding/aipcp/10.1063/1.3515175>>

DANCY, M. H.; HENDERSON, C. Pedagogical practices of physics faculty in the USA. **AIP Conference Proceedings**, v. 1179, p. 121–124, 2009.

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

DANCY, M.; HENDERSON, C. Pedagogical practices and instructional change of physics faculty. **American Journal of Physics**, v. 78, n. 10, p. 1056, 2010.

DE BARROS, A. et al. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de**

Ensino de Física, v. 26, n. 1, p. 63–69, 2004.

DING, L. et al. Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 2, n. 1, p. 1–7, 2006.

FAGEN, A. P.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. **The Physics Teacher**, v. 40, n. 4, p. 206, 2002.

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.

FORMICA, S. P.; EASLEY, J. L.; SPRAKER, M. C. Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 20106, 2010.

GHOSH, S.; RENNA, F. Using Electronic Response Systems in Economics Classes. **The Journal of Economic Education**, v. 40, n. 4, p. 354–365, 2009.

GIULIODORI, M. J.; LUJAN, H. L.; DICARLO, S. E. **Peer instruction enhanced student performance on qualitative problem-solving questions.** *Advances in physiology education*, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17108244>>

GOK, T. The effects of peer instruction on students' conceptual learning and motivation. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 13, n. 1, p. 1–17, 2012a.

GOK, T. The Impact of Peer Instruction on College Students' Beliefs about Physics and Conceptual Understanding of Electricity and Magnetism. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 10, n. 2, p. 417–436, 2012b.

GOK, T. A Comparison of Students' Performance, Skill and Confidence With Peer Instruction and Formal Education. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, p. 747–758, 2013.

GOK, T. AN INVESTIGATION OF STUDENTS' PERFORMANCE AFTER PEER INSTRUCTION WITH STEPWISE PROBLEM-SOLVING STRATEGIES. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 13, n. 3, p. 561–582, 24 jun. 2015.

GOLDE, M. F.; MCCREARY, C. L.; KOESKE, R. Peer Instruction in the General Chemistry Laboratory: Assessment of Student Learning. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 5, p. 804, maio 2006.

GRAY, B. K.; STEER, D. N. Personal Response Systems and Learning: It Is the Pedagogy That Matters, Not the Technology. **Journal of College Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 80–88, 2008.

HAKKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64–74, 1998a.

HAKKE, R. R. **Interactive-engagement methods in introductory mechanics courses** *Journal of Physics Education Research*, 1998b. Disponível em: <<http://www.physics.indiana.edu/~sdi/IEM-2b.pdf>>

HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. **American Journal of Physics**, v. 53, n. 11, p. 1043–1048, 1985.

HARTMANN, J. P.; TOKSVANG, L. N.; BERG, R. M. G. Collaborative teaching strategies lead to retention of skills in acid-base physiology: a 2-yr follow-up study. **Advances in Physiology Education**, v. 39, n. 2, p. 120–121, 1 jun. 2015.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Um referencial teórico-metodológico teórico 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, 2005.

HENDERSON, C. et al. **Facilitating Change in Undergraduate STEM: Initial Results from an Interdisciplinary Literature Review**. AIP Conference Proceedings. **Anais...AIP**, 2008Disponível em: <<http://scitation.aip.org/content/aip/proceeding/aipcp/10.1063/1.3021235>>

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, 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. 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. 20102, set. 2007.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Teaching, learning and physics education research: Views of mainstream physics professors. **AIP Conference Proceedings**, v. 790, p. 109–112, 2005.

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, 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. 20107, 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. 20104, jul. 2012.

HENDERSON, C.; FINKELSTEIN, N.; BEACH, A. Beyond dissemination in college science teaching: An introduction to four core change strategies. **Journal of College Science Teaching**, v. May/June, n. 5, p. 18–25, 2010.

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

HESTENES, D.; WELLS, M. A mechanics baseline test. **The Physics Teacher**, v. 30, n. 3, p. 159–166, mar. 1992.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. v. 30, n. March, p. 1–15, 1992.

HMELO-SILVER, C. E. **Problem-based learning: What and how do students learn?** **Educational Psychology Review**, 2004.

HOWARD, M. G.; COLLINS, H. L.; DICARLO, S. E. “Survivor” torches “Who Wants to Be a Physician?” in the educational games ratings war. **Advances in physiology education**, v. 26, n. March, p. 30–36, 2002.

HUNG, W.; JONASSEN, D. H.; LIU, R. Problem-Based Learning. **Handbook of Research on Educational Communications and Technology**, v. 3, p. 485–506, 2008.

IMMERWAHR, J. Engaging the “Thumb Generation” with Clickers. **Teaching Philosophy**, v. 32, n. September, p. 233–245, 2009.

JACQUES-FRICKE, BRIDGET T. HUBERT, A.; MILLER, S. A Versatile Module to Improve

Understanding of Scientific Literature through Peer Instruction. **Journal of College Science Teaching**, v. 39, p. 24–32, 2009.

JAMES, M. C. The effect of grading incentive on student discourse in Peer Instruction. **American Journal of Physics**, v. 74, n. 8, p. 689, 2006.

JAMES, M. C.; BARBIERI, F.; GARCIA, P. What Are They Talking About? Lessons Learned from a Study of Peer Instruction. **Astronomy Education Review**, v. 7, n. 1, p. 37–43, fev. 2008.

JAMES, M. C.; WILLOUGHBY, S. Listening to student conversations during clicker questions: What you have not heard might surprise you! **American Journal of Physics**, v. 79, n. 1, p. 123, 2011.

JONASSEN, D. H.; HUNG, W. All Problems are Not Equal: Implications for Problem-Based Learning. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 2, n. 2, p. 10–13, 2008.

JONES, M. E.; ANTONENKO, P. D.; GREENWOOD, C. M. The impact of collaborative and individualized student response system strategies on learner motivation, metacognition, and knowledge transfer. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 28, n. 5, p. 477–487, 4 out. 2012.

KALMAN, C. S.; MILNER-BOLOTIN, M.; ANTIMIROVA, T. Comparison of the effectiveness of collaborative groups and peer instruction in a large introductory physics course for science majors. **Canadian Journal of Physics**, v. 88, n. 5, p. 325–332, maio 2010.

KAPOOR, K. K. et al. **An analysis of existing publications to explore the use of the diffusion of innovations theory and innovation attributes**. 2011 World Congress on Information and Communication Technologies. **Anais...IEEE**, dez. 2011Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6141249>>

KEINER, L. E.; BURNS, T. E. Interactive Engagement: How Much Is Enough? **The Physics Teacher**, v. 48, p. 108, 2010.

KHATRI, R. et al. Learning About Educational Change Strategies: A Study of the Successful Propagation of Peer Instruction. **Proceedings of the 2014 Physics Education Research Conference**, p. 131–134, 2015.

KIM, C.; KELLER, J. M. Effects of motivational and volitional email messages (MVEM) with personal messages on undergraduate students? motivation, study habits and achievement. **British Journal of Educational Technology**, v. 0, n. 0, p. 070625111823001–???, 25 jun. 2007.

KOHLMYER, M. et al. Tale of two curricula: The performance of 2000 students in introductory electromagnetism. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 20105, out. 2009.

KORETSKY, M. D.; BROOKS, B. J. Comparison of Student Responses to Easy and Difficult Thermodynamics Conceptual Questions during Peer Instruction. **International Journal of Engineering Education**, v. 27, n. 4, p. 897–908, 2011.

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

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: From Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1066, 2008.

LEE, A. W. M. et al. Lecture rule no. 1: Cell phones ON, please! a low-cost personal response system for learning and teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 1, p. 388–389, 2013.

LEE, C. B.; GARCIA, S.; PORTER, L. Can peer instruction be effective in upper-division computer science courses? **ACM Transactions on Computing Education**, v. 13, n. 3, p. 1–22, 1 ago. 2013.

LENAERTS, J.; WIEME, W.; ZELE, E. VAN. Peer instruction: a case study for an introductory magnetism course. **European Journal of Physics**, v. 24, n. 1, p. 7–14, 1 jan. 2003.

LIBARKIN, J. C.; ANDERSON, S. W. Assessment of Learning in Entry-Level Geoscience Courses: Results from the Geoscience Concept Inventory. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, n. 4, p.

394–401, 2005.

LUCAS, A. Using Peer Instruction and I-Clickers to Enhance Student Participation in Calculus. **PRIMUS**, v. 19, n. 3, p. 219–231, 4 maio 2009.

LUCAS, A. R. Using WeBWorK, a Web- Based Homework Delivery and Grading System, to Help Prepare Students for Active Learning. **Primus**, v. 22, n. December 2014, p. 97–107, 2012.

LYMAN, F. T. The Responsive Classroom Discussion: The Inclusion of All Students. In: ANDERSON, A. S. (Ed.). . **Mainstreaming digest: a collection of faculty and student papers**. Maryland: College Park:University of Maryland Press, 1981. p. 109–113.

MALONEY, D. P. et al. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. **American Journal of Physics**, v. 69, n. S1, p. S12, 2001.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

MAZUR, E. Education. Farewell, lecture? **Science (New York, N.Y.)**, v. 323, n. 5910, p. 50–1, 2 jan. 2009.

MAZUR, E.; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: **Just in Time Teaching: Across the Disciplines, and Across the Academy**. Sterling: [s.n.]. p. 39–62.

MAZUR, E.; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). . **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy Just-In-Time Teaching**. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39–62.

MCDERMOTT, L. C. What we teach and what is learned-Closing the gap. **American Journal of Physics**, v. 59, n. 4, p. 301–315, 1991.

MEDEIROS, A. M. S. Docência no ensino superior: dilemas contemporâneos. **R. Faced. Salvador**, v. 12, p. 71–87, 2007.

MELTZER, D. E.; MANIVANNAN, K. Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture. **American Journal of Physics**, v. 70, n. 6, p. 639, 2002.

MICHAELSEN, L. K.; SWEET, M. Team-based learning. **New Directions for Teaching and Learning**, v. 2011, n. 128, p. 41–51, 2011.

MICHINOV, N.; MORICE, J.; FERRIÈRES, V. A step further in Peer Instruction: Using the Stepladder technique to improve learning. **Computers & Education**, v. 91, p. 1–13, dez. 2015.

MILLER, K. et al. Conceptual question response times in Peer Instruction classrooms. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, p. 1–6, 2014.

MILLER, K. et al. Response switching and self-efficacy in Peer Instruction classrooms. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 11, n. 1, p. 1–8, 2015.

MILLER, R. L.; SANTANA-VEGA, E.; TERRELL, M. S. Can Good Questions and Peer Discussion Improve Calculus Instruction? **PRIMUS**, v. 16, n. 3, p. 193–203, jan. 2006.

MILLER, T. K. Pre-Service Elementary Teachers' Perceptions of a Modified Peer Instruction Implementation of Clickers in Their Mathematics Content Course. **Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers**, v. 3, n. August, 2013.

MONTEROLA, C.; ROXAS, R. M. Characterizing the effect of seating arrangement on classroom learning using neural networks. **Complexity**, v. 14, n. 4, p. 26–33, 2009.

MORGAN, B. J. T.; WAKEFIELD, C. Who Benefits From Peer Conversation? Examining Correlations of Clicker Question Correctness and Course Performance. **Journal of Science Teacher Education**, v. 41, n. 5, p. 51–56, 2012.

MORICE, J. et al. Comparing the effectiveness of peer instruction to individual learning during a chromatography course. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 6, p. 722–733, 2015.

MÜLLER, M. G. *Metodologias Interativas de Ensino na Formação de Professores de Física: um*

estudo de caso com o Peer Instruction. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

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, p. 491–524, 8 out. 2012.

NICOL, D. J.; BOYLE, J. T. Peer Instruction versus Class-wide Discussion in Large Classes: A comparison of two interaction methods in the wired classroom. **Studies in Higher Education**, v. 28, n. 4, p. 457–473, out. 2003.

NITTA, H. Mathematical theory of peer-instruction dynamics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 20105, 3 ago. 2010.

NOVAK, G. M. **Just-in-time teaching : blending active learning with web technology**. [s.l.: s.n.].

NOVAK, G. M.; MIDDENDORF, J. **What works - A Pedagogy (Just-In-Time Teaching)**.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180, 2015.

OUKO, S.; AURAH, C.; AMADALO, M. Peer Instruction and Secondary School Students Achievement in Vectors. **Journal of Education and Practice**, v. 6, n. 27, p. 175–181, 2015.

PEREZ, K. E. et al. Does displaying the class results affect student discussion during peer instruction? **CBE life sciences education**, v. 9, n. 2, p. 133–40, jan. 2010.

PETERSEN, M. W. et al. Collaborative strategies for teaching common acid-base disorders to medical students. **AJP: Advances in Physiology Education**, v. 38, n. 1, p. 101–103, 2014.

PIKE, G. R. The California Critical Thinking Skills Test. **Assessment Update**, v. 9, n. 2, p. 10, 1997.

PILZER, S. Peer Instruction in Physics and Mathematics. **PRIMUS**, v. 11, n. 2, p. 185–192, jan. 2001.

PINTRICH, P. R. et al. Reliability and Predictive Validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (Mslq). **Educational and Psychological Measurement**, v. 53, n. 3, p. 801–813, 1993.

POLLOCK, S. Longitudinal study of student conceptual understanding in electricity and magnetism. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 20110, dez. 2009.

POLLOCK, S.; FINKELSTEIN, N. Sustaining educational reforms in introductory physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 4, n. 1, p. 10110, jun. 2008.

POLLOCK, S. J. Comparing student learning with multiple research-based conceptual surveys: CSEM and BEMA. **AIP Conference Proceedings**, v. 1064, p. 171–174, 2008.

PORTER, L. et al. **Peer Instruction: Do Students Really Learn from Peer Discussion in Computing?** Proceedings of the ninth annual international conference on International computing education research - ICER '11. **Anais...2011**

PORTER, L.; ZINGARO, D. **Importance of early performance in CS1: Two Conflicting Assessment Stories**. Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education - SIGCSE '14. **Anais...New York, New York, USA: ACM Press, 2014** Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2538862.2538912>>. Acesso em: 29 mar. 2014

PRATHER, E. E.; BRISSENDEN, G. **Clickers as Data Gathering Tools and Students' Attitudes, Motivations, and Beliefs on Their Use in this Application** **Astronomy Education Review**, 2009.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, n. July, p. 223–231, 2004.

- 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.
- RAO, S. P.; DICARLO, S. E. Peer instruction improves performance on quizzes. **Advances in physiology education**, v. 24, n. 1, p. 51–55, dez. 2000.
- RAO, S. P.; DICARLO, S. E. Active learning of respiratory physiology improves performance on respiratory physiology examinations. **AJP: Advances in Physiology Education**, v. 25, n. 1–4, p. 127–33, dez. 2001.
- RELLING, A. E.; GIULIODORI, M. J. Effect of peer instruction on the likelihood for choosing the correct response to a physiology question. **AJP: Advances in Physiology Education**, v. 39, n. 3, p. 167–171, set. 2015.
- RIBEIRO, L. R. DE C. R. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23–32, 2008.
- RICHARDSON, C. T.; O'SHEA, B. W. Assessing gender differences in response system questions for an introductory physics course. **American Journal of Physics**, v. 81, p. 231, 2013.
- RITTMAYER, A.; BEIER, M. Overview: Self-efficacy in STEM. **SWE-AWE CASEE Overviews**, p. 1–12, 2008.
- ROGERS, B. M. et al. Implementing Comprehensive Reform of Introductory Physics at a Primarily Undergraduate Institution: A Longitudinal Case Study. **Journal of College Science Teaching**, p. 2010, 2010.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations 5th ed.** New York, NY, USA: New York NY Free Press, 2003.
- ROTH, K. A. Assessing Clicker Examples Versus Board Examples in Calculus. **Primus**, v. 22, p. 353–364, 2012.
- RUDOLPH, A. L. et al. Introduction of interactive learning into French university physics classrooms. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, n. 1, p. 1–18, 2014.
- SAVERY, J. R. Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 1, n. 1, p. 9–20, 2006.
- SCHMIDT, B. Teaching engineering dynamics by use of peer instruction supported by an audience response system. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 5, p. 413–423, 2011.
- SCHRAW, G.; DENNISON, R. S. **Assessing Metacognitive Awareness** **Contemporary Educational Psychology**, 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361476X84710332>>
- SCHULLER, M. C.; DAROSA, D. A.; CRANDALL, M. L. Using Just-in-Time Teaching and Peer Instruction in a Residency Program's Core Curriculum. **Academic Medicine**, v. 90, n. 3, p. 384–391, mar. 2015.
- SHAFFER, P. S.; MCDERMOTT, L. C. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. **American Journal of Physics**, v. 60, n. 11, p. 994, 1992a.
- SHAFFER, P. S.; MCDERMOTT, L. C. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. **American Journal of Physics**, v. 60, n. 11, p. 1003, 1992b.
- 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.
- SMITH, M. K. et al. Why peer discussion improves student performance on in-class concept

