

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

**UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA ÀS AULAS TRADICIONAIS: O
ENGAJAMENTO INTERATIVO OBTIDO POR MEIO DO USO DO
MÉTODO *PEER INSTRUCTION* (INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALEX SOARES VIEIRA

Porto Alegre

2014

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

**UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA ÀS AULAS TRADICIONAIS: O
ENGAJAMENTO INTERATIVO OBTIDO POR MEIO DO USO DO
MÉTODO *PEER INSTRUCTION* (INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS)¹**

ALEX SOARES VIEIRA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, Curso de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo e coorientação da Prof.^a Dr.^a Eliane Angela Veit.

¹ Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Porto Alegre

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Ives Araujo e Prof.^a Eliane Veit, pelo constante e incansável auxílio ao longo desta jornada. Sem eles eu jamais seria capaz de tal feito.

Agradeço à minha mãe pelo incentivo aos estudos desde a minha infância. Ainda hoje a importância que ela atribui aos meus estudos me leva adiante.

Agradeço aos meus amigos e colegas, mestrandos e doutorandos, com os quais sempre pude discutir a respeito de meu trabalho.

Agradeço à Tássia Mallmann por seu apoio ao longo dos dias, quando a frustração repousava em mim.

RESUMO

É consensual no campo da Educação que métodos tradicionais de ensino apresentam baixa eficiência no que se refere à aprendizagem dos alunos. Tais métodos são predominantemente baseados em aulas expositivas monológicas, com conteúdos expressos tais e quais nos livros didáticos, sendo a interação entre professor e alunos, e destes entre si, pouco explorada no processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, teorias construtivistas pregam que o ser humano organiza e constrói seu conhecimento a partir de interações tanto com outros seres humanos, quanto com o meio em que está inserido. Métodos de ensino que se utilizam de estratégias de engajamento cognitivo, como o *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas - IpC), têm como foco promover e qualificar tais interações em contexto de sala de aula, visando ir além da mera transmissão de informações, lugar comum nas aulas tradicionais. O presente trabalho tem como objetivo geral a investigação do IpC como estratégia didática, no contexto de uma universidade pública brasileira. Mais especificamente, foram investigados os ganhos de aprendizagem por parte de alunos, suas opiniões em relação ao método de ensino e a eficácia das discussões entre eles, em comparação com explicações por parte do professor no entendimento dos conteúdos. Foram realizados três estudos de caso exploratórios em duas turmas de graduandos do curso de Física, com 15 e 16 alunos respectivamente, e com duas turmas de graduandos da Engenharia com 17 alunos cada. Nesses estudos, a coleta de dados empíricos foi feita por meio de: testes padronizados (BEMA - *Brief Electricity & Magnetism Assessment*, Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples e Avaliação sobre conhecimentos relacionados à Lei de Faraday-Lenz); entrevistas semiestruturadas referentes à metodologia utilizada e questões conceituais aplicadas durante as aulas. Também buscou-se estabelecer bases teóricas para as estratégias didáticas propostas pelo IpC, ao propor relações entre o método e o modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin. Os resultados obtidos mostraram que o desempenho dos alunos foi comparável com aqueles presentes na literatura. Quanto às atitudes, observou-se que, em sua maior parte, foram positivas quanto ao uso do IpC como estratégia didática. Por fim, obteve-se como resultado que as discussões entre alunos são mais significativas para o aprendizado dos estudantes, do que explicações detalhadas de aspectos do conteúdo por parte do professor. Tais resultados apontam o IpC como uma metodologia de ensino muito próspera, tanto em termos de desempenho dos alunos, quanto como estratégia potencialmente motivadora para a promoção da aprendizagem significativa.