- questions. **Science (New York, N.Y.)**, v. 323, n. 5910, p. 122–4, 2 jan. 2009.
- SORENSEN, C. M. et al. The New Studio format for instruction of introductory physics. **American Journal of Physics**, v. 74, p. 1077, 2006.
- STEAD, D. R. A review of the one-minute paper. **Active Learning in Higher Education**, v. 6, n. 2, p. 118–131, 1 jul. 2005.
- STEER, D. et al. Analysis of Student Responses to Peer-Instruction Conceptual Questions Answered Using an Electronic Response System: Trends by Gender and Ethnicity. **Science Educator**, v. 18, n. 2, p. 30–38, 2009.
- STRENTA, A. C. et al. Choosing and Leaving Science in Highly Selective Institutions. **Research in Higher Education**, v. 35, n. 5, p. 513–547, 1994.
- SZLACHTA, J. Peer instruction of first-year nurse anesthetist students: a pilot study of a strategy to use limited faculty resources and promote learning. **The Journal of nursing education**, v. 52, n. 6, p. 355–9, 2013.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. [s.l.: s.n.].
- TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 20101, ago. 2009.
- TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. D. The construction of different classroom norms during Peer Instruction: Students perceive differences. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 20123, nov. 2010.
- VAN DIJK, L. A.; VAN DER BERG, G. C.; VAN KEULEN, H. Interactive lectures in engineering education. **European Journal of Engineering Education**, v. 26, n. 1, p. 15–28, 2001.
- VÁZQUEZ, A. V. et al. Writing-to-teach: A new pedagogical approach to elicit explanative writing from undergraduate chemistry students. **Journal of Chemical Education**, v. 89, p. 1025–1031, 2012.
- VICKREY, T. et al. Research-Based Implementation of Peer Instruction: A Literature Review. **CBE-Life Sciences Education**, v. 14, n. 1, p. es3, 2015.
- VIEIRA, A. S. **Uma Alternativa Didática Às Aulas Tradicionais: O Engajamento Interativo Obtido Por Meio Do Uso Do Método Peer Instruction (Instrução Pelos Colegas)**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- WATKINS, B. J.; MAZUR, E. Retaining Students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Majors. **Journal of College Science Teaching**, v. 24, n. 5, p. 36–41, 2013.
- WIEMAN, C.; DESLAURIERS, L.; GILLEY, B. Use of research-based instructional strategies: How to avoid faculty quitting. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 9, n. 2, p. 1–5, 2013.
- WILKERSON, M.; GRISWOLD, W. G.; SIMON, B. **Ubiquitous presenter**. Proceedings of the 36th SIGCSE technical symposium on Computer science education - SIGCSE '05. **Anais...**New York, New York, USA: ACM Press, 2005Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1047394>>
- WITTMANN, M. C.; THOMPSON, J. R. Integrated approaches in physics education: A graduate level course in physics, pedagogy, and education research. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 7, p. 677–683, 2008.
- WOELK, K. Optimizing the use of personal response devices (clickers) in large-enrollment introductory courses. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 10, p. 1400, 2008.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015. v. 5
- ZABALZA, M. Á. Innovación en la enseñanza universitaria. **Contextos educativos: Revista de educación**, v. 7, p. 113–136, 2003.

ZABALZA, M. Á. **Competencias docentes del profesorado universitario : calidad y desarrollo profesional**. [s.l: s.n.]. v. 2^a

ZHU, G.; SINGH, C. Improving students' understanding of quantum measurement. II. Development of research-based learning tools. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, p. 1–13, 2012.

ZINGARO, D. Examining Interest and Grades in Computer Science 1. **ACM Transactions on Computing Education**, v. 15, n. 3, p. 1–18, 2015.

ZINGARO, D.; PORTER, L. Peer Instruction in computing: The value of instructor intervention. **Computers & Education**, v. 71, p. 87–96, fev. 2014.

Apêndice A²⁴: *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching*

Peer Instruction - Instrução pelos Colegas (IpC)

De modo geral, o IpC pode ser descrito como um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor e apresentação de testes conceituais, em sala de aula, para os alunos discutirem entre si. Após uma breve exposição oral (aproximadamente 15min) o professor apresenta aos alunos uma questão conceitual, usualmente de múltipla escolha, que tem como objetivos promover e avaliar a compreensão dos aprendizes sobre os conceitos mais importantes apresentados.

Cada aluno é então solicitado a pensar sobre qual a alternativa que considera correta e em uma justificativa para a sua escolha (aproximadamente 2 min). Na sequência, é aberta a votação para mapeamento das respostas dos alunos à referida questão.

Usualmente a votação é feita por meio de algum sistema de resposta como *flashcards* (cartões de resposta) ou *clickers*, espécie de controles remotos individuais que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. A Figura 1 ilustra esses instrumentos. Mais recentemente, sistemas de resposta envolvendo quaisquer dispositivos com acesso à internet, tais como *notebooks*, *smartphones* e *tablets* vêm se mostrando uma alternativa promissora, tanto por se valerem de aparelhos que os próprios estudantes já possuem, quanto por viabilizar o envio de respostas para questões abertas.

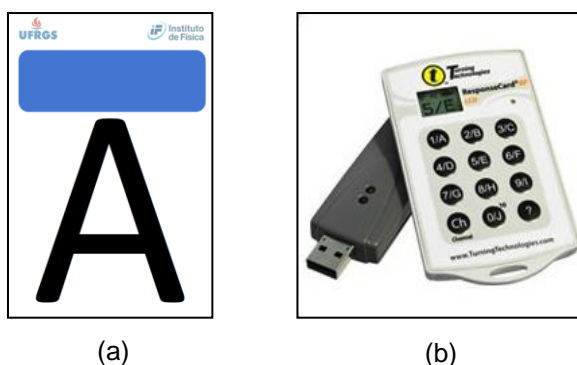


Figura 1: (a) Exemplo de um cartão de resposta (*flashcard*) com a letra “A” representando a alternativa escolhida. (b) Receptor de radiofrequência USB e sistema remoto de resposta (*clicker*).

Com base nas respostas informadas, mas ainda sem indicar a correta aos alunos, o professor decide entre:

- explicar a questão, reiniciar o processo de exposição dialogada e apresentar um nova questão conceitual sobre um novo tópico. Essa opção é aconselhada se mais de 70% dos estudantes votarem na resposta correta;
- agrupar alunos em pequenos grupos (2-5 pessoas), preferencialmente que tenham

²⁴ Adaptado de Araujo e Mazur (2013).

escolhido respostas diferentes²⁵, pedindo que eles tentem convencer uns aos outros usando as justificativas pensadas ao responderem individualmente. Após alguns minutos, o professor abre novamente o processo de votação e explica a questão. Se julgar necessário, o professor pode apresentar novas questões sobre o mesmo tópico, ou passar diretamente para a exposição do próximo tópico, reiniciando o processo. Essa opção é aconselhada se o percentual de acertos obtidos na primeira votação estiver entre 30% e 70%. O tempo despendido nesta etapa costuma ser de três a cinco minutos, dependendo do nível de discussão alcançada;

- revisitar o conceito explicado, por meio de nova exposição dialogada buscando aclará-lo, apresentando outra questão conceitual ao final da explanação e recomeçando o processo. Essa é a opção indicada se menos de 30% das respostas estiverem corretas.

Just-in-Time Teaching - Ensino sob Medida (EsM)

O ponto principal no EsM é a possibilidade do professor planejar suas aulas a partir dos conhecimentos e dificuldades dos seus alunos, manifestadas por meio das respostas que eles fornecem em atividades de leitura prévias aos encontros presenciais. O JiTT envolve basicamente três etapas centradas nos alunos, apresentadas a seguir.

Tarefas de Leitura (TL) sobre conteúdos a serem discutidos em aula

Essa etapa é conhecida como “exercício de aquecimento” (*WarmUp exercise*) e se constitui em uma atividade de preparação prévia à aula. Nela o professor solicita que os alunos leiam materiais de apoio (e.g. algum capítulo de livro-texto, artigos curtos na internet) e logo após respondam eletronicamente (e.g. via email ou postagens no *Moodle*²⁶ ou ainda via questionários *online* construídos com o Google Drive) algumas questões conceituais sobre os tópicos. O prazo máximo de envio é estipulado pelo professor e precisa ser suficiente para que ele possa preparar sua aula a partir das respostas fornecidas. O texto indicado para a leitura deve, na medida do possível, relacionar os tópicos em estudo com atividades de potencial interesse do aluno e/ou que façam parte do seu dia a dia.

Os exercícios de aquecimento têm como objetivos promover o pensamento crítico sobre o texto lido, introduzir o que será trabalhado em aula e estimular os alunos a elaborem argumentações, expressas em suas próprias palavras, para embasar suas respostas. É aconselhável que as questões sejam avaliadas com base no esforço demonstrado para o desenvolvimento de uma argumentação coerente e não em seu grau de correção.

Discussões em sala de aula sobre as TL

Assim que é encerrado o período de submissão de respostas à TL, elas ficam à disposição do professor para que, conforme dito anteriormente, as use como base para a

²⁵ Smith et al. (2009) apontam que há ganhos de aprendizagem, mesmo quando há discussão entre colegas sem que um deles tenha escolhido a resposta correta previamente.

²⁶ O *Moodle* (<http://moodle.org>) é um ambiente de aprendizagem virtual gratuito usado mundialmente para a realização de cursos virtuais a distância e/ou como ferramenta de apoio a disciplinas presenciais.

elaboração de aulas sob medida para seus alunos. Esse *feedback* permite que o docente prepare explicações e escolha atividades de ensino-aprendizagem que possam auxiliar o entendimento dos conteúdos e a superação das principais dificuldades apresentadas pelos alunos.

Em sala de aula, o professor reapresenta as questões da TL e transcreve algumas das respostas dos alunos, escolhidas cuidadosamente pelo seu potencial de servir como “estopim” para a discussão em classe. Para evitar constrangimentos, o autor não deve ser identificado e tampouco pode haver qualquer comentário ou tom jocoso. É importante que o aluno se sinta confortável em expressar suas ideias, sofrendo o mínimo possível as pressões dos pares. Por outro lado, conforme apontam Formica, Easley e Spraker (2010), é comum que os estudantes que tiveram suas respostas selecionadas sintam-se motivados a participar mais intensamente das discussões. Nesse período de diálogo, aconselha-se que o professor traga para o debate argumentações alinhadas com concepções alternativas sobre os conceitos discutidos visando mostrar porque elas não se sustentam. Conhecendo antecipadamente as principais dificuldades dos estudantes, o professor pode lançar mão de recursos instrucionais que auxiliem sua explicação, no exato momento em que as dúvidas vierem à tona. Como exemplos de possíveis recursos, podem ser citados: vídeos de curta duração, demonstrações experimentais, simulações computacionais, etc..

Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas Tarefas de Leitura e na discussão em aula

Novak e Middendorf (2004) ressaltam que a decisão de como investir o restante do tempo em sala de aula dependerá de uma série de fatores, tais como o número de alunos, a infraestrutura disponível e até mesmo das personalidades do professor e dos estudantes. O ponto principal para promover o engajamento dos estudantes durante a aula é que haja mudança nas atividades que realizam. As exposições orais devem ser curtas (aproximadamente 10min) e intercaladas com outras atividades individuais ou colaborativas, tais como discussões em aula, exercícios de fixação ou trabalhos do tipo “mão na massa” como aqueles realizados nos laboratórios didáticos de Física. Isso permite que o aluno renove sua atenção a cada mudança e também pratique o uso dos novos conceitos estudados, melhorando sua capacidade de armazenar e reter as informações discutidas.

Após as aulas os estudantes recebem outros tipos de questões para responder eletronicamente. Elas são chamadas de *Puzzles* (quebra-cabeças) e estão relacionadas ao conteúdo trabalhado em aula. Apresentando uma questão intrigante, que envolva um contexto diferente daquele em que o conhecimento foi discutido, o professor pode avaliar quanto o aluno está sendo capaz de transformá-lo para dar conta de novas situações.

Uso integrado dos métodos Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC)

Mazur e Watkins (2010) salientam que a qualidade da discussão e, conseqüentemente, da aprendizagem gerada em episódios de ensino com o IpC, depende sobremaneira da qualidade dos Testes Conceituais apresentados aos estudantes. Para que um Teste Conceitual seja efetivo, as questões devem requerer reflexões sobre os conceitos de modo que os estudantes não consigam responder às questões apresentadas meramente substituindo valores em fórmulas, ou simplesmente usando a memória sobre algo que foi discutido anteriormente. Outro ponto importante é o nível de dificuldade das questões para os alunos. Tendo em mãos as respostas para as Tarefas de Leitura, antes da aula, o professor tem chance de escolher questões cujo nível de dificuldade seja adequado para a turma, podendo também implementar uma avaliação formativa acompanhando o progresso dos alunos antes, durante e depois de suas aulas. A Figura 2, mostra a linha de tempo para a implementação conjunta dos dois métodos.

Descrevendo resumidamente a integração dos métodos ilustrada na Figura 2, temos como ponto inicial o professor elaborando uma Tarefa de Leitura (TL) focada nos tópicos a serem abordados em sala de aula. Em seguida, o professor envia a TL com certa antecedência (dois à sete dias antes da aula) para os estudantes. Desse momento até em torno de 12h antes do início da aula, os alunos deverão ler o material indicado, responderem às questões e enviar eletronicamente suas respostas para o professor.

Conforme mencionado anteriormente, a TL consiste na indicação de um material para leitura (e.g. duas seções de um livro-texto) acompanhada de questões para avaliar o esforço despendido na tentativa de compreensão do material e obter *feedback* sobre as principais dúvidas e dificuldades dos alunos. Além de questões sobre o conteúdo, usualmente de uma a três perguntas, faz parte também da TL a inclusão de uma questão explícita sobre as principais dificuldades, as partes mais confusas ou interessantes do material lido, na opinião de cada aluno. Essa última questão pode ser enunciada como algo no estilo “*a) Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material. b) Indique também os pontos que mais chamaram sua atenção. c) Sinta-se à vontade para fazer perguntas que possam auxiliar sua aprendizagem*”. Aconselha-se que essas tarefas recebam alguma pontuação e sejam incluídas no cômputo da nota ou conceito final a ser atribuído ao estudante, como uma forma de valorizar seu esforço preparatório.

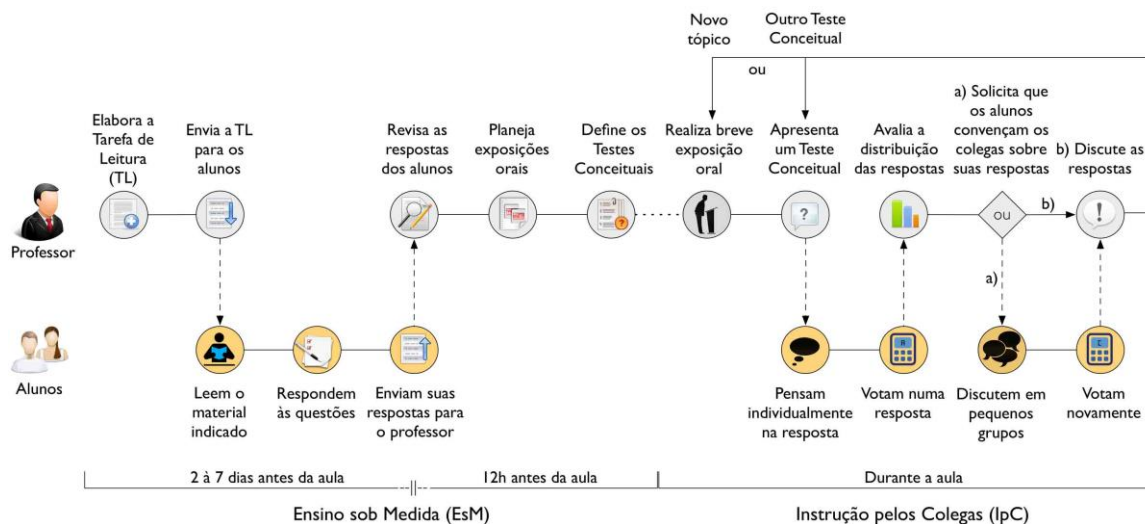


Figura 2: Linha de tempo do EsM e do IpC para uma determinada aula (baseado em Watkins e Mazur, 2010).

Tendo as respostas em mãos, o professor pode revisá-las avaliando as dificuldades dos alunos e seus principais problemas de compreensão. A partir daí, cabe a ele planejar breves exposições orais para sua aula, bem como escolher (ou elaborar) Questões Conceituais que possam avaliar os resultados alcançados com sua exposição e, principalmente, fomentar discussões em sala de aula de modo a estabelecer um ambiente interativo em que os alunos pensem e discutam sobre o conteúdo, potencializando sua aprendizagem.

No início da aula, o professor pode começar com uma breve exposição oral, previamente preparada e em seguida apresentar uma questão conceitual sobre o tema. Nessa apresentação, além de projetá-la aconselha-se que o professor a leia em voz alta e busque garantir que os alunos compreenderam bem a pergunta. Após, o professor pede aos alunos que pensem individualmente nas respostas, sem interagirem uns com os outros, formulando uma argumentação que possa servir para convencer um colega que tenha marcado uma resposta diferente da sua. Na sequência, é solicitado aos alunos que votem na resposta que consideram correta. Nesse momento, o professor avalia a distribuição de respostas, conforme apontado na Figura 2, e define de acordo com os resultados se os alunos devem: 1) partir para a discussão com os colegas, votar novamente e, só então, ele comenta as possíveis respostas, indicando qual é a correta e porque as outras não o são; ou 2) se vai direto para essa explicação, caminho “b)” na Figura 2, realizando uma breve exposição oral, ainda dentro do mesmo tópico e que não seja apenas uma repetição da primeira. Nessa exposição, o professor deve buscar variar sua abordagem explicativa com elementos novos (e.g. demonstração experimental, vídeo) que deem suporte à sua argumentação e que não foram usados inicialmente. Pode-se pensar em uma “reserva estratégica” de recursos, que o professor pode trazer para a aula, mas que só lançará mão se for realmente necessário.

Supondo que a escolha feita seja pela discussão entre os alunos, ou seja, o caminho “a)” na Figura 2, após a votação dos alunos e a explanação do professor, ele deverá avaliar, seguindo

os avanços alcançados pelos estudantes, se é necessário aplicar um outro Teste Conceitual, para ter certeza de que eles compreenderam corretamente os conceitos abordados, ou se já pode passar para um novo tópico, reiniciando assim o ciclo, com outra breve exposição oral.

Apêndice B: relação das referências sobre adoção e difusão de inovações didáticas

- **Artigos sobre mudança da prática instrucional:**

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, 2005.

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.

- **Artigos sobre barreiras à adoção de inovações:**

DANCY, M.; HENDERSON, C. Pedagogical practices of physics faculty in the USA. **AIP Conference Proceedings**, v. 1179, p. 121–124, 2009.

HENDERSON, C.; DANCY, M. Teaching, learning and physics education research: Views of mainstream physics professors. **AIP Conference Proceedings**, v. 790, p. 109–112, 2005.

HENDERSON, C.; DANCY, M. 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, set. 2007.

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

HENDERSON, C.; DANCY, M. 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, jul. 2012.

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

- **Artigos sobre adoção e difusão de métodos interativos de ensino:**

DANCY, M. et al. **Why Do Faculty Try Research Based Instructional Strategies?** Physics Education Research Conference 2010. **Anais...**2010.

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.

KHATRI, R. et al. **Characteristics of well-propagated undergraduate STEM teaching innovations** (A. D. Churukian, D. L. Jones, L. Ding, Eds.) Proceedings of the 2015 Physics Education Research Conference. **Anais...**College Park, Maryland: AAPT, 2015.

ROGERS, B. M. et al. Implementing Comprehensive Reform of Introductory Physics at a Primarily Undergraduate Institution: A Longitudinal Case Study. **Journal of College Science Teaching**, p. 2010, 2010.

- **Artigos sobre estratégias de mudança instrucional:**

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, 23 set. 2015.

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

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, 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.

WIEMAN, C.; DESLAURIERS, L.; GILLEY, B. Use of research-based instructional strategies: How to avoid faculty quitting. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 9, n. 2, p. 1–5, 2013.

Apêndice C: termo de consentimento Estudo I

Neste apêndice, mostramos o termo de consentimento assinado pela professora do Estudo I.

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, Professor(a) da disciplina _____, semestre____, ano____, oferecida pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados da teste intitulada *Métodos interativos de ensino: análise da adoção da Instrução pelo Colegas e do Ensino sob Medida em disciplinas de Física Geral da UFRGS*. A pesquisa será realizada pelo doutorando Maykon Gonçalves Müller, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Ives Solano Araujo e da professora Eliane Angela Veit.

Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas em situações acadêmicas (e.g. composição de texto para tese, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e as filmagens obtidas durante a pesquisa. Libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados.

Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do(a) professor(a)

Apêndice D: entrevistas semiestruturadas conduzidas no Estudo I

Roteiro da primeira entrevista semiestruturada realizada com Ana durante o primeiro estudo empírico.

1. Podes nos contar como foi sua trajetória acadêmica? Quais foram as experiências mais marcantes?
2. Podes nos contar como foram suas experiências docentes anteriores ao ingresso como professora da UFRGS?
3. Como foram suas experiências docentes após o seu ingresso como professora na UFRGS?
4. Em sua opinião, quais são as características de bons alunos e de bons professores?
5. Em sua opinião, o que é ensinar e o que é aprender?
6. Quais são os elementos fundamentais de uma boa aula?
7. Quais são os fatores que, em sua opinião, beneficiam e prejudicam a aprendizagem dos alunos?
8. Você se sente capaz de dar uma boa aula?
9. Você se sente capaz de engajar os seus estudantes durante o tempo de aula?
10. Você se considera capaz de motivar seus estudantes para aprender os conteúdos de Física?
11. Você se sente capaz de implementar novos métodos interativos de ensino (IpC e EsM)?
12. Você acredita que suas capacidades em ensinar irão influenciar o sucesso da implementação do IpC e do EsM?

Roteiro da segunda entrevista semiestruturada realizada com Ana durante o primeiro estudo empírico.

1. Como avalia a implementação do Peer Instruction (Instrução pelos Colegas) e das Tarefas de Leitura (TL) nas tuas aulas neste semestre?
2. Qual a sua avaliação sobre a receptividade dos alunos às Tarefas de Leitura (TL) e do Peer Instruction (PI)?
3. Quais as principais vantagens que enxergas em trabalhar com:
 - a) TL?
 - b) PI?
4. Quais as principais dificuldades que enfrentaste ao tentar implementar:
 - a) TL?
 - b) PI?
5. Pretendes utilizar tais métodos novamente? Quais fatores pesaram na tua decisão?
6. Que conselhos ou recomendações darias a um colega que estivesse interessado em implementar os métodos com as turmas dele?

Apêndice E: tarefas de leitura usadas no Estudo I

Neste apêndice encontram-se as duas tarefas de leituras utilizadas por Ana durante o primeiro estudo empírico.

Tarefa de Leitura 1

Questões referentes à leitura:

Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material. Indique também os pontos que mais chamaram sua atenção. Sinta-se à vontade para fazer perguntas que possam auxiliar sua aprendizagem.

Questão conceitual 01. Em qual(is) situação(ões) você pode alterar o fluxo do campo magnético através de uma superfície qualquer?

- a) Alterando o campo magnético
- b) Alterando a área em que o campo magnético está sendo aplicado
- c) Alterando o ângulo entre o campo magnético aplicado e a área
- d) Uma combinação das três situações anteriores
- e) Nenhuma das situações anteriores

Questão conceitual 02. De acordo com a Lei de Faraday, uma condição necessária e suficiente para que uma força eletromotriz seja induzida em um circuito fechado (espira, por exemplo) é a presença, neste circuito, de:

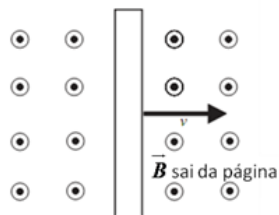
- a) Campo magnético
- b) Materiais magnéticos
- c) Corrente elétrica
- d) Fluxo magnético variável no tempo
- e) Campo magnético variável no tempo

Tarefa de Leitura 2

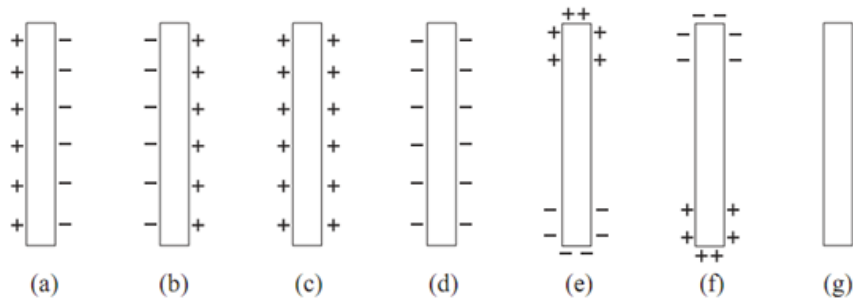
Questões referentes à leitura:

Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material. Indique também os pontos que mais chamaram sua atenção. Sinta-se à vontade para fazer perguntas que possam auxiliar sua aprendizagem.

Questão conceitual 01. Uma barra metálica neutra está se movendo com velocidade constante para a direita através de uma região onde há um campo magnético uniforme apontando para fora da página. O campo magnético é produzido por grandes bobinas que não são mostradas no diagrama.



Qual dos diagramas a seguir melhor descreve a distribuição de cargas da barra de metal?



Questão conceitual 02. Um avião parte da Groenlândia em direção ao Alaska. Supondo que nessa região o campo magnético é praticamente perpendicular ao avião, em qual asa do avião irá haver um acúmulo de cargas positivas?

- Direita
- Não há informações suficientes para responder essa pergunta
- Não haverá acúmulo de carga
- Esquerda

Apêndice F: entrevista semiestruturada conduzida no Estudo II

Roteiro da primeira entrevista semiestruturada realizada com Ana no segundo estudo empírico.

1. Após a tua primeira experiência com o IpC e o EsM você comentou que pretendia continuar utilizando os métodos em turmas para o curso de Engenharia. Você poderia nos relatar como foi essa experiência?
2. Quais os resultados mais positivos que, na sua opinião, você obteve ao utilizar esses métodos? Quais os resultados negativos?
3. Como você avalia a receptividade dos alunos aos métodos utilizados?
4. Em termos da aprendizagem dos alunos, quais aspectos você ressaltaria que os métodos contribuíram para a aprendizagem dos conteúdos de Física que você trabalhou? Quais indícios sustentam sua percepção?
5. Você enfrentou algum tipo de dificuldade durante a implementação do IpC e do EsM nos últimos semestres? Em caso positivo, quais foram?
6. Em 2013, você utilizou o uso combinado do IpC e do EsM em uma sequência de três aulas. Nos semestres seguintes, você realizou algum tipo de modificação na estrutura proposta pelos métodos em suas aulas? Se sim, quais modificações foram feitas? Quais motivos foram considerados para realizar tais modificações?
7. Durante sua experiência ao longo dos últimos semestres, você pensou, em algum momento, desistir de utilizar os métodos? Em caso positivo, quais os fatores que influenciaram sua decisão?
8. No semestre que irá iniciar em agosto, você pretende utilizar o IpC e o EsM? Em caso positivo, quais fatores influenciam sua decisão?

Roteiro da segunda entrevista semiestruturada realizada com Ana no segundo estudo empírico.

1. Você poderia comentar, em linhas gerais, como foi a sua experiência docente no semestre 2015/2?
2. Quais as dificuldades que você enfrentou ao longo do semestre 2015/2?
3. Como essas dificuldades moldaram suas escolhas, em termos das práticas instrucionais, ao longo do semestre?
4. Como você avalia a postura dos alunos ao longo das aulas?
5. Como você avalia a receptividade dos alunos a sua prática docente?
6. Como você avalia os resultados da sua prática docente?
7. Qual o impacto desses resultados na sua prática?
8. A que você atribui os resultados pouco positivos dos estudantes nas provas e na disciplina?
9. Como você avalia o engajamento dos estudantes na disciplina?
10. Você irá modificar sua prática devido a esses resultados? Em caso positivo, quais são os resultados que estão relacionados com as modificações que você pretende realizar?
11. Ao longo do semestre você realizou algumas modificações na proposta original do IpC e do EsM. Quais as razões que te motivaram a modificar:
 - a. Os tipos de questões conceituais?
 - b. A utilização da etapa de discussão entre os colegas?
 - c. A realização de Tarefas de Leitura que envolviam problemas numéricos?

12. Você pretende, frente aos resultados obtidos ao longo do semestre 2015/2, manter essas modificações? Quais os fatores que te motivam a mantê-las?

Apêndice G: questionário aplicado aos alunos no Estudo II

Questionário sobre crenças dos estudantes frente ao IpC e EsM.

Dados dos alunos

Nome:

Idade:

Curso:

Ano/semestre de ingresso no curso:

Você já havia cursado a disciplina de Física Geral – Eletromagnetismo (FIS01182) em semestre anterior a 2015/2? Em caso afirmativo, quantas vezes e quais os principais fatores na sua opinião que não lhe permitiram concluir a disciplina?

Questões abertas:

1. Comente sobre sua experiência na disciplina de Física Geral - Eletromagnetismo neste semestre.
2. Na sua opinião, quais os principais aspectos positivos e negativos na forma como a disciplina foi trabalhada? Comente sua resposta.
3. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui ao uso das Tarefas de Leitura?
4. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui ao uso dos *clickers* e dos Testes Conceituais em aula?
5. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui à discussão com os colegas sobre os Testes Conceituais?
6. Você, nesse semestre, modificou seus hábitos de estudo? Como você costumava estudar para as disciplinas de Física nos semestres anteriores? Comente sua resposta.
7. Você recomendaria a um colega cursar a disciplina de Física Geral - Eletromagnetismo, com os mesmos métodos de ensino usados neste semestre? Comente sua resposta.
8. Por favor, comente qualquer ponto que você considere relevante e não tenha sido abordado nas questões anteriores.

- **Questões de escala Likert**

CF: Concordo Fortemente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DF: Discordo Fortemente

	CF	C	I	D	DF
1. Discutir questões conceituais de Física com os colegas NÃO auxilia a aprendizagem dos conteúdos:					
2. Responder questões conceituais de Física durante as aulas NÃO melhora o desempenho nas provas da disciplina:					
3. Sinto-me bem discutindo questões conceituais de Física com os meus colegas:					
4. Resolver questões conceituais de Física torna a aula mais atrativa:					
5. NÃO gosto de responder questões conceituais de Física durante as aulas:					
6. Aprendo mais quando respondo e discuto questões conceituais de Física com meus colegas:					
7. Ler o conteúdo de Física antes das aulas contribui para uma melhor aprendizagem:					
8. Realizar Tarefas de Leitura NÃO é uma maneira eficiente de aprender os conteúdos de Física:					
9. Aprendo mais intensamente os conteúdos de Física quando realizo as Tarefas de Leitura antes das aulas:					
10. Gosto de realizar as Tarefas de Leitura antes das aulas de Física:					
11. Aprendo mais o conteúdo de Física com aulas expositivas nas quais o professor apresenta os conteúdos e resolve exercícios em praticamente todo o tempo da aula:					
12. Para mim, a aprendizagem de Física é mais intensa quando uso os <i>clickers</i> e discuto questões conceituais com meus colegas:					
13. Prefiro tomar o primeiro contato com a matéria a ser estudada na aula, durante a exposição do professor, do que na Tarefa de Leitura:					
14. Prefiro aulas de Física focadas na apresentação oral dos conteúdos, por parte do professor, do que com trabalhos para realizar em sala de aula:					

Apêndice H: atividades utilizadas por Ana

Neste apêndice, apresentamos uma síntese das atividades empregadas por Ana em suas aulas.

Legenda: X* problema resolvido por Ana

X** problema resolvido pelos alunos

<i>Aula</i>	<i>Tópico</i>	<i>Feedback TL</i>	<i>TC</i>	<i>TC c/discussão</i>	<i>Resolução de problemas</i>	<i>Demonstração</i>
1	Apresentação da disciplina – Aplicação BEMA					
2	- Carga Elétrica - Lei de Coulomb	X	3			Indução elétrica – fita plástica
3	- Lei de Coulomb - Campo Elétrico - Dipolo Elétrico	X	5	1	X*	
4	- Dipolo Elétrico - Energia Potencial (dipolo elétrico)	X	1	2	X*	Vídeo: Forno Micro-ondas
5	- Energia Potencial (dipolo elétrico) - Campo Elétrico (distribuições de carga)	X	1	2	X*	
6	- Campo Elétrico (distribuições de carga)		3		X* X**	
7	- Campo Elétrico - Lei de Gauss	X	3	1	X*	
8	- Lei de Gauss (distribuições de carga)			2	X*	
9	- Lei de Gauss (distribuições de carga)	X	1	1	X*	
10	Atividade avaliativa simulada				X**	
11	- Potencial Elétrico	X	5		X*	
12	- Potencial Elétrico (distribuições de carga)	X	1		X*	
13	- Potencial Elétrico (distribuições de carga)	X	2	2	X* X**	Vídeo: Gerador Van der Graff
14	- Capacitância	X	8	1		Simulação <i>Phet</i>
15	Aula de revisão				X*	
16	Aula de revisão				X*	
17	Prova 1					

18	- Corrente Elétrica - Resistência Elétrica		5	1		
19	- Circuitos	X	4		X*	Simulação <i>Phet</i>
20	- Campo Magnético - Lei de Biot-Sarvat		3		X*	Campo Magnético – fio retilíneo
21	Aula ministrada por outro professor					
22	Aula ministrada por outro professor					
23	- Lei de Biot-Sarvat - Dipolo Magnético		2			
24	- Dipolo Magnético		3	1		
25	Não observada					
26	- Efeito Hall - Propriedades magnéticas	X	2			Vídeo: Aurora Boreal
27	- Lei de Ampère	X			X*	
28	- Lei de Ampère		5	1	X* X**	
29	- Lei de Biot-Sarvat - Força Magnética - Lei de Ampère				X**	
30	Aula de revisão				X*	
31	Prova 2					
32	Entrega e correção da Prova 2					
33	Não observada					
34	- Lei de Faraday - Força eletromotriz	X		4		
35	- Corrente de deslocamento - Equações de Maxwell - Indutores				X**	Queda freada magneto
36	- Circuito RC - Circuito RL		4	2	X*	
37	- Circuito RL	X	1	2	X*	Simulação <i>Phet</i>
38	Não observada					
39	- Circuitos AC		6		X**	
40	Aplicação BEMA					
41	Não observada					
42	Não observada					
43	Aula de revisão				X*	
44	Aula de revisão				X*	
45	Prova 3					

Apêndice I: termo de consentimento Estudo II

Neste apêndice, mostramos o termo de consentimento assinado pelos estudantes do segundo estudo empírico.