ABSTRACT

It is well known that traditional teaching methods are inefficient. Such methods are characterized by lectures, with little or none dialogue with the students, focused on transmission of information. However, constructivist theories advocate that human beings organize and build their knowledge interacting with each other. Teaching methods that use cognitive engagement strategies, such as Peer Instruction (PI), are focused on to promote and qualify such interactions in classroom going beyond the lecture model. This work had as main goal the investigation of the PI as a teaching strategy in the context of a Brazilian public university. More specifically, it were investigated: the learning gains by students, their attitudes regarding the teaching method and the effectiveness of the peer discussions, compared to explanations by the teacher, to foster conceptual understanding. Three exploratory case studies were carried on with four groups: two of undergraduate physics majors and two of undergraduate engineering students. In these studies, data were collected through: a) tests (BEMA - Brief Electricity & Magnetism Assessment; a test about electric current in simple circuit; and a test about applications of Faraday-Lenz Law); b) semi-structured interviews; and c) answers to Conceptests. The theoretical framework was based on Gowin's model of teaching and learning. The results showed students' performance was similar to those found in the international literature for interactive engagement methods. Regarding attitudes, most students were very positive about the use of PI. Finally, our preliminary results point out that peer discussions are more significant for student's learning than just detailed explanations of the content by the teacher.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dinâmica de aulas utilizando o <i>Peer Instruction</i> (ARAUJO e MAZUR, 2013).	20
Figura 2: Sequência temporal das ações do professor e dos alunos em aulas que utilizam a combinação do <i>Peer Instruction</i> e do <i>Just-in-Time Teaching</i> (ARAUJO e MAZUR, 2013) ..	26
Figura 3: Relação entre o Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin e o Método de Instrução pelos Colegas.	64
Figura 4: Limites inferior e superior para o ganho médio normalizado no teste FCI (Hake, 1998).	73
Figura 5: Frequência de acertos em cada uma das questões no BEMA para os alunos do Estudo 1.	76
Figura 6: Frequência de acertos em cada uma das questões no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos do Estudo 1.	78
Figura 7: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 1, para as 21 questões que suscitaram discussão ao longo do estudo.	79
Figura 8: Distribuição da mudança de respostas dos alunos da turma Experimental 1 do Estudo 2, para as 12 questões que suscitaram discussão ao longo do estudo.	94
Figura 9: Resultados das votações às Questões Conceituais para as turmas experimentais do Estudo 2 antes das discussões e/ou explanações por parte do professor. As questões são apresentadas no Apêndice D. O eixo das abscissas indica as questões aplicadas a ambas as turmas.	95
Figura 10: Comparação dos resultados entre Questões Conceituais similares para as turmas experimentais do Estudo 2. As questões que suscitaram discussões na turma Experimental 1 foram comparadas com questões similares aplicadas à turma Experimental 2. As questões codificadas são apresentadas na figura como, por exemplo, 1.4 (questão da turma Experimental 1) e 1.2 (questão similar aplicada à turma Experimental 2), da mesma forma as questões 1.20 foi aplicada à turma Experimental 1 e a questão 4.4 à turma Experimental 2, sendo esta questão similar à 1.20.	97
Figura 11: Distribuição da confiança dos alunos da turma Experimental 1 nas respostas às 12 Questões Conceituais no Estudo 2.	98
Figura 12: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 3, ao conjunto de 55 questões sujeitas à discussão ao longo do estudo.	102

Figura 13: Mudanças na confiança sobre a resposta da primeira votação para a segunda, ou seja, antes e após as discussões, para o conjunto de 46 questões em que foi avaliada a confiança dos alunos no Estudo 3.	103
Figura 14: Frequência de acertos em cada uma das questões no BEMA obtida para 10 alunos do Estudo 3.	104
Figura 15: Frequência de acertos em cada uma das questões no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples.....	105
Figura 16: Frequência de acertos em cada uma das questões no teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos do Estudo 3. A questão 10 foi desconsiderada de modo a se manter o resultado para o coeficiente alfa obtido no Estudo 2.....	106
Figura 17: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 1. As questões foram codificadas segundo o dia, mês e ordem de apresentação em que foram realizadas, ou seja, a questão 1804-5 indica que essa foi a quinta questão feita no dia 18 de abril.....	202
Figura 18: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 2. As questões foram codificadas segundo a aula e a ordem em que foram apresentadas aos alunos, assim, a questão 2.05 foi a quinta questão apresentada no segundo dia de aula.	202
Figura 19: Distribuição da confiança dos alunos nas respostas aos testes conceituais no Estudo 2. As questões foram codificadas segundo a aula e a ordem em que foram apresentadas aos alunos; assim, a questão 2.05 foi a quinta questão apresentada no segundo dia de aula.....	203
Figura 20: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 3. As questões foram codificadas segundo o dia, mês e ordem de apresentação em que foram realizadas, ou seja, a questão 2809-3 indica que essa foi a terceira questão feita no dia 28 de setembro.....	204
Figura 21: Mudanças na confiança na resposta comparativamente antes e após as discussões para os alunos do Estudo 3.	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Distribuição de áreas e conteúdos abordados em pesquisas com o IpC.....	30
Quadro 2: Resultados de desempenho de alunos que utilizaram o IpC como método de ensino em comparação com o método tradicional.	40
Quadro 3: Modificações realizadas na implementação do IpC e os respectivos resultados de ensino presentes na literatura.....	58
Quadro 4: Estudos realizados para investigar o uso do método IpC.	69
Quadro 5: Sequência de questões conceituais para ambas as metodologias previstas (com e sem o uso de discussão entre colegas).....	70
Quadro 6: Formas de coleta de dados utilizada nos estudos realizados para investigar o uso do método IpC.	71
Quadro 7: Resultados de aprendizagem esperados avaliados por meio do teste da Lei de Faraday-Lenz no Estudo 2. Os números presentes na coluna à direita correspondem às questões do teste presentes no Apêndice C.	72
Quadro 8: Discriminação da população-alvo do Estudo 2.	93
Quadro 9: Questões similares e conceitos abordados quanto à variação do fluxo magnético e consequente surgimento da corrente elétrica induzida em um condutor.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias dos ganhos normalizados dos alunos no BEMA, sendo $p < 0,000$	77
Tabela 2: Médias dos ganhos normalizados dos alunos no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples utilizado como pré e pós-teste.....	77
Tabela 3: Nível de significância estatística para a diferença entre as médias corrigidas no pós-teste para as turmas participantes do Estudo 2 no teste sobre conceitos da Lei de Faraday-Lenz obtido ao se utilizar um teste t.	99
Tabela 4: Estatísticas dos alunos no BEMA.....	104
Tabela 5: Estatísticas dos alunos no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples.	105
Tabela 6: Estatísticas dos alunos no Teste sobre Lei de Faraday-Lenz.....	106
Tabela 7: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o BEMA para os alunos no Estudo 1.....	198
Tabela 8: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos do Estudo 1.	198
Tabela 9: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos do Estudo 2.	198
Tabela 10: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o BEMA para os alunos do Estudo 3.....	200
Tabela 11: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos no Estudo 3.	200
Tabela 12: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos no Estudo 3.	200
Tabela 13: Comparação entre os ganhos normalizados para as turmas no estudo 2.	206
Tabela 14: Comparação entre os ganhos normalizados médios para as turmas no estudo 2.	206

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1. Método Instrução pelos Colegas (<i>Peer Instruction</i>)	18
2.2. O método Ensino sob Medida (<i>Just-in-Time Teaching</i>).....	23
2.3. Combinando o Ensino sob Medida com a Instrução pelos colegas	24
2.4. Panorama geral	27
2.5. Eixos de Análise	29
2.5.1. Conteúdos Abordados	29
2.5.2. Instrumentos de coletas de dados	31
2.5.3. Metodologia de pesquisa	32
2.5.4. Nível de Ensino	33
2.5.5. Referenciais teóricos utilizados	33
2.5.6. Temas de pesquisa	35
2.6. Inserção do Presente Trabalho no contexto dos estudos sobre IpC	56
3. REFERENCIAL TEÓRICO	60
3.1. Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin.....	60
3.2. Relações entre o modelo de Gowin e o IpC.....	62
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	67
4.1. Metodologia de Pesquisa	67
4.2. Estudos Realizados	68
4.3. Instrumentos de Coleta de Dados	70
4.4. Formas de análise de dados	72
5. RESULTADOS.....	75
5.1. <i>Estudo 1</i>	75
5.1.1. <i>Desempenho</i>	75
5.1.1.1. <i>Testes Padronizados</i>	75
5.1.1.2. <i>Questões Conceituais</i>	78
5.1.2. <i>Atitudes dos alunos</i>	79
5.1.3. <i>Síntese dos resultados obtidos</i>	92
5.2. <i>Estudo 2</i>	93
5.2.1. <i>Desempenho</i>	94