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, aluno(a) da disciplina Física Geral Eletromagnetismo, 2015/2, oferecida pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados da teste intitulada *Métodos interativos de ensino: análise da adoção da Instrução pelo Colegas e do Ensino sob Medida em disciplinas de Física Geral da UFRGS*. A pesquisa será realizada pelo doutorando Maykon Gonçalves Müller, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Ives Solano Araujo e da professora Eliane Angela Veit.

Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas em situações acadêmicas (e.g. composição de texto para tese, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e as filmagens obtidas durante a minha participação na disciplina. Libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados.

Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do aluno participante

Apêndice J: entrevistas semiestruturadas conduzidas no Estudo III

Neste apêndice, mostramos o roteiro da entrevista semiestruturada conduzida com os docentes do terceiro estudo empírico, bem como com o graduando.

Roteiro entrevista semiestruturada: docentes

13. Podes nos contar como foi sua trajetória acadêmica? Quais foram as experiências mais marcantes?
14. Podes nos contar como foram suas experiências docentes anteriores ao ingresso como professor da Universidade?
15. Como foram suas experiências docentes após o seu ingresso como professor na Unicamp?
16. Na sua opinião, quais são os elementos fundamentais de uma boa aula?
17. Quais são os fatores que, em sua opinião, beneficiam e prejudicam a aprendizagem dos alunos?
18. Podes nos contar quais foram os motivos que te levaram a modificar suas aulas, i.e, adotar novas metodologias de ensino?
19. Como foi sua experiência ao adotar as inovações didáticas? Qual sua opinião sobre elas?
20. Durante a implementação, você enfrentou alguma dificuldade? Em caso positivo, como você as contornou?
21. Você recebeu algum tipo de incentivo e/ou suporte da Universidade?
22. Você realizou algum tipo de modificação nas metodologias após sua primeira implementação? Em caso positivo, quais foram as razões?
23. Como você avalia a receptividade dos alunos às metodologias inovadoras?
24. Houve uma melhora na aprendizagem dos alunos, em seu engajamento na disciplina e no desempenho acadêmico?
25. Quais razões lhe levaram a continuar utilizando as metodologias inovadoras?
26. Como você convenceu seus colegas a adotarem as inovações?
27. Houve algum tipo de suporte da Universidade para a disseminação das metodologias?
28. Existiu (ou ainda existe) algum espaço dentro da Universidade onde os professores podem compartilhar suas experiências didáticas?
29. Como você avalia a receptividade dos seus colegas às inovações didáticas?
30. Você enfrentou alguma barreira para disseminar as inovações? Se sim, quais?
31. Quais foram os fatores que contribuíram para a disseminação das inovações?
32. Como foi o processo de decisão de reformar toda a disciplina com as novas metodologias de ensino?
33. Quais resultados, em termos da aprendizagem dos alunos, do seu engajamento na disciplina e do desempenho acadêmico foram (e continuam sendo) obtidos?
34. Existem outras disciplinas do seu departamento que você saiba que essas inovações (ou outras) foram adotadas?

Roteiro entrevista semiestruturada graduando

1. Comente sobre sua experiência na disciplina de Física Geral I.

2. Na sua opinião, quais os principais aspectos positivos e negativos na forma como a disciplina foi trabalhada? Comente sua resposta.
3. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui ao uso das Tarefas de Leitura?
4. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui ao uso dos clickers e dos Testes Conceituais em aula?
5. Quais vantagens e/ou desvantagens você atribui à discussão com os colegas sobre os Testes Conceituais?
6. Você, nesse semestre, modificou seus hábitos de estudo? Comente sua resposta.
7. Por favor, comente qualquer ponto que você considere relevante e não tenha sido abordado nas questões anteriores.

Apêndice K: termo de consentimento docentes Estudo III**TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO**

Eu, _____, RG _____, Professor(a) da disciplina _____, semestre____, ano____, oferecida pelo Instituto de Física da _____, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados da teste intitulada *Adoção e difusão de inovações didáticas em disciplinas de Física geral em universidades públicas brasileiras: uma investigação à luz da Teoria de Difusão de Inovações*. A pesquisa será realizada pelo doutorando Maykon Gonçalves Müller, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Ives Solano Araujo e da professora Eliane Angela Veit.

Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas em situações acadêmicas (e.g. composição de texto para tese, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e as filmagens obtidas durante a pesquisa. Libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados.

Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

_____, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do(a) professor(a)

Apêndice L: termo de consentimento graduando Estudo III**TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO**

Eu, _____, RG _____, Aluno(a) da disciplina _____, semestre____, ano____, oferecida pelo Instituto de Física da _____, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados da teste intitulada *Adoção e difusão de inovações didáticas em disciplinas de Física geral em universidades públicas brasileiras: uma investigação à luz da Teoria de Difusão de Inovações*. A pesquisa será realizada pelo doutorando Maykon Gonçalves Müller, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do professor Ives Solano Araujo e da professora Eliane Angela Veit.

Declaro que fui informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas em situações acadêmicas (e.g. composição de texto para tese, artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem trazer minha identificação. Autorizo, para fins de divulgação dos trabalhos acadêmicos produzidos, as fotos e as filmagens obtidas durante a pesquisa. Libero a utilização destas fotos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (e.g. livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa acima especificados.

Estou ciente de que posso cancelar minha participação na pesquisa a qualquer momento, bastando apenas informar minha vontade ao pesquisador. Minha colaboração terá início quando eu entregar este presente termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

_____, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do(a) aluno(a)

Apêndice M: Aprendizagem Baseada em Problemas

Desenvolvida na década de 60, na universidade de McMaster, no Canadá, a Aprendizagem Baseada em Problemas (APB) (tradução da terminologia *Problem-based Learning*) é um método de ensino, centrado na aprendizagem dos estudantes, que preconiza a condução de pesquisas, integração entre teoria e prática e aplicação de conhecimento e habilidades para desenvolver uma solução viável para um problema da vida real (SAVERY, 2006). Ela surgiu da percepção de que os estudantes egressos do curso de Medicina apresentavam dificuldades na transposição dos conceitos ensinados no curso para situações cotidianas de diagnóstico. Desde sua criação, a APB passou a ser adotada em diversos cursos de graduação, níveis de ensino e países pelo mundo (HUNG; JONASSEN; LIU, 2008).

Em mais de 50 anos de pesquisa, a APB tem se destacado ao apresentar notórios resultados: no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas; na autonomia no processo aprendizagem; nas habilidades metacognitivas; na retenção do conteúdo; e na percepção de confiança dos estudantes quanto a sua aprendizagem (ALBANESE; MITCHELL, 1993; HMELO-SILVER, 2004; HUNG; JONASSEN; LIU, 2008; RIBEIRO, 2008; SAVERY, 2006). O método conta com uma revista internacional dedicada a publicações de pesquisas referentes a implementações da APB em diferentes contextos de ensino (ver: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/>).

O modelo original da APB prevê que a aprendizagem dos conteúdos ocorre durante o processo de resolução de problemas pouco estruturados (*ill-structured problems*) (JONASSEN; HUNG, 2008). Nesse sentido, os conhecimentos necessários para a solução dos problemas são encontrados pelos próprios estudantes, que trabalham em grupos com a supervisão de um tutor. Conforme afirma Ribeiro (2008), a APB sofreu, com o passar do tempo, modificações de sua estrutura original, onde a resolução de problemas pode ser trabalhada, por exemplo, como uma componente curricular central subsidiada por outras trabalhadas de forma tradicional. Há também a possibilidade de trabalhar a resolução dos problemas dentro de apenas uma componente curricular, ou ainda usar o processo para aprofundar um determinado conteúdo trabalhado de forma tradicional.

Independente do formato, a ABP possui algumas características centrais, a saber (HUNG; JONASSEN; LIU, 2008; RIBEIRO, 2008; SAVERY, 2006):

- Problemas pouco estruturados (da vida real) são apresentados aos estudantes antes da teoria;
- Trabalho colaborativo na busca da solução do problema apresentado;
- Responsabilidade por parte dos estudantes pela sua própria aprendizagem (aprendizagem autônoma);
- Integração com conhecimentos prévios de diversas disciplinas;
- Autorreflexão da aprendizagem feita pelos próprios estudantes;
- Professor passa a desenvolver o papel de tutor, dando suporte aos estudantes durante o processo de solução do problema.

A dinâmica de solução do problema apresentado aos estudantes segue um ciclo com as seguintes etapas (RIBEIRO, 2008):

- i. Introdução e definição do problema;
- ii. Levantamento de hipóteses;
- iii. Tentativa de solução com os conhecimentos disponíveis;
- iv. Levantamento de pontos de aprendizagem;
- v. Planejamento do trabalho de grupo;
- vi. Estudo independente;
- vii. Compartilhamento de informações no grupo;
- viii. Aplicação dos conhecimentos no problema;
- ix. Apresentação das soluções do grupo;
- x. Auto avaliação, avaliação do processo e de pares.

De acordo com Ribeiro (Ibid.), algumas dessas etapas podem ser repetidas quando se almeja uma maior compreensão do problema apresentado (etapas iv a viii), ou quando se busca uma maior compreensão, por parte dos estudantes, de conteúdos específicos (etapas ii a vii).

Apêndice N: relato de observação da aula do Professor A

- Disciplina: Interação da Radiação e Detecção
- Curso: Bacharelado em Física Médica
- Conteúdo trabalhado: Detectores Gasosos
- Horário: 14hs às 16hs

Momentos antes do início da aula, o Professor A explicou para o pesquisador que as aulas ocorrem em um laboratório de informática (com 15 computadores) para permitir que os estudantes durante as atividades propostas tenham acesso à internet e possam realizar pesquisas sobre os assuntos tratados. Explicou também como se daria a dinâmica da aula, ressaltando que em suas aulas o processo de resolução de problemas por parte dos estudantes é valorizado, sendo o ponto de partida para a exposição dos conteúdos a serem tratados. O pesquisador se posicionou no fundo da sala e sua presença não causou estranhamento entre os estudantes.

A aula começou às 14 hs, pontualmente, e contou com a presença de oito estudantes. Um estudante questionou o Professor A sobre a correção de uma lista de problemas que havia sido entregue como forma de avaliação. O Professor A comentou que ainda estava corrigindo as listas e em breve os estudantes as receberão de volta. A interlocução entre o Professor A e os estudantes ocorreu de maneira amigável e descontraída, o que nos levou a perceber um bom relacionamento entre eles.

O início da aula se deu por meio da exposição de um problema sobre Detectores Gasosos. Os estudantes pareciam estar acostumados com a dinâmica da aula, prontamente, pegaram folhas de ofício, colocaram seus dados de identificação e começaram a tentar resolver o problema. O professor estabeleceu um tempo de aproximadamente 20 minutos para os estudantes apresentassem suas respostas.

Por se tratar de um problema que necessitava a estimativa de alguns parâmetros, os estudantes utilizaram os computadores para buscar as informações necessárias. Alguns estudantes acessaram o AVA *Moodle* para retomar os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores. Durante esse momento, percebemos uma postura nos estudantes como se estivessem respondendo a um desafio. Apesar da proximidade, não há interação entre os estudantes, tão pouco entre os estudantes e o professor, que circulou na sala durante todo o tempo verificando o andamento da atividade. Apenas nos minutos finais da atividade alguns estudantes fazem algumas perguntas para o professor.

Passado o tempo da atividade, o Professor A começou a retomar o problema, indagando os estudantes sobre as respostas aproximadas que eles haviam encontrado. Alguns estudantes comentaram suas respostas. Nesse momento se estabeleceu um diálogo intenso entre o professor e os estudantes. De posse das respostas dos estudantes, bem como dos comentários feitos por eles, o Professor A resolveu o problema no quadro para os estudantes.

Na sequência da aula, os conteúdos selecionados foram explanados pelo Professor A com o auxílio de um computador conectado a uma televisão de tela plana. Durante a explicação,

alguns estudantes fazem perguntas sobre os conceitos explanados. Ao final da aula, o Professor A apresentou uma pergunta conceitual de múltipla escolha para os estudantes, solicitando que eles apresentassem suas respostas levantando as mãos. Por fim, explicou a resposta correta da questão dialogando com os estudantes.

A aula teve fim as 16hs.

Apêndice O: relato de observação da aula do Professor B

- Disciplina: Eletromagnetismo II
- Curso: Bacharelado em Física (Aplicada, Médica e Biomédica)
- Conteúdo trabalhado: Reação de Radiação
- Horário: 10hs às 12hs

Antes do horário de início da aula, o Professor B recepcionou de maneira amistosa o pesquisador na porta da sala. O pesquisador se apresentou e explicou em linhas gerais qual era seu objetivo durante a observação da aula, bem como comentou sobre a pesquisa em andamento. O Professor B comentou que a disciplina a ser observada tratava de tópicos de Eletromagnetismo (Eletromagnetismo II), sendo ofertada para os estudantes das diferentes ênfases do curso de Bacharelado em Física. O pesquisador se posicionou no fundo da sala de aula e sua presença não causou estranhamento entre os estudantes. A aula contou com a presença de 34 estudantes.

Nos momentos iniciais da aula, o Professor B comentou acerca das notas dos estudantes na última avaliação. Apesar de não ter finalizado a correção das provas, comentou que as notas dos estudantes ficaram aquém do esperado. Alguns estudantes, preocupados com o comentário, indagaram o professor se haveria alguma maneira de recuperar as notas. Ele comentou que iria pensar em alguma alternativa para melhorar o desempenho dos estudantes. Durante esse diálogo, podemos perceber que o Professor B possui um alto nível de empatia com seus estudantes, demonstrando uma relação amistosa entre eles.

A aula versou sobre o tópico de Reação de Radiação. O Professor B utilizou o quadro para fazer algumas anotações sobre os conceitos que seriam abordados na aula. A sequência de sua explanação estava contida em algumas notas de aula que ele possuía em mãos. Durante sua explanação comentou que não iria fazer todas as contas que estavam “abertas” no livro, incitando que os estudantes que tivessem dúvidas acerca dos passos matemáticos apresentados consultassem o livro texto da disciplina. A postura dos estudantes durante a exposição oral do Professor B, que durou cerca de 40 minutos, foi majoritariamente passiva. Apenas uma estudante fez alguns questionamentos acerca dos conceitos apresentados.

Passada a exposição oral do conteúdo, o Professor B apresentou aos estudantes um problema que deveria ser resolvido e entregue ao final da aula. Os estudantes chamavam essa dinâmica de Exercícios para Aprendizagem (EPA). Imediatamente, os estudantes dividiram-se em grupos, aparentemente por afinidade, e começaram a discutir a solução para o problema. Nesse momento, se estabeleceu um momento de intensa interação entre os estudantes. Muitos deles consultavam suas notas de aula e livros didáticos, buscando a resposta para o problema.

Tal atividade durou cerca de uma hora, período em que o Professor B circulou entre os estudantes respondendo as dúvidas que surgiam. Em alguns momentos usou o quadro para auxiliar sua explicação. Também durante esse tempo, o Professor B comentou com o pesquisador que a dinâmica de suas aulas previa a execução desses problemas, e que estes eram avaliados não pela resposta correta, mas pelo engajamento do estudante. Ele também usava esses

problemas para manter o registro de presença dos estudantes. Próximo às 12hs, os estudantes começaram a entregar as atividades, marcando o final da aula.

Anexo A: teste BEMA

Avaliação sobre Conhecimentos de Eletricidade e Magnetismo²⁷

Observações importantes:

- Não faça marcas, anotações ou qualquer tipo de rasura nas folhas de questões do teste.
- Marque suas respostas apenas na grade de respostas, lembrando-se de preencher seus dados.
- Este teste é constituído por 31 questões de múltipla escolha (com até 10 alternativas).
- Para cada questão do teste, escolha apenas uma opção, a que melhor corresponde à resposta.

Dois objetos pequenos, cada um com uma carga elétrica líquida de $+Q$, exercem uma força de magnitude F um sobre o outro:



Substituímos um dos objetos por outro cuja carga elétrica líquida é de $+4Q$:

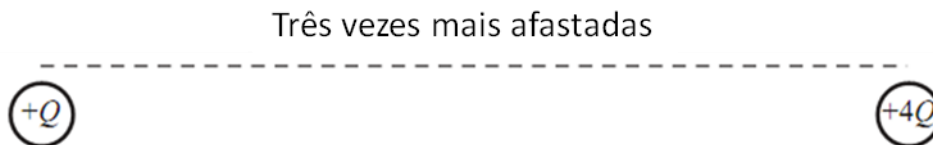


1. O valor original da magnitude da força sobre a carga elétrica $+Q$ era F . Qual a magnitude da força sobre a carga elétrica $+Q$ agora?
 - a) $4F$
 - b) $5F/2$
 - c) $3F$
 - d) $2F$
 - e) F
 - f) $F/4$
 - g) Nenhuma das anteriores
2. Qual é a magnitude da força sobre a carga elétrica $+4Q$?
 - a) $4F$
 - b) $5F/2$
 - c) $3F$

²⁷ Versão traduzida do *Brief electricity and magnetism assessment* – BEMA.

- d) $2F$
- e) F
- f) $F/4$
- g) Nenhuma das anteriores

Em seguida movemos as cargas elétricas $+Q$ e $+4Q$ de modo que ficam afastadas por uma distância 3 vezes maior que a original:



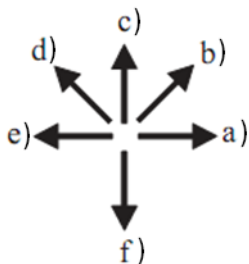
3. Agora, qual é a magnitude da força sobre a carga elétrica $+4Q$?
- a) $4F/3$
 - b) $4F/9$
 - c) $F/3$
 - d) $5F/18$
 - e) $2F/9$
 - f) $F/9$
 - g) $F/36$
 - h) $4F$
 - i) Nenhuma das anteriores

Aqui estão duas cargas elétricas de igual magnitude, mas de sinais opostos, separadas por uma distância d :



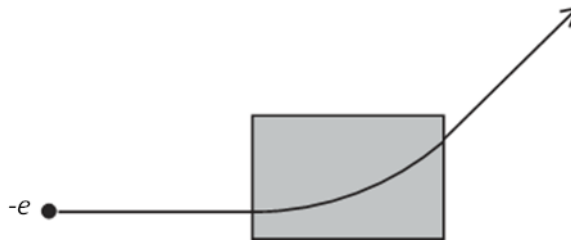
2
x

Escolha uma das possíveis orientações (direções e sentidos) a seguir para responder as perguntas abaixo:

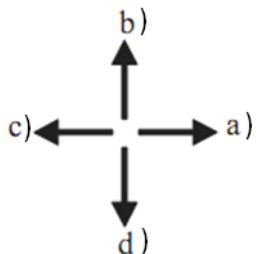


- g) sai da página ☉
h) entra na página ☉
i) magnitude zero
j) nenhuma das anteriores
4. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo elétrico na posição 1 (marcada com um x na figura)?
- a)
b)
c)
d)
e)
f)
g)
h)
i)
j)
5. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo elétrico na posição 2 (marcada com um x na figura)?
- a)
b)
c)
d)
e)
f)
g)
h)
i)
j)

Um elétron em movimento com carga elétrica $-e$ percorre o caminho indicado e passa por uma região em que há campo elétrico. Não há outras cargas elétricas presentes. O campo elétrico é zero em todos os lugares, exceto na região cinza.



Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:

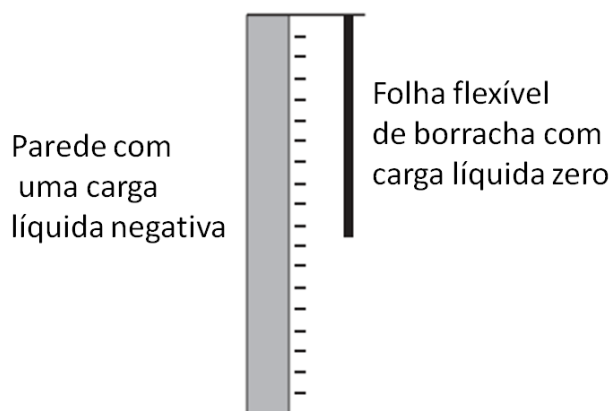


- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) nenhuma das anteriores

6. Qual é uma possível orientação (entre as opções a) – g)) do campo elétrico na região em que ele é diferente de zero?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)

A uma parede não-condutora é dada uma carga elétrica líquida negativa. Em seguida, uma folha de borracha muito flexível, com carga elétrica líquida zero é suspensa no teto perto da parede carregada como mostrado abaixo.

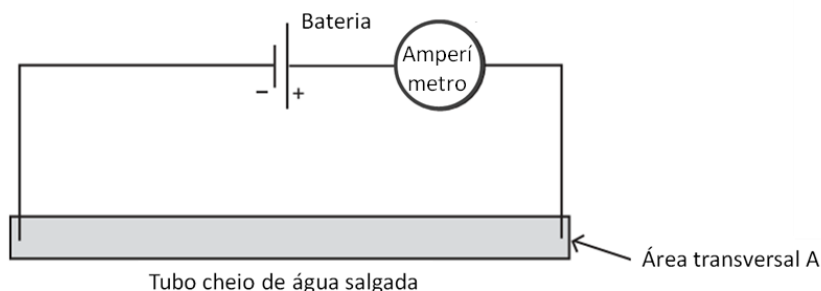


7. A folha de borracha:

- a) não será afetada pelas cargas elétricas na parede, pois a borracha é um isolante.
- b) não será afetada pela parede carregada porque a folha de borracha tem carga elétrica líquida zero.
- c) se curvará para a direita, se afastando da parede, devido à repulsão elétrica entre os elétrons da borracha e as cargas elétricas na parede.
- d) se curvará para direita, se afastando da parede, devido à polarização das moléculas de borracha pela parede carregada.

- e) se curvará para a esquerda, se aproximando da parede, devido à polarização das moléculas de borracha pela parede carregada.
 f) Nenhuma das opções acima.

A água salgada contém n íons de sódio (Na^+) por metro cúbico e n íons de cloreto (Cl^-) por metro cúbico. Uma bateria é conectada a hastes metálicas que são mergulhadas em um tubo estreito cheio de água salgada. A área transversal do tubo é A :

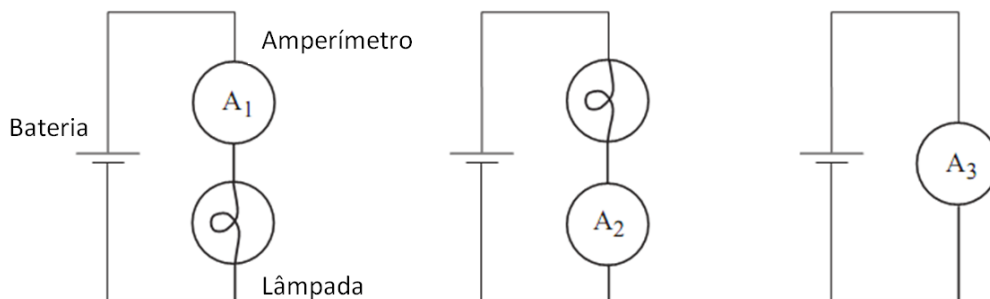


8. Qual é o sentido convencional da corrente elétrica que flui na água salgada?
 a) Para a direita.
 b) Para a esquerda.
 c) Não há corrente elétrica convencional, porque os movimentos dos íons positivos e negativos cancelam uns aos outros.

A magnitude da velocidade de deriva dos íons de sódio é v_{Na} e a magnitude da velocidade de deriva dos íons de cloreto é v_{Cl} . Suponha que $v_{\text{Na}} > v_{\text{Cl}}$. ($+e$ é a carga elétrica de um próton).

9. Qual é a magnitude da leitura no amperímetro?
 a) $enAv_{\text{Na}} - enAv_{\text{Cl}}$
 b) $enAv_{\text{Na}} + enAv_{\text{Cl}}$
 c) $enAv_{\text{Na}}$
 d) $enAv_{\text{Cl}}$
 e) Zero

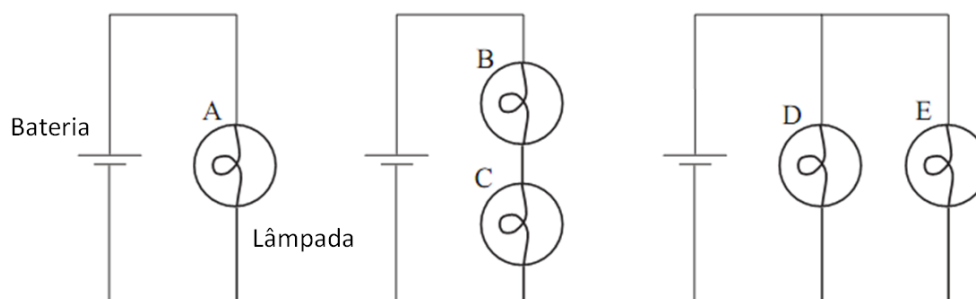
Um aluno montou os três circuitos mostrados abaixo. As lâmpadas, as baterias e os amperímetros são idênticos.



10. Ordene todos os três amperímetros (A_1 , A_2 e A_3) na ordem de suas medições de corrente elétrica, da maior para a menor.

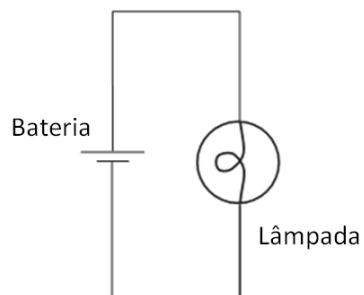
- $A_1 = A_2 = A_3$
- $A_1 = A_2 > A_3$
- $A_1 = A_3 > A_2$
- $A_2 = A_1 > A_3$
- $A_2 = A_3 > A_1$
- $A_3 > A_1 = A_2$
- $A_3 > A_1 > A_2$
- $A_3 > A_2 > A_1$
- Nenhuma das anteriores.

Nestes três circuitos todas as baterias são idênticas e têm resistência interna desprezível, e todas as lâmpadas são idênticas.



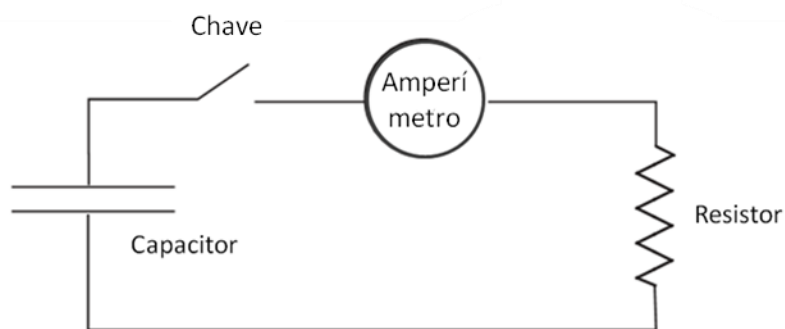
11. Ordene todas as 5 lâmpadas (A, B, C, D, E) quanto ao seu brilho, da mais brilhante para a mais fraca.

- $A = B = C > D = E$
- $A > B = C = D = E$
- $A > B = C > D = E$
- $A > B > C > D = E$
- $A = D = E > B = C$
- $A = D = E > B > C$
- $A > D = E > B = C$
- $D = E > A > B = C$
- Nenhuma das anteriores.



12. Qual das seguintes afirmativas é verdadeira sobre o campo elétrico dentro do filamento da lâmpada?

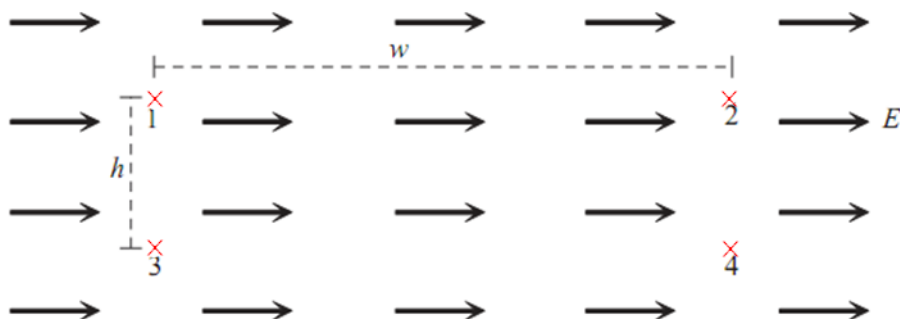
- O campo deve ser zero, porque o filamento é feito de metal.
- O campo deve ser zero, porque uma corrente elétrica está fluindo.
- O campo deve ser zero, porque qualquer excesso de carga elétrica está na superfície do filamento.
- O campo deve ser diferente de zero, porque a corrente elétrica fluindo produz um campo elétrico.
- O campo deve ser diferente de zero, porque nenhuma corrente elétrica fluirá sem um campo aplicado.
- O campo deve ser zero por razões não mencionadas acima.
- O campo deve ser diferente de zero por razões não mencionadas acima.



13. O capacitor está inicialmente carregado. Como a corrente elétrica I no amperímetro se comporta em função de tempo após a chave ser fechada?

- $I = 0$ sempre
- $I = \text{constante} \neq 0$
- I aumenta, então se torna constante.
- I aumenta instantaneamente, e em seguida, diminui lentamente.
- Nenhuma das anteriores.

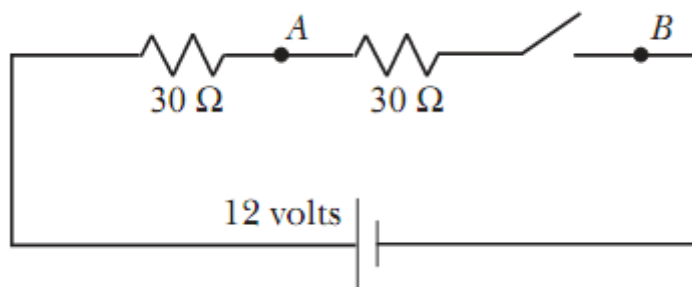
Em certa região do espaço existe um campo elétrico uniforme de magnitude E :



Escolha entre os possíveis valores a seguir para responder às três questões abaixo:

- $+Ew$
- $-Ew$

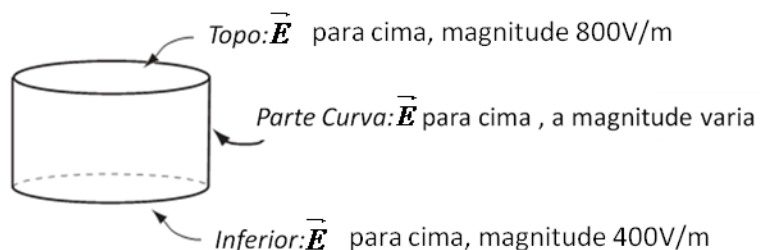
- c. $+Eh$
 d. $-Eh$
 e. $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
 f. $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
 g. Zero
14. A diferença de potencial $V_2 - V_1 = ?$
 a. $+Ew$
 b. $-Ew$
 c. $+Eh$
 d. $-Eh$
 e. $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
 f. $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
 g. Zero
15. A diferença de potencial $V_3 - V_1 = ?$
 a. $+Ew$
 b. $-Ew$
 c. $+Eh$
 d. $-Eh$
 e. $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
 f. $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
 g. Zero
16. A diferença de potencial $V_4 - V_1 = ?$
 a. $+Ew$
 b. $-Ew$
 c. $+Eh$
 d. $-Eh$
 e. $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
 f. $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
 g. Zero



17. Qual é a magnitude da diferença de potencial entre os pontos A e B no circuito, enquanto o interruptor está aberto?

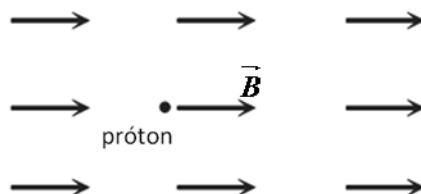
- a. 0 volts
- b. 3 volts
- c. 6 volts
- d. 12 volts
- e. Nenhuma das anteriores.

O cilindro abaixo está numa região do espaço com um campo elétrico orientado verticalmente de baixo para cima e que possui uma magnitude variável, de acordo com a figura. No topo o campo elétrico é uniforme e tem magnitude igual a 800 V/m. Na parte inferior o campo é também uniforme, mas sua magnitude é de 400 V/m. Na lateral do cilindro (parte curva) o campo mantém sua orientação, mas sua magnitude é variável.

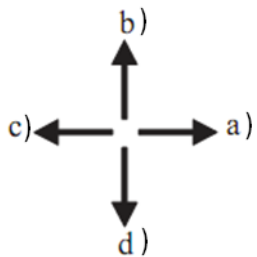


18. No interior do cilindro
- a) não há carga elétrica líquida
 - b) existe carga elétrica líquida positiva
 - c) existe carga elétrica líquida negativa
 - d) não há informação suficiente para determinar se há ou não carga elétrica líquida no interior do cilindro
19. Em equilíbrio estático, a diferença de potencial entre dois pontos dentro de um pedaço sólido de metal
- a) é zero, porque os metais bloqueiam interações elétricas
 - b) é zero, porque o campo elétrico é nulo no interior do metal
 - c) é diferente de zero se o pedaço de metal não é esférico
 - d) é diferente de zero se houver cargas elétricas sobre a superfície do metal
 - e) é diferente de zero por razões não mencionadas acima.

Um próton está inicialmente em repouso em uma região de campo magnético uniforme (mostrada abaixo). Não há nenhuma outra carga elétrica presente.



Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:




- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) zero de magnitude
- h) nenhuma das anteriores

20. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) da força magnética inicial sobre o próton?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

A figura abaixo mostra um ímã em barra. O campo magnético gerado pelo ímã em barra na posição 3 é mostrado no diagrama:

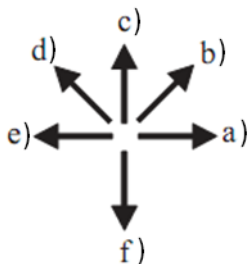
\times
1


Ímã em barra

\times \vec{B}
3 

\times
2

Escolha entre as orientações a seguir para responder à questão abaixo:



- g) sai da página ⊙
- h) entra na página ⊗
- i) zero de magnitude
- j) nenhuma das anteriores

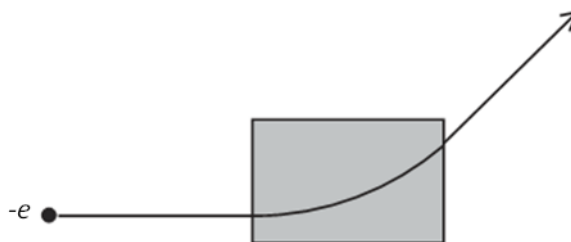
21. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo magnético do ímã na posição 1 (marcada com x)?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)
- i)
- j)

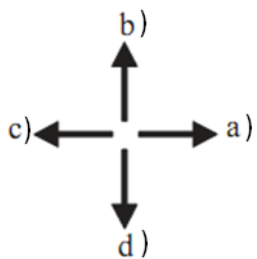
22. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo magnético do ímã na posição 2 (marcada com x)?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)
- i)
- j)

Um elétron em movimento percorre o caminho indicado, e atravessa uma região onde há campo magnético. Não há outras cargas elétricas presentes. O campo magnético é zero em todos os lugares, exceto na região cinza.