5.2.1.1.	<i>Questões Conceituais</i>	94
5.2.1.2.	<i>Comparando as três turmas</i>	98
5.2.2.	<i>Síntese dos resultados</i>	99
5.3.	<i>Estudo 3</i>	100
5.3.1.	<i>Desempenho</i>	101
5.3.1.1.	<i>Questões Conceituais</i>	101
5.3.1.2.	<i>Resultados dos Testes Padronizados</i>	103
5.3.2.	<i>Atitudes dos alunos</i>	106
5.3.3.	<i>Síntese dos resultados</i>	126
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
	APÊNDICE A	141
	Roteiro para Entrevista Semiestruturada a Respeito do uso dos métodos IpC e EsM.....	141
	APÊNDICE B.....	142
	Questões Conceituais utilizadas parcialmente no Estudo 1 e integralmente no Estudo 3..	142
	APÊNDICE C.....	179
	Avaliação sobre Conhecimentos Relacionados à Lei de Faraday-Lenz	179
	APÊNDICE D	187
	Questões Conceituais utilizadas no Estudos 2.	187
	APÊNDICE E.....	198
	Resultados obtidos com a aplicação dos testes padronizados nos três estudos	198
	APÊNDICE F	202
	Resultados para as Questões Conceituais utilizadas em Aula nos Estudos 1, 2 e 3.	202
	APÊNDICE G	206
	Resultados do SPSS para o Estudos 2.	206
	APÊNDICE H	207
	Interações entre Alunos Durante as Discussões para um Teste Conceitual.....	207
	ANEXO A	208
	Avaliação sobre Conhecimentos de Eletricidade e Magnetismo	208
	ANEXO B	229
	Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples	229

1. INTRODUÇÃO

É consensual no campo da Educação que métodos tradicionais de ensino apresentam baixa eficiência no que se refere à aprendizagem dos alunos. Tais métodos são predominantemente baseados em aulas expositivas monológicas, com conteúdos expressos tais e quais nos livros didáticos, sendo as interações entre professor e alunos, e destes entre si, pouco exploradas no processo de ensino-aprendizagem. É possível que a adoção quase exclusiva de aulas expositivas como estratégia de ensino, muitas vezes não indo além da transmissão de informações, possa explicar em grande parte os baixos índices de aprovação e frequência em disciplinas de Física Geral (CROUCH e MAZUR, 2001; DANCY e HENDERSON, 2010; MELTZER e MANIVANNAN, 2002; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007; MAZUR e SOMERS, 1997).

No entanto, apesar de resultados como esses serem largamente divulgados, a diversificação metodológica das atividades de ensino, principalmente no que diz respeito a disciplinas básicas em Física é pouco frequente. Uma das alternativas ao ensino tradicional está na adoção de metodologias construtivistas, as quais apresentam um contraponto àquele, visto que teorias construtivistas pregam que o ser humano organiza e constrói seu conhecimento a partir de interações tanto com outros seres humanos, quanto com o meio em que está inserido. Seguindo essa linha teórica, o ensino deveria ter como pilar fundamental a interação, tanto entre alunos quanto desses com o professor e com os materiais instrucionais.

Nesse sentido, a comunidade de pesquisadores em ensino tem apresentado propostas de métodos ativos de ensino, nos quais são estimuladas tanto as interações quanto o engajamento cognitivo e/ou emocional dos alunos visando superar a deficiência apresentada pelas aulas tradicionais. Dentre esses métodos podemos destacar a aprendizagem cooperativa ou colaborativa (MARX et al., 2008; KOENIG, ENDORF e BRAUN, 2007; PRINCE, 2004; STAMOVLASIS, DIMOS e TSAPARLIS, 2006; MAYO, SHARMA e MULLER, 2008; ROZENSZAYN e BEN-ZVI ASSARAF, 2009; CHIN e OSBORNE, 2010) e técnicas de engajamento interativo (KAY, 2009; MOSS e CROWLEY, 2011; KING e ROBINSON, 2009; KAY e LESAGE, 2009). Um dos pontos em comum dessas estratégias didáticas é o uso de parte do tempo em sala de aula para o desenvolvimento de tarefas por parte dos alunos, em pequenos grupos, guiadas pelo professor. Tais tarefas têm como objetivo fazer com que os alunos atribuam significado aos conceitos que lhes são apresentados.