Escolha entre as orientações a seguir para responder à questão abaixo:

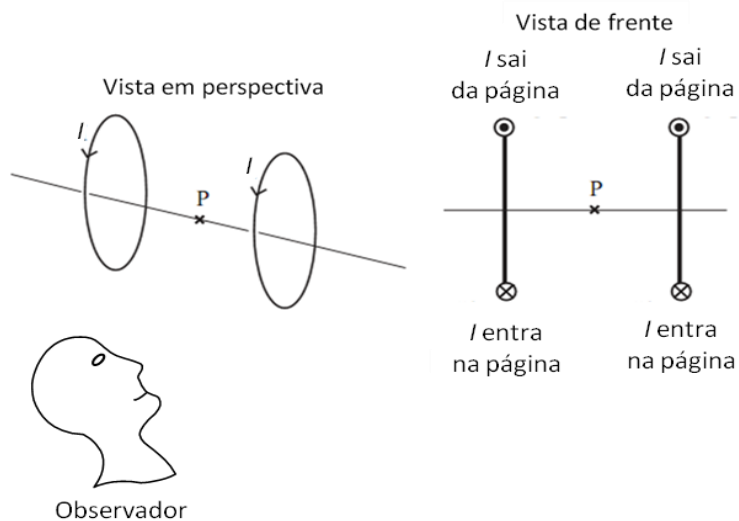


- e) sai da página \odot
 f) entra na página \otimes
 g) nenhuma das anteriores

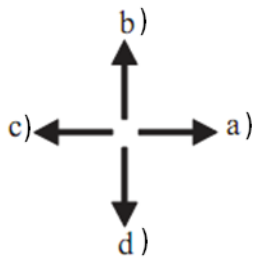
23. Qual é uma possível orientação (entre as opções a) – g)) do campo magnético na região onde ele é diferente de zero?

- a)
 b)
 c)
 d)
 e)
 f)
 g)

Dois laços de arame, circulares, idênticos e perpendiculares à página, conduzem uma mesma corrente elétrica convencional I :



Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:

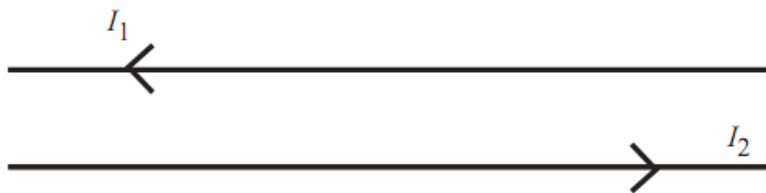


- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) zero de magnitude
- h) nenhuma das anteriores

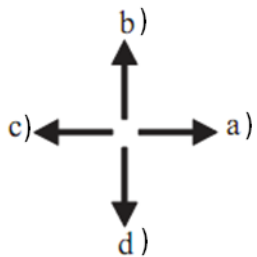
24. Qual é uma possível orientação (entre as opções a) – g)) do campo magnético gerado pelos laços no ponto P, localizado no meio entre eles, conforme mostra a figura acima (considerar vista de frente)?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

Dois fios estão no plano da página. O fio 1 carrega uma corrente elétrica convencional I_1 para a esquerda, e o fio 2 carrega uma corrente elétrica convencional I_2 para a direita:



Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:



- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes

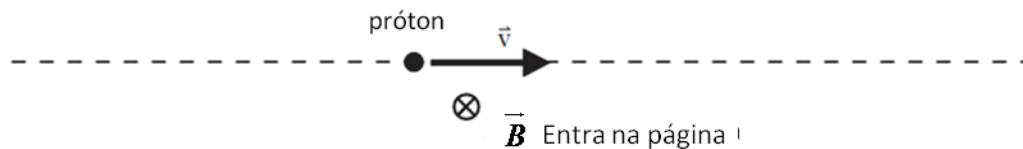
g) zero de magnitude

h) nenhuma das anteriores

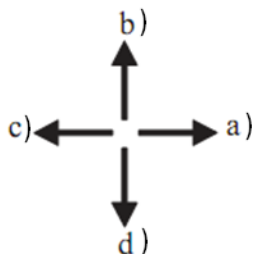
25. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) da força magnética que o fio 1 exerce sobre o fio 2?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

Um próton se move com velocidade, que permanece constante, \vec{v} enquanto esse se desloca para a direita através de uma região onde há um campo magnético uniforme de magnitude B que aponta para dentro da página. Há também um campo elétrico nessa região. O campo magnético e o campo elétrico são produzidos por dispositivos não mostrados no diagrama.



Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:



- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) nenhuma das anteriores

26. Qual é a orientação (entre as opções a) – g)) do campo elétrico na região?

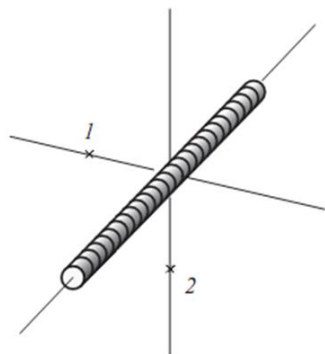
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)

27. Qual é a magnitude do campo elétrico?

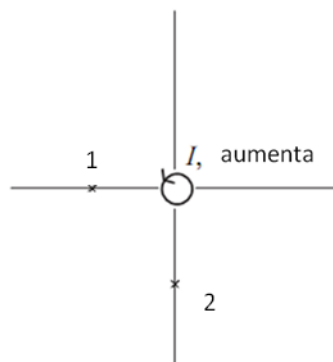
- a. $e\vec{v}B$
- b. $\vec{v} \times \vec{B}$
- c. vB
- d. B
- e. $e\vec{v} \times \vec{B}$
- f. vB/e
- g. ev
- h. Nenhuma das anteriores

As figuras abaixo mostram uma visão em perspectiva de um longo solenóide (um fio longo enrolado bem apertado, formando uma bobina em espiral) e uma visão frontal do solenóide.

Uma corrente elétrica convencional circula no sentido anti-horário no solenóide e aumenta com o tempo.

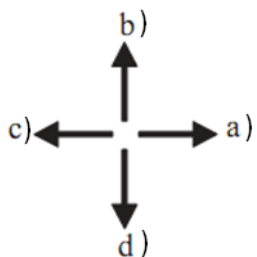


Longo solenóide, vista em perspectiva



Solenóide, vista frontal

Escolha uma das possíveis orientações a seguir para responder à questão abaixo:



- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) zero de magnitude
- h) nenhuma das anteriores

28. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) do campo *elétrico* na posição 1 (marcada com x)?

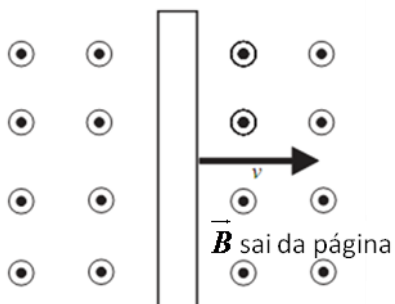
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

29. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) do campo *elétrico* na posição 2 (marcada com x)?

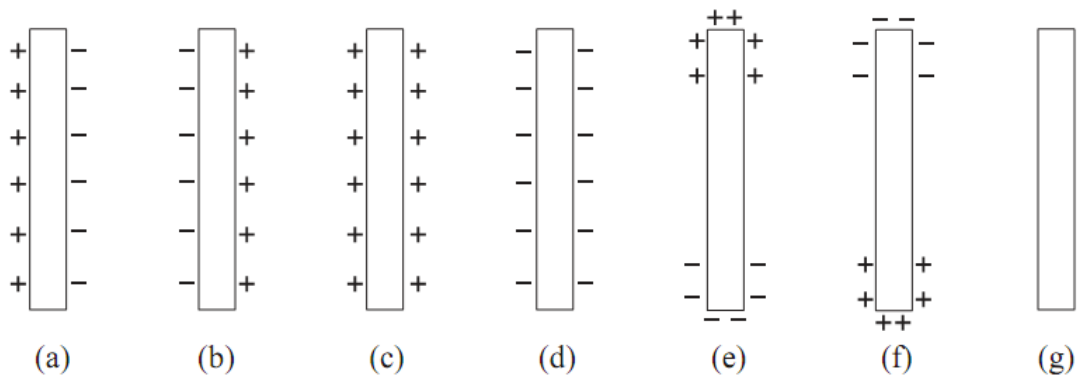
- a)
- b)
- c)

- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

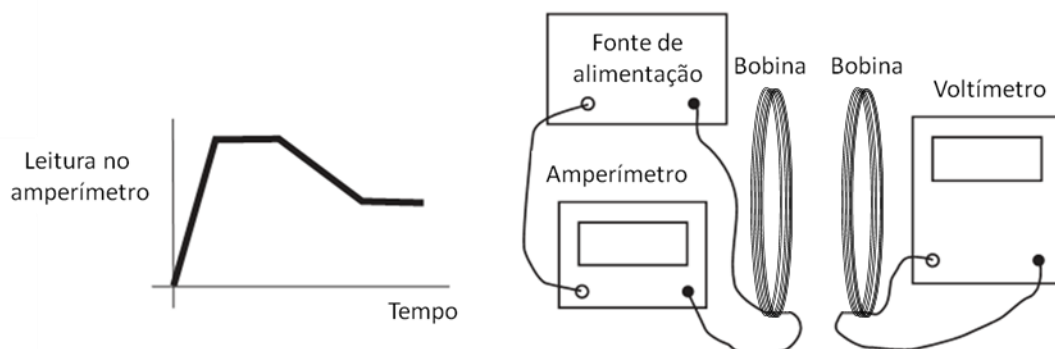
Uma barra metálica neutra está se movendo com velocidade constante \vec{v} para a direita através de uma região onde há um campo magnético uniforme apontando para fora da página. O campo magnético é produzido por grandes bobinas que não são mostradas no diagrama.



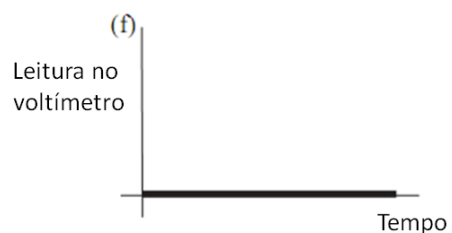
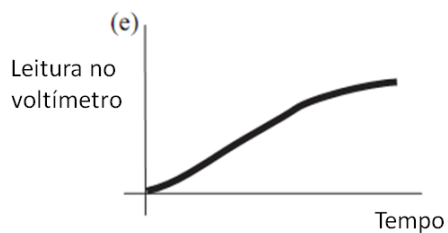
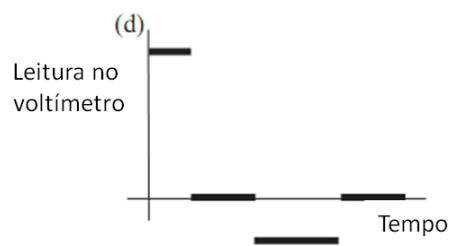
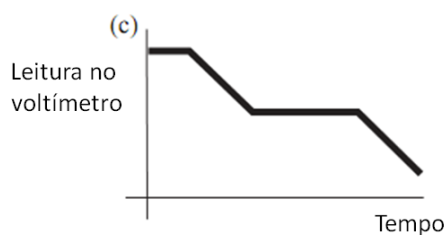
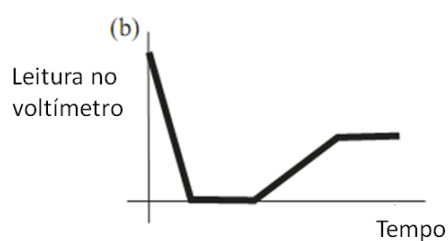
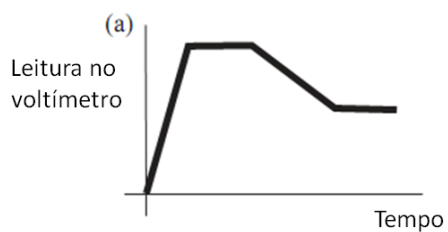
30. Qual dos diagramas a seguir melhor descreve a distribuição de cargas da barra de metal?



Uma fonte de alimentação variável é ligada a uma bobina e a um amperímetro. A dependência temporal da leitura do amperímetro é mostrada no gráfico abaixo. Uma bobina conectada a um voltímetro está próxima da primeira bobina, conforme mostra a figura a seguir.



31. Qual dos gráficos abaixo mostra corretamente a dependência temporal da leitura no voltímetro?



GABARITO

Questão	Resposta									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
01	X									
02	X									
03		X								
04					X					
05	X									
06				X						
07					X					
08		X								
09		X								
10						X				
11					X					
12					X					
13				X						
14		X								
15							X			
16		X								
17				X						
18		X								
19		X								
20							X			
21	X									
22					X					
23					X					
24	X									
25				X						
26				X						
27			X							
28		X								
29			X							
30						X				
31				X						

Anexo B: tarefas de leitura aplicadas no Estudo II

Neste apêndice, apresentamos as Tarefas de Leitura desenvolvidas por Ana durante o segundo estudo empírico.

1. Tarefa de Leitura 1 – Carga Elétrica

A tarefa de leitura 1 diz respeito à CARGA ELÉTRICA. Leia sobre esse assunto no livro de sua preferência e responda as seguintes perguntas. Esta tarefa pode ser realizada até as 18:00 horas do dia 04 de agosto, após esse horário o sistema não aceitará mais respostas. A realização dessa atividade vale nota. Caso você não tenha nenhuma dúvida sobre o texto lido, escreva simplesmente OK na última pergunta. Para as demais perguntas, o mais importante é a justificativa. Respostas não justificadas serão desconsideradas.

Q.1. Se um tecido de lã for utilizado para polir um bastão de plástico...

Escolha uma ou mais:

- a) o bastão fica carregado com carga positiva e a lã com carga negativa
- b) o bastão e a lã ficam carregados com carga positiva
- c) o bastão fica carregado com carga negativa e a lã com carga positiva
- d) o bastão e a lã ficam carregados com carga negativa
- e) o bastão fica carregado com carga negativa e a lã permanece neutra

Q.2. Justifique sua resposta.

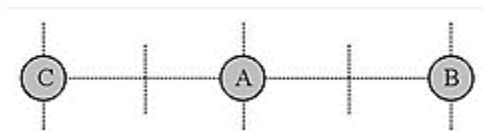
Q.3. Um bastão carregado com carga positiva toca um condutor inicialmente neutro. Em seguida os dois objetos são novamente afastados. Podemos afirmar que:

Escolha uma:

- a) a carga líquida do condutor é positiva
- b) a carga líquida do condutor é zero
- c) a carga líquida do condutor é negativa

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. As partículas A, B e C estão carregadas com carga de mesmo sinal, e posicionadas conforme figura abaixo.



Quando a partícula A é liberada de sua posição e pode se mover livremente, ela começa a se deslocar na direção da partícula B. Podemos afirmar que:

Escolha uma:

- a) a carga A é maior que B
- b) a carga A é maior que C
- c) a carga B é maior que A

- d) a carga C é maior que B
- e) a carga B é maior que C.

Q.7. Justifique sua resposta.

Q.8. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 2 – Campo Elétrico**

Para realizar a tarefa, você deverá ler o conteúdo referente a CAMPO ELÉTRICO, os tópicos referentes à INTRODUÇÃO (o que é campo elétrico, e coisas afins) e DIPOLO ELÉTRICO, utilizando o livro de sua preferência e responder as seguintes perguntas. A atividade poderá ser realizada até as 18:00hs do dia 6 de agosto, esse horário o sistema não aceitará mais respostas. Lembrem-se, o que vale é o esforço e a dedicação de vocês! Respostas certas ou erradas não serão avaliadas, mas sim o engajamento na atividade.

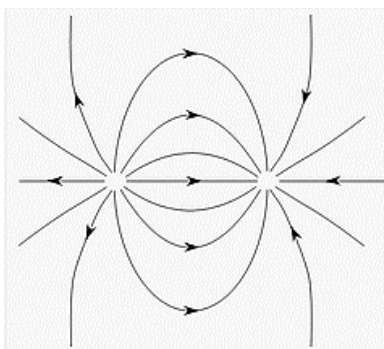
Q.1. Qual das seguintes afirmações melhor descreve o conceito de campo elétrico?

Escolha uma:

- a) O campo elétrico é uma quantidade vetorial que resulta da força entre os elétrons.
- b) O campo elétrico num determinado ponto é a energia potencial de uma carga teste dividida pelo módulo da carga.
- c) O campo elétrico é uma distribuição de vetores devido à presença de um ou mais objetos carregados.
- d) O campo elétrico é uma quantidade escalar relacionada à carga total contida em um ou mais objetos carregados.
- e) O campo elétrico é um campo escalar, cuja magnitude varia conforme a distância.