Dentre as técnicas de engajamento existem aquelas que se utilizam de sistemas de resposta (como por exemplo, placas numeradas ou coloridas (*flashcards*) ou *clickers*²). Sistemas de resposta têm a finalidade de fornecer ao professor um *feedback* sobre a compreensão dos alunos, e conseqüentemente as dificuldades associadas ao aprendizado de determinados conceitos. Tal *feedback* pode ser obtido, por exemplo, pelas respostas dos alunos a questões apresentadas pelo professor durante as aulas. Por meio desta estratégia os alunos percebem a instrução como sendo adaptada às suas necessidades de aprendizagem; o que, por conseguinte, promove a motivação e o envolvimento deles durante as aulas, favorecendo assim, habilidades de raciocínio mais elevadas (NICOL e BOYLE, 2003; MAZUR e WATKINS, 2007; MILLER, SANTANA-VEJA e TERRELL, 2006; FROYD, 2005; ROZENSZAYN e BEN-ZVI ASSARAF, 2009; SCHRAW, CRIPPEN e HARTLEY, 2006; CHIN e OSBORNE, 2010; BUTCHART, HANDFIELD e RESTALL, 2009; KAY e LESAGE, 2009).

Na década de 90 do século passado o professor Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), desenvolveu um método de ensino colaborativo que faz uso de sistemas de resposta tornando as aulas uma mescla entre momentos expositivos e interativos. O *Peer Instruction*, como é denominado, ou em uma tradução livre, Instrução pelos Colegas (IpC) foi criado pelo professor Mazur para ser utilizado em disciplinas introdutórias de Física e, desde então, tem ganho um grande número de adeptos ao redor do mundo sendo aplicado em diversas disciplinas em várias áreas, como, por exemplo, Física (e.g. CROUCH e MAZUR, 2001), Geologia (e.g. MCCONNELL et al., 2006) e Filosofia (BUTCHART, HANDFIELD e RESTALL, 2007).

A adoção desse método por diversas áreas se deve tanto aos esforços do professor Mazur em divulgá-lo, quanto aos relatos de aplicações bem sucedidas desse método. Pesquisas envolvendo o IpC mostram melhoras de desempenho dos alunos em testes padronizados como o *Force Concept Inventory* (FCI) (HESTENES, WELLS e SWACKHAMMR, 1992). No estudo de Crouch e Mazur (2001), a melhora de desempenho nesse teste, foi de 8% para as turmas tradicionais e entre 14% e 25% para as turmas que usam

² *Clickers* são dispositivos eletrônicos, semelhantes a controles remotos, que se comunicam por meio de radiofrequências com um receptor específico. Tal receptor é conectado a um computador e interpreta os sinais de cada aparelho, fornecendo ao professor um gráfico da distribuição de respostas dos alunos (bem como as opções selecionadas por cada aparelho).

o IpC. Já no estudo de Hake (1998), para turmas interativas o ganho para as turmas fica entre 30% e 70%.

Em linhas gerais, o IpC pode ser caracterizado por dois momentos: o estudo prévio dos conceitos principais referentes a uma determinada unidade didática e pela divisão da aula em sequências de exposições dialogadas, feitas pelo professor, e a apresentação de questões conceituais aos alunos, utilizadas para suscitar discussões entre eles. Nos períodos anterior e posterior às discussões, os alunos apresentam suas respostas, quer com o uso de cartões coloridos e/ou numerados quer com o uso de dispositivos eletrônicos, fornecendo assim, ao professor, um *feedback* sobre a compreensão que eles têm sobre os tópicos em discussão. No Capítulo 2 serão apresentados mais detalhes sobre o método IpC.

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o uso do IpC como estratégia didática no contexto de uma universidade pública brasileira – a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, procurando identificar se os resultados obtidos internacionalmente também serão corroborados. Tal objetivo geral desdobra-se em três objetivos específicos, apresentados na forma das seguintes questões de pesquisa:

1. os ganhos de aprendizagem, por parte dos alunos, são compatíveis com aqueles encontrados em estudos internacionais?
2. quais as atitudes dos alunos em relação à mudança do método de ensino tradicional para o IpC em uma disciplina de Física Geral?
3. qual a eficácia do favorecimento de discussões entre os próprios alunos, a respeito dos conteúdos estudados, em comparação com explanações para a turma, por parte do professor?

Na terceira questão visa-se explicar o papel das discussões no IpC, por meio de uma análise das relações entre ações do professor (no desenvolvimento das aulas) e ações dos alunos (nas atividades realizadas), visto que são poucos os estudos que investigam os efeitos das discussões na melhora do desempenho dos alunos e, quando o fazem, deixam de considerar ações dos professores frente à dinâmica das aulas. Uma revisão da literatura sobre os resultados do uso do IpC será apresentada no Capítulo 2.

Em uma tentativa inicial de responder às duas primeiras questões propostas foram realizados dois estudos de caso exploratórios com alunos dos cursos de graduação em Física. Nesses estudos, a coleta de dados seguiu três vias:

a) aplicação de testes padronizados: BEMA - *Brief Electricity & Magnetism Assessment* (DING et al., 2006); Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples (SILVEIRA, MOREIRA e AXT, 1989); e Avaliação sobre conhecimentos relacionados à Lei de Faraday-Lenz³) visando medir a aprendizagem conceitual dos conteúdos de Física;

b) realização de entrevistas semiestruturadas para avaliar as atitudes dos alunos frente aos métodos de ensino utilizados;

c) registro das respostas dos alunos para as Questões Conceituais apresentadas em aula. Em especial, foram comparadas as votações às questões antes e após as discussões realizadas entre os alunos, buscando assim, indícios de uma aprendizagem colaborativa.

Na tentativa de responder à terceira questão de pesquisa, foi realizado um estudo envolvendo duas turmas de graduandos da Engenharia. Uma das turmas teve aulas utilizando o método IpC e a outra com uma variação deste, na qual as discussões entre alunos foram substituídas por explicações mais detalhadas por parte do professor a cada Questão Conceitual apresentada.

Além das votações às Questões Conceituais, um teste padronizado, criado especificamente para a unidade didática ministrada durante o estudo, foi aplicado. Os resultados de ambas as turmas nesse teste foram comparados, assim como o foram com um grupo de controle, o qual assistiu aulas tradicionais.

No Capítulo 2 são apresentados os métodos IpC e o *Just-in-Time Teaching (JiTT)*, ou em uma tradução livre, Ensino sob Medida (*EsM*), que tem sido utilizado em conjunto com o IpC. Também é apresentada uma síntese dos principais resultados de pesquisas presentes na literatura acerca do IpC, caracterizados por meio de eixos de análise definidos a partir das questões-foco dos trabalhos. No Capítulo 3 são estabelecidas relações entre o IpC e o referencial teórico adotado, qual seja a Teoria da Educação de Gowin.

³ Aplicado em apenas um dos dois estudos realizados.

No Capítulo 4 são detalhados os estudos de caso realizados, sendo explicitadas as questões de pesquisa, o público-alvo, a forma de coleta e análise dos dados. No Capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados e por fim, no Capítulo 6 é feita uma síntese daquilo que se alcançou com o trabalho, servindo de base para as conclusões da pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo temos como objetivo principal fornecer um panorama sobre os trabalhos de pesquisa abordando o IpC, desde sua criação. Mais especificamente, pretendemos responder às seguintes questões-foco:

1. Dos estudos envolvendo o IpC, quais são os principais focos investigativos? Nos interessa saber, por exemplo, a natureza das questões de pesquisa apresentadas e os resultados obtidos em aspectos como desempenho, retenção e atitudes dos alunos (frente ao método e à disciplina) ao se utilizar o IpC ou variações dele.

2. Em quais contextos de ensino o IpC vem sendo aplicado? Essa questão abrange a definição das disciplinas, conteúdos e níveis de ensino em que o método vem sendo implementado.

3. Quais referenciais teórico-metodológicos têm sido adotados para subsidiar as pesquisas envolvendo o IpC? O principal objetivo é apresentar uma visão geral sobre as formas de coleta de dados, as metodologias de pesquisa e os referenciais teóricos (teorias de aprendizagem) empregados por pesquisadores ao investigar o IpC.

Apresentar-se-á nas duas seções a seguir os métodos de ensino Instrução pelos Colegas, proposto pelo Prof. Eric Mazur na década de 1990 (MAZUR, 1997), que se baseia na promoção de discussões entre alunos através da apresentação de questões conceituais; e o método Ensino sob Medida, também criado no início dos anos 1990, pelo Prof. Gregor Novak e colaboradores (NOVAK, PATTERSON, GAVRIN et al. 1999), que tem como objetivo a investigação prévia das dificuldades dos alunos em relação ao material a ser abordado em aula. Na Seção 2.3 será apresentada uma combinação desses dois métodos, pois ela é usada em dois dos estudos que realizamos com os alunos da Física. Na seção seguinte será apresentada a revisão da literatura, no período de 1996 e 2011, por meio de uma discussão sob os eixos de análise definidos a partir das questões-foco, apresentadas acima, e a relação do presente trabalho com esses resultados de pesquisa. Por fim, serão realizados comentários que incluirão questões ainda em aberto para futuros trabalhos.