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Considere as linhas de campo mostradas na figura abaixo.



Qual das afirmativas é verdadeira?

Escolha uma:

- a) Esse é o padrão de linhas de campo elétrico nas proximidades de uma carga positiva.
- b) Esse é o padrão de linhas de campo elétrico nas proximidades de uma carga negativa.
- c) Esse é o padrão de linhas de campo nas proximidades de duas cargas positivas.

- d) Esse é o padrão de linhas de campo nas proximidades de uma carga positiva e uma partícula neutra.
- e) Nenhuma das alternativas.

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Por que razão a magnitude do campo elétrico de um dipolo diminui mais rapidamente com o aumento da distância que o campo de uma carga?

Escolha uma:

- a) Pois as cargas no dipolo estão separadas por uma certa distância.
- b) Pois como o dipolo é composto por duas cargas, o campo elétrico do dipolo tem a metade da intensidade do campo de uma carga isolada.
- c) Pois para qualquer ponto nas proximidades do dipolo, a distância desse ponto até uma das cargas é menor do que a distância até a outra carga.
- d) Pois o dipolo não produz um campo elétrico significativo.
- e) Pois as cargas num dipolo têm sinais opostos, e conseqüentemente os campos elétricos por elas produzidos apontam em sentidos opostos.

Q.6. Justifique sua resposta.

Q.7. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 3 – Campo Elétrico**

Para realizar a tarefa, você deverá ler o conteúdo referente a MOMENTO DE DIPOLO ELÉTRICO e CAMPO ELÉTRICO PRODUZIDO POR DISTRIBUIÇÕES CONTÍNUAS DE CARGA, utilizando o livro de sua preferência e responder as seguintes perguntas. A atividade poderá ser realizada até as 18:00hs do dia 11 de agosto, após esse horário o sistema não aceitará mais respostas. Respostas certas ou erradas não serão avaliadas, mas sim o engajamento na atividade. Respostas não justificadas serão desconsideradas.

Q.1. Qual das afirmativas é falsa?

Escolha uma:

- a) Distribuições de cargas consistem num grande número de cargas muito próximas entre si.
- b) Distribuições de cargas podem ser arranjos uniformes de cargas formando uma linha, uma superfície ou um volume.
- c) Cálculo diferencial e integral é uma ferramenta muito útil para determinar o campo elétrico devido a distribuições de cargas.
- d) É correto afirmar que o campo elétrico devido a um objeto simétrico carregado (uma linha de cargas, por exemplo) é o mesmo que se todas as cargas estivessem localizadas no centro geométrico do objeto.
- e) O conceito de densidade de carga é muito útil quando se trabalha com distribuições contínuas de carga.

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Um dipolo elétrico encontra-se numa região de campo elétrico uniforme, e está alinhado perpendicular á direção do campo. Por que razão pode-se afirmar que a energia potencial do dipolo é zero nesse caso?

Escolha uma:

- Pois não há força resultante sobre o dipolo, somente torque.
- Porque não há torque sobre o dipolo.
- Porque a energia potencial é uma medida relativa. O potencial zero é uma escolha totalmente arbitrária.
- Pois a energia do dipolo deve ter sinais opostos quando este se encontra paralelo ou antiparalelo ao campo. Sendo assim, a energia tem que ser igual a zero quando o dipolo encontra-se perpendicular ao campo.
- Dipolos não interagem com campo elétrico pois sua carga líquida é zero. Dessa forma, a energia potencial do dipolo é sempre zero.

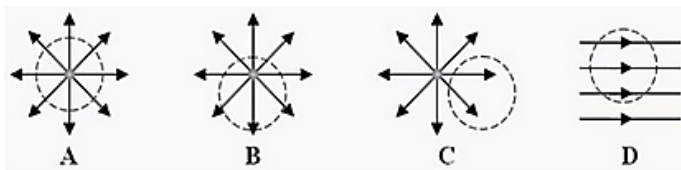
Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- Tarefa de Leitura 4 – Lei de Gauss**

A tarefa de leitura 4 é sobre LEI DE GAUSS. Leia a respeito desse assunto no livro de sua preferência e depois responda as perguntas a seguir. As respostas podem ser enviadas até domingo às 18:00hs pois esse conteúdo será assunto da aula de segunda-feira. Não deixe de justificar as respostas. Respostas não justificadas serão desconsideradas.

Q.1. Nos quatro casos ilustrados abaixo, uma superfície gaussiana é representada pela linha pontilhada e as setas representam as linhas de campo elétrico. Em qual dos quatro casos o fluxo através da superfície gaussiana não é igual a zero?



Escolha uma:

- A e B somente.
- C e D somente.
- A somente.
- D somente.
- A, B, C e D.

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Uma carga puntiforme é colocada no centro de uma superfície gaussiana esférica. O valor do fluxo (Φ) mudará se: a) a superfície esférica for substituída por uma superfície cúbica de mesmo volume? b) a superfície for substituída por um cubo de volume dez vezes maior? c) a carga for removida para fora da casca original? d) uma segunda carga for colocada dentro da superfície gaussiana? Quais das afirmações acima estão corretas?

Escolha uma:

- a) Somente a alternativa (a)
- b) Somente a alternativa (b) e (c)
- c) (a) e (b) estão corretas
- d) (c) e (d) estão corretas
- e) Todas as alternativas estão corretas

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 5 – Lei de Gauss**

A tarefa de leitura 5 é sobre Lei de Gauss. Muito provavelmente você já leu a respeito desse assunto ao fazer a tarefa de leitura anterior, mas pode ser útil consultar algum material que fale sobre COMO DETERMINAR O CAMPO ELÉTRICO NO INTERIOR DE ESFERAS MACIÇAS E OCAS, CARREGADAS. O questionário ficará aberto até as 8:30 da manhã de quarta-feira, mas se possível, envie suas respostas até as 18:00 de terça.

Q.1. Se você tem duas esferas, ambas carregadas com carga total Q , uma delas é oca e a outra é maciça, sendo que na esfera maciça a carga está distribuída uniformemente por todo o volume da esfera, podemos afirmar que o campo elétrico no centro geométrico...

Escolha uma:

- a) É nulo em ambas as esferas.
- b) É nulo na esfera oca e diferente de zero na esfera maciça.
- c) É nulo na esfera maciça e diferente de zero na esfera oca.
- d) É diferente de zero nas duas esferas.
- e) É nulo na esfera maciça, mas só será nulo na esfera oca se essa for condutora.

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Se você tem duas esferas, ambas carregadas com carga total Q , uma delas é oca e a outra é maciça, sendo que na esfera maciça a carga está distribuída uniformemente por todo o volume da esfera, podemos afirmar que o campo elétrico num ponto qualquer (não necessariamente no centro) ...

Escolha uma ou mais:

- a) É diferente de zero no interior da esfera maciça mas continua zero na esfera oca.
- b) É diferente de zero em ambas as esferas

- c) É diferente de zero na esfera oca e nulo na esfera maciça
- d) Tem o mesmo valor para ambas as esferas quando a esfera é vista do lado de fora.

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 6 – Potencial Elétrico**

Para realizar esta tarefa de leitura, você deve ler a respeito de POTENCIAL ELÉTRICO, DIFERENÇA DE POTENCIAL, ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA, SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS E POTENCIAL DEVIDO A DISTRIBUIÇÕES DISCRETAS DE CARGA. Cada livro traz essa matéria com um título diferente, e muitas vezes numa ordem diferente. Ao todo são apenas algumas páginas para leitura, o título acabou ficando quase tão longo quanto o texto, acreditem. Essa tarefa deve ser enviada até as 8:00 da manhã de quarta-feira, dia 26 de agosto. O que vale nota é a participação e o engajamento na atividade. Respostas certas ou erradas não serão avaliadas.

Q.1. Uma carga 'q' está localizada a uma distância r da origem, e uma carga '2q' está a uma distância '2r' da origem. Uma carga 'Q' está localizada na origem. Se todas as cargas forem positivas, qual delas está localizada na posição de maior potencial?

Escolha uma:

- a) q
- b) 2q
- c) As duas cargas estão no mesmo potencial

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Na questão anterior, qual das cargas tem a maior energia potencial elétrica?

Escolha uma:

- a) q
- b) 2q
- c) As duas cargas têm a mesma energia potencial elétrica.

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 7 – Potencial Elétrico**

A tarefa de leitura 7 é sobre POTENCIAL ELÉTRICO. Provavelmente você já leu sobre isso na tarefa de leitura anterior, mas se surgirem dúvidas consulte o material de sua preferência. Esse assunto será trabalhado nas próximas aulas, por isso o prazo para envio das respostas é às 8:30hs de sexta-feira, dia 28 de agosto.

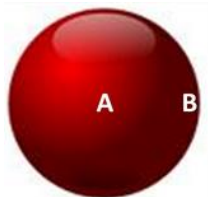
Q.1. Considere duas esferas metálicas cada uma com carga líquida Q uniformemente distribuída na superfície da esfera. Uma esfera tem raio r e a outra tem raio R , onde $R > r$. Qual das esferas armazena mais energia elétrica?

Escolha uma:

- a) A esfera de raio r
- b) A esfera de raio R
- c) É necessário mais informações para responder

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Qual a diferença de potencial entre os pontos A e B no interior de uma esfera metálica maciça carregada? (A está no centro da esfera)



Escolha uma:

- a) $\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{A} - \frac{1}{B} \right)$
- b) $\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{B} - \frac{1}{A} \right)$
- c) $\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} (A - B)$
- d) $\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} (B - A)$
- e) zero

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. No ponto A (centro da esfera), $E = 0$. Qual o potencial no ponto A?



Escolha uma:

- a) zero
- b) O mesmo que na superfície da esfera.
- c) O mesmo que em algum outro ponto do lado de fora da esfera.

Q.6. Justifique sua resposta.

Q.7. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 8 – Potencial Elétrico**

A tarefa de leitura 8 é para complementar o conteúdo de Potencial Elétrico de um disco. Resolva o problema proposto da maneira que você preferir (no caderno, numa folha, ...) e envie o arquivo (foto, imagem jpg, arquivo do word,...) em anexo na sua resposta. Respostas podem ser enviadas até a aula de sexta-feira (dia 4 de setembro, às 10:30hs).

Q.1. Calcule o potencial elétrico próximo a um DISCO carregado com carga total Q , num ponto qualquer ao longo do eixo do disco (considere o eixo do disco ao longo do eixo x). Faça uso do conhecimento que você já tem sobre o potencial ao longo do eixo de um anel carregado. Considere dV o potencial de um anel com raio r , espessura infinitesimal e carga dQ . A resposta pode ser enviada na forma de imagem, foto, arquivo do Word ou qualquer outro formato conveniente. Todos os cálculos devem ser demonstrados.

Q.2. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 9 – Capacitores**

A tarefa de leitura 9 é um pouco diferente das que foram feitas até agora. Utilizando o simulador Phet de CAPACITORES, observe o comportamento de um capacitor quando a área das placas, distância entre elas e outros parâmetros são alterados. Observe o que acontece quando um dielétrico é inserido entre as placas do capacitor (seja ele conectado ou não à bateria). Depois de brincar e visualizar diversas situações, responda às perguntas a seguir e anexe uma imagem da tela do computador com o capacitor que você observou (uma imagem é suficiente). Aproveite a oportunidade para entender o comportamento de um capacitor. As dúvidas podem ser registradas ao final da tarefa e serão respondidas nas próximas aulas.

Q.1. Você tem um capacitor ligado a uma bateria. O que você pode fazer para aumentar a energia armazenada no capacitor?

Escolha uma ou mais:

- a) aumentar o tamanho das placas
- b) diminuir o tamanho das placas
- c) aumentar a separação entre as placas
- d) diminuir a separação entre as placas
- e) inserir um dielétrico entre as placas
- f) nenhuma das alternativas

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Você desconecta o capacitor da bateria (ele permanece carregado). Ao inserir um dielétrico entre as placas você observa que:

Escolha uma ou mais:

- a) a capacitância diminui
- b) a energia armazenada diminui

- c) a carga armazenada diminui
- d) o campo elétrico resultante entre as placas diminui
- e) a diferença de potencial entre as placas diminui

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Anexe aqui um *print screen* do circuito que você montou utilizando o simulador PHET CAPACITORES. Apenas uma imagem é suficiente. Você tem alguma dúvida ou pergunta sobre esse assunto?

- **Tarefa de Leitura 10 – Corrente, Resistência e Circuitos**

A tarefa de leitura 10 é sobre corrente e resistência. Leia sobre esse assunto no livro de sua preferência e depois responda as perguntas a seguir. O prazo para envio das respostas é sexta-feira às 8:30 da manhã. Respostas não justificadas serão desconsideradas.

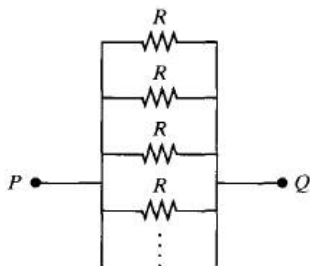
Q.1. Dois resistores são conectados em série, ou seja, um depois do outro. Se existir uma corrente elétrica no circuito a corrente elétrica no segundo resistor será que no primeiro.

Escolha uma:

- f) menor
- g) maior
- h) a mesma

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Como varia a resistência total entre os pontos P e Q quando mais resistores vão sendo acrescentados ao circuito (todos em paralelo, como mostrado na figura)?

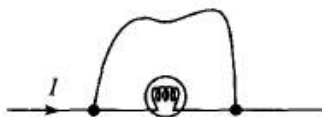


Escolha uma:

- f) aumenta
- g) permanece a mesma
- h) diminui

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Suponha uma lâmpada por onde passa corrente (a lâmpada está acesa). Suponha agora que um fio seja adicionado ao sistema como mostra a figura. O que acontecerá com a lâmpada?



Escolha uma:

- f) Permanecerá acesa.
- g) Permanecerá acesa, mas com menor brilho.
- h) Se apagará.

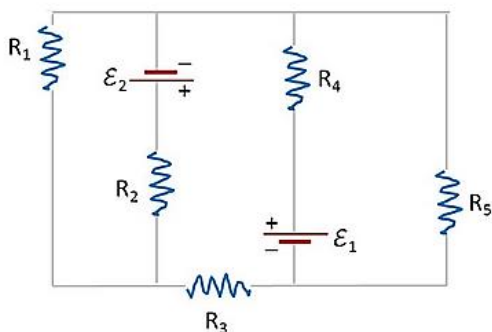
Q.6. Justifique sua resposta.

Q.7. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

• **Tarefa de Leitura 11 – Corrente, Resistência e Circuitos**

A tarefa de leitura 11 consiste num problema de circuitos com várias malhas, onde a tarefa de vocês é determinar o valor das correntes em cada um dos resistores do circuito. Escreva a resposta numérica com 2 casas decimais, usando vírgula ou ponto, não na forma de fração. Ao terminar o problema o programa mostrará se a resposta está correta ou não. A tarefa será considerada COMPLETA mesmo que algum valor esteja errado, desde que justificada.

Q.1. Responda as perguntas a seguir com base no circuito abaixo.



Considerando que $R_1 = R_3 = R_4 = 3\Omega$, $R_2 = R_5 = 1\Omega$, $\varepsilon_1 = 10V$ e $\varepsilon_2 = 20V$, determine o valor, em Ampères, da corrente que passa pelo resistor R_1 .

Q.2. Determine o valor da corrente que passa por R_2 .

Q.3. Determine o valor da corrente que passa por R_3 .

Q.4. Determine o valor da corrente que passa por R_4 .

Q.5. Determine o valor da corrente que passa por R_5 .

Q.6. Qual o valor da potência, em Watts, fornecida ao circuito?

Q.7. Qual o valor da potência dissipada pelo circuito?

Q.8. Os valores que você encontrou para a potência dissipada e fornecida são coerentes? O que eles representam? Caso você tenha alguma dúvida ou pergunta sobre esse tipo de problema, utilize esse espaço.

- **Tarefa de Leitura 12 – Campo Magnético**

Esta tarefa de leitura se refere ao conteúdo de CAMPO MAGNÉTICO e FORÇA MAGNÉTICA em fios por onde passa corrente. Leia a respeito desse assunto nos livros de sua preferência e responda as perguntas a seguir. O prazo para realização da tarefa é SEGUNDA-FEIRA, dia 21 de setembro às 8:30 da manhã.

Q.1. Considere 2 vetores quaisquer, um deles na direção x e o outro na direção y . O produto vetorial desses dois vetores é

Escolha uma ou mais:

- d) nulo
- e) um vetor que aponta na direção x
- f) Um vetor que aponta na direção y
- g) Um vetor que aponta na direção z
- h) um escalar
- i) ortogonal aos demais vetores

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Considere um fio reto e longo por onde passa uma corrente constante. Seja R a distância até o fio. Conforme você se aproxima do fio, a magnitude do campo magnético aumenta com

Escolha uma:

- f) R
- g) R^2
- h) R^{-1}
- i) R^{-2}
- j) R^{-3}

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Qual a direção do campo magnético no item anterior?

Escolha uma:

- e) radial, na direção do fio
- f) radial, para longe do fio
- g) paralelo ao fio
- h) na direção oposta à corrente
- i) na direção perpendicular ao fio e também à direção radial

Q.6. Justifique sua resposta.

Q.7. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 13 – Campo Magnético**

A tarefa de leitura 13 diz respeito a MOMENTO DE DIPOLO MAGNÉTICO e FORÇA MAGNÉTICA. Esse conteúdo foi assunto das aulas da semana passada e essa tarefa pode auxiliar

na melhor compreensão dos conceitos. O prazo para envio das respostas é segunda-feira, dia 5 de outubro. Não deixe para a última hora. Esses conceitos serão revisados nas próximas aulas e vocês poderão aproveitar melhor a revisão se tiverem feito as tarefas antes das aulas.

Q.1. Duas cargas, q e Q , se movem com velocidade diferente de zero em relação a um referencial fixo. A força magnética que Q exerce em q é:

Escolha uma:

- d) perpendicular à velocidade de q e depende somente da velocidade de Q
- e) perpendicular à velocidade de q e depende das velocidades de Q e q
- f) perpendicular à velocidade de Q e depende somente da velocidade de q
- g) perpendicular à velocidade de Q e depende das velocidades de Q e q .

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Qual a alternativa correta?

O MOMENTO DE DIPOLO MAGNÉTICO DE UM ANEL POR ONDE PASSA CORRENTE...

Escolha uma ou mais:

- é proporcional à área envolvida pelo anel
- é proporcional à corrente no anel
- é bem definido somente quando o observador está muito distante do anel.

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

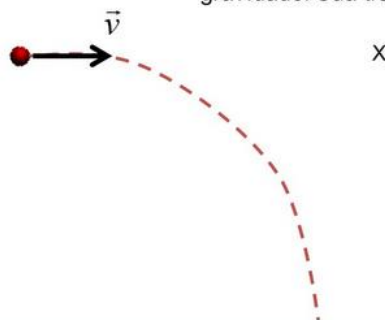
- **Tarefa de Leitura 14 – Campo Magnético**

A tarefa de leitura 14 diz respeito a CARGAS EM MOVIMENTO NA PRESENÇA DE CAMPO MAGNÉTICO, ou FORÇA MAGNÉTICA SOBRE CARGAS EM MOVIMENTO. Esse assunto foi trabalhado nas últimas aulas e a tarefa serve como uma revisão para melhor compreensão dos conceitos. Leia a respeito desse assunto no livro de sua preferência e responda às seguintes perguntas. O prazo para envio das respostas é segunda-feira, dia 5 de outubro às 8:30 da manhã. Dúvidas também serão respondidas nas próximas aulas, por isso eu recomendo fortemente que vocês façam a tarefa assim que possível, preferencialmente antes das aulas das próximas aulas.

Q.1.

Problema

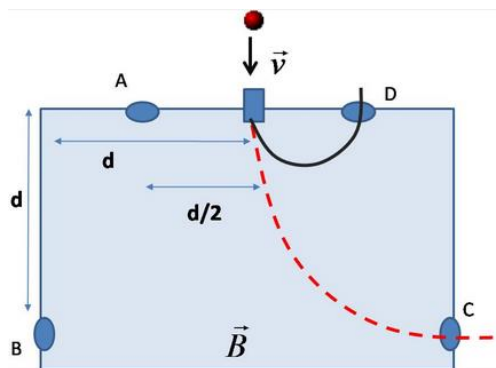
Uma partícula de carga q e massa m viaja com velocidade v . A única força sobre ela é a força de gravidade. Sua trajetória é mostrada na figura.



$$\vec{F}_{mag} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Qual deve ser a direção, sentido e magnitude de um campo B uniforme nessa região para que a partícula atinja o ponto X ?

Q.2. Esta e a próxima pergunta devem ser respondidas com base na situação abaixo. Uma bolinha de massa m e velocidade v entra numa caixa onde há um campo magnético uniforme. A única força que atua sobre a bolinha é a força magnética. Qual deve ser o módulo, direção e sentido do campo B dentro da caixa para que a bolinha saia da caixa pela abertura C (seguindo a linha tracejada)?



Escolha uma:

- f) $m \cdot v \cdot q \cdot d$, para fora da página
- g) $m \cdot v^2 / q \cdot d$, para dentro da página
- h) $m \cdot v / q \cdot d$, para fora da página
- i) $m \cdot v / q \cdot d$, para dentro da página
- j) $m \cdot v^2 \cdot q \cdot d$, para dentro da página
- k) $m \cdot v / q \cdot d$, para a direita
- l) $m \cdot v^2 / q \cdot d$, para a direita

Q.3. Justifique sua resposta.

Q.4. O que deve ser alterado no campo magnético para que a bolinha saia da caixa pela abertura D ?

Escolha uma:

- f) A magnitude do campo deve ser a metade.
- g) A magnitude do campo deve ser o dobro.
- h) A magnitude do campo deve ser 4 vezes menor.
- i) A magnitude do campo deve ser 4 vezes maior.
- j) nenhuma das alternativas.

Q.5. Justifique sua resposta.

Q.6. Um avião parte da Groenlândia em direção ao Alaska. Supondo que nessa região o campo magnético da Terra é praticamente perpendicular ao avião, em qual asa do avião haverá um acúmulo de cargas positivas?



Escolha uma:

1. Direita
2. Esquerda
3. Não haverá acúmulo de cargas
4. Não há informações suficientes para responder.

Q.7. Justifique sua resposta.

Q.8. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 15 – Campo Magnético**

A tarefa de leitura 15 é sobre Lei de Ampere. Leia a respeito desse assunto no livro de sua preferência e responda as perguntas a seguir. Esse assunto será trabalhado na aula de quarta-feira, dia 7 de outubro, por isso é importante enviar sua resposta até às 8:30 da manhã desse dia.

Q.1. Um cilindro de Cu com raio interno R e externo $2R$ conduz uma corrente i . Com relação ao campo magnético resultante na região oca (próxima, mas não necessariamente no eixo) do cilindro, é correto afirmar que:

Escolha uma:

1. o campo B resultante forma círculos concêntricos com a mesma direção que o campo fora do cilindro
2. o campo B resultante forma círculos concêntricos com a direção oposta ao campo fora do cilindro

3. o campo B resultante é paralelo ao eixo do cilindro e tem a mesma direção da corrente
4. o campo B é paralelo ao eixo do cilindro com direção contrária a da corrente
5. o campo B resultante é zero

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. O que mais lhe chamou a atenção na leitura? Você tem algum comentário ou dúvida a respeito desse assunto?

- **Tarefa de Leitura 16 – Campo Magnético**

A tarefa de Leitura 16 é para complementar o assunto de LEI DE AMPERE visto na aula do dia 7 de outubro. Resolva o problema proposto, tire uma foto e envie uma cópia (em baixa resolução) como anexo à tarefa. Se preferir pode resolver o problema no programa de sua preferência e enviar o arquivo PDF ou Word, ou qualquer formato legível. O prazo para envio das respostas é dia 14 de outubro às 8:30 da manhã.

Q.1. Uma corrente i passa por um fio condutor cilíndrico de raio R . A densidade de corrente não é uniforme através da seção transversal do fio, mas obedece à função $J = b \cdot r$, onde b é uma constante. Determine uma expressão para calcular a magnitude do campo magnético B (a) a uma distância $r_1 < R$ e (b) a uma distância $r_2 > R$ (em relação ao eixo do condutor). Dica - Para encontrar o valor da corrente quando ela não é constante dentro de um certo raio r é preciso fazer uma integral da densidade de corrente. Corrente é definida como a integral da densidade de corrente vezes a área transversal do fio.

Q.2. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 17 – Campo Magnético**

A tarefa de leitura 17 é para complementar os conceitos de PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DA MATÉRIA. Você pode ler sobre isso no livro de sua preferência, em geral esse assunto aparece nas últimas páginas dos livros (Tipler e Halliday). Aproveite a oportunidade para deixar registradas duas dúvidas, que serão respondidas na aula antes da prova (dia 26 de outubro). Essa tarefa pode ser enviada até o dia 26/10 às 8:30 da manhã.

Q.1. Ao analisar MICROSCOPICAMENTE um material, você observa que o material está dividido em domínios magnéticos. Cada domínio magnético é como se fosse um ímã e pode ser influenciado por campos magnéticos produzidos por outros ímãs (ou outros domínios). Na ausência de um campo magnético externo, o que se pode esperar a respeito da orientação desses domínios?

Escolha uma:

1. Eles se orientarão de forma paralela (todos no mesmo sentido)
2. Eles permanecerão exatamente como forem colocados, sem mudar sua orientação.
3. Eles se alinharão de forma antiparalela (em sentidos opostos)

Q.2. Cite 4 propriedades magnéticas da matéria e descreva rapidamente cada uma delas. Cite pelo menos um exemplo de material que apresente tal propriedade.

Q.3. Você tem alguma pergunta em relação aos problemas dessa área? Alguma dificuldade em resolver um exercício em particular? Caso não haja nenhuma pergunta, cite 5 problemas da lista que você já tenha resolvido.

- **Tarefa de Leitura 18 – Lei de Faraday**

Esta tarefa de leitura diz respeito à LEI DE FARADAY. Leia a respeito desse assunto no livro de sua preferência e responda as perguntas a seguir. O questionário deve ser respondido antes da próxima aula (dia 04/11).

Q.1. Em qual(is) situação(ões) você pode alterar o fluxo magnético através de uma superfície qualquer?

Escolha uma ou mais:

1. Alterando o campo magnético
2. Alterando a área em que o campo magnético está sendo aplicado
3. Alterando o ângulo entre o campo magnético e a área
4. Não é possível alterar o fluxo magnético, somente o fluxo elétrico

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. De acordo com a Lei de Faraday, uma condição necessária e suficiente para que uma força eletromotriz seja induzida em um circuito fechado (espira, por exemplo) é a presença, neste circuito, de:

Escolha uma:

1. Campo magnético
2. Materiais magnéticos
3. Corrente elétrica
4. Fluxo magnético variável no tempo
5. Campo magnético variável no tempo

Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 19 – Lei de Faraday**

A tarefa de leitura 19 é sobre CORRENTE DE DESLOCAMENTO, CARGA E DESCARGA DE CAPACITORES. Esse assunto encontra-se em parte no capítulo que fala sobre capacitores, e em parte em EQUAÇÕES DE MAXWELL (onde fala sobre a LEI DE AMPÉRE - MAXWELL). Leia a respeito desse assunto no material de sua preferência e depois responda às perguntas a seguir. O questionário ficará disponível até as 8:30 da manhã de quarta-feira, dia 11 de novembro.

Q.1. Um capacitor foi carregado com carga Q e apresenta uma diferença de potencial constante. A corrente de deslocamento entre as placas do capacitor

Escolha uma:

1. é igual à corrente que foi necessária para carregar o capacitor.
2. depende da Amperiana escolhida para resolver o problema.
3. é zero.
- d. induz um campo magnético.

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Assinale a alternativa verdadeira:

Escolha uma:

1. As linhas de campo elétrico induzido formam círculos fechados
2. O campo elétrico induzido é conservativo
3. Todas as anteriores
4. Nenhuma das anteriores

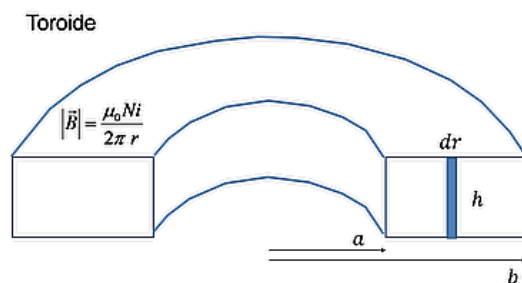
Q.4. Justifique sua resposta.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 20 – Lei de Faraday**

A tarefa de leitura 20 é sobre indutores. Resolva o problema proposto e envie sua resposta como foto, arquivo do word, pdf ou outro formato adequado. O importante é compreender o que está sendo feito. Respostas certas ou erradas não serão avaliadas. Ao enviar sua resposta você poderá conferir o resultado. Respostas podem ser enviadas até segunda-feira, dia 16 de novembro às 8:30 da manhã.

Q.1. Determine a indutância de um indutor toroidal com seção transversal retangular como o da figura abaixo:



Sua resposta deve ser escrita em função dos parâmetros mostrados na figura.

Resolva o problema e envie sua resposta (toda a resolução). Aproveite a oportunidade para esclarecer possíveis dúvidas relacionadas com esse assunto.

- **Tarefa de Leitura 21 – Laboratório**

QUEM PARTICIPOU DA AULA DE LABORATÓRIO de circuito RC e RL pode transcrever aqui as respostas às perguntas que estão no manual de laboratório.

Q.1. Considerando um capacitor sendo carregado, explique por que razão a tensão nos terminais do capacitor é diferente da tensão fornecida pela fonte (para um mesmo instante de tempo), mesmo que ambos estejam em série no circuito.

Q.2. O que muda na curva de carga do capacitor quando a resistência ou capacitância são alteradas?

Q.3. Explique como foram determinadas as constantes de tempo dos diferentes circuitos do experimento. Como esse valor obtido do gráfico de $V \times$ tempo se compara com o valor calculado (multiplicando $R \cdot C$)?

- **Tarefa de Leitura 22**

A tarefa de leitura 22 é para auxiliar na fixação dos conceitos que estamos trabalhando. As respostas podem ser enviadas até a próxima aula.

Q.1. A energia magnética armazenada num indutor é

Escolha uma ou mais:

1. proporcional ao quadrado da corrente no indutor
2. proporcional ao quadrado do campo B no indutor
3. nenhuma das alternativas

Q.2. Justifique sua resposta.

Q.3. Utilize o simulador Phet AC e construa um circuito contendo um capacitor, um resistor e uma bateria (em série). Descreva em poucas palavras o que acontece com as cargas, a ddp e a corrente nesse circuito quando o capacitor está sendo carregado. E quando você desconecta a bateria, como se comportam esses parâmetros quando o capacitor está descarregando? Envie junto com sua resposta por escrito um *print screen* da tela do seu computador para alguma das situações acima.

Q.4. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 23**

A tarefa de leitura 23 consiste num problema de circuito LC. Resolva o problema e insira sua resposta numérica, sem unidades, com 2 casas decimais (quando o número for fracionário). Você mesmo pode verificar se as respostas estão corretas e refazer o problema para corrigir (caso estejam incorretas). São permitidas 5 tentativas. Se ao final das 5 tentativas a resposta ainda estiver incorreta, é preciso justificar o porquê para que a tarefa conte como REALIZADA. O prazo é até o dia 4 de dezembro.

Q.1. Em um circuito LC oscilante, um capacitor com capacitância $C=4,70 \times 10^{-5}$ F está ligado a um indutor e a energia armazenada no **indutor** é descrita pela equação $U_B(t) = 3,38 \times 10^{-3} \cos^2(634t - \pi/6)$ J, com a frequência medida em radianos por segundo e o ângulo de fase em radianos. Esta e

as próximas 3 perguntas devem ser respondidas com base nas informações acima. Determine a indutância no indutor (escreva somente o valor, em unidades de H, com dois algarismos significativos).

Q.2. Determine a razão entre a carga no capacitor em $t = 0$ e a carga máxima no capacitor ($Q_{t=0}/Q_{\max}$).

Q.3. Determine a razão entre a corrente no indutor em $t = 0$ e a corrente máxima no indutor. Utilize dois algarismos significativos na resposta.

Q.4. Faça um gráfico da carga no capacitor em função do tempo indicando no gráfico o valor da amplitude da carga, a carga no tempo $t=0$ e pelo menos mais dois pontos para os quais a carga é zero.

Q.5. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.

- **Tarefa de Leitura 24**

A tarefa de leitura 24 é um problema de circuito de corrente alternada. Resolva o problema e insira suas respostas numéricas nos espaços apropriados, com no máximo 2 casas decimais. A tarefa será considerada completa se tiver parte das respostas corretas ou bem justificadas. As respostas podem ser enviadas até o dia 4 de dezembro (8:30 da manhã).

Q.1. Um gerador de CA com amplitude de tensão 200 V e frequência 50 Hz alimenta um circuito RLC-série com $R = 8 \Omega$, $L = 2\pi \cdot 10^{-2} \text{ H}$ e $C = (\pi \cdot 10^{-3}/14) \text{ F}$. (Faça $\pi^2 = 10$). Determine a REATÂNCIA CAPACITIVA do sistema (2 algarismos significativos, em unidades de Ω).

Q.2. Determine a REATÂNCIA INDUTIVA do sistema, em unidades de Ω .

Q.3. Determine a IMPEDÂNCIA do sistema (em unidades de Ω).

Q.4. A amplitude da corrente no circuito (em unidades de A).

Q.5. Determine a amplitude da TENSÃO NO INDUTOR (em unidades de V).

Q.6. Determine a amplitude da TENSÃO NO CAPACITOR (em unidades de V).

Q.7. Determine a amplitude da TENSÃO NO RESISTOR (em unidades de Ω).

Q.8. Calcule a potência média dissipada pelo circuito (em unidades de W).

Q.9. Mostre num diagrama de fasores as tensões em cada componente do circuito, a corrente e a *fem*.

Q.10. Utilize este espaço para fazer perguntas que possam lhe ajudar a compreender melhor esse assunto. Não havendo nenhuma dúvida, deixe esse espaço em branco.