2.1. Método Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*)

O método *Instrução pelos colegas*, proposto por Mazur na década de 1990 (MAZUR, 1997), pode ser dividido em oito momentos cíclicos durante as aulas. Mazur considera, atualmente, que o IpC inclui uma etapa de preparação prévia por parte dos alunos,

e assim tem aplicado esse método na Universidade de Harvard (CROUCH e MAZUR, 2001; MAZUR e WATKINS, 2007; ARAUJO e MAZUR, 2012). Contudo, na literatura muitos autores se referem ao método IpC sempre que há instrução pelos colegas, i.e., discussões entre alunos, mas não necessariamente preparação prévia (BUTCHART, HANDFIELD e RESTALL, 2009; RAO e DICARLO, 2000; NICOL e BOYLE, 2003; GIULIODORI, LUJAN e DICARLO, 2006; DEMAREE, SABELLA, HENDERSON et al. 2009; LASRY, CHARLES, WHITTAKER et. al. 2009; PEREZ, STRAUSS, DOWNEY et al. 2010). Por exemplo, em pesquisas realizadas sobre o uso do método IpC (FAGEN, 2002; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007), muitos dos professores investigados não exigiam preparação prévia dos seus alunos, e ainda assim, tanto os próprios professores quanto os autores da pesquisa, consideram que o método IpC foi utilizado. Por outro lado, conforme dito anteriormente, já na década de 1990, o Prof. Gregor Novak juntamente com Andrew Gavrin (Novak, Patterson, Gavrin et al. 1999) propunham uma fase de preparação do aluno antes da aula, visando dar *feedback* para que o professor adeque a sua exposição oral às necessidades dos alunos, denominada de Ensino sob Medida (ou *Just-in-Time Teaching*).

No presente trabalho nos referimos ao método IpC quando necessariamente há Instrução pelos Colegas, mas não necessariamente preparação prévia por parte do aluno (quando não há atividades de leitura pré-aula). Quando na Instrução entre os Colegas são seguidos os passos de 1 a 8 (Mazur, 1997), apresentados abaixo, dizemos que o método está sendo estritamente seguido; do contrário, apontamos que passos não foram rigorosamente seguidos. Em um dos casos que investigamos, as discussões entre os alunos foram substituídas por uma explicação mais detalhada por parte do professor, e o denominamos de “variação do IpC”. Ensino sob Medida designa a preparação prévia do aluno e adequação da exposição do professor às dificuldades manifestas dos alunos⁴.

1. Uma curta exposição dialogada sobre os elementos centrais de um dado conceito ou teoria é feita pelo professor, durante 15 a 20 minutos.
2. Uma pergunta conceitual de múltipla escolha denominada Questão Conceitual⁵, é proposta aos alunos sobre o conceito (teoria) apresentado(a) na exposição oral.
3. Os alunos têm entre um e dois minutos para pensarem individualmente, em silêncio, sobre a Questão Conceitual apresentada.

⁴ O que denominamos de Ensino sob Medida combinado com IpC, Mazur denomina atualmente de *Peer Instruction*.

⁵ Eric Mazur criou o termo *ConceptTest* para se referir às questões conceituais, apresentadas aos alunos durante as aulas.

4. Os alunos registram suas respostas por meio de algum sistema de resposta.
5. Os alunos discutem a questão com seus colegas, em pequenos grupos, por cerca de dois minutos. Nesse momento o ideal é que os alunos sejam encorajados a encontrar alguém com uma resposta diferente da sua, e então tentem convencê-lo de sua resposta.
6. Os alunos registram sua resposta revisada no sistema de respostas.
7. O professor recebe as respostas dos alunos, após as discussões, e pode projetar um gráfico de distribuições das respostas aos alunos (quando o sistema de resposta utilizado assim o permitir). Segundo pesquisas realizadas sobre o IpC, que serão apresentadas na Seção 2.4, as respostas tendem a convergir para a alternativa correta após a discussão, levando a uma frequência de acertos maior do que na primeira votação.
8. O professor então explica a resposta da questão aos alunos e pode ou apresentar uma nova questão sobre o mesmo conceito, para o caso em que a frequência de respostas corretas seja baixa, ou passar ao próximo tópico da aula, voltando ao primeiro passo.

Esses momentos da aula estão resumidos na Figura 1.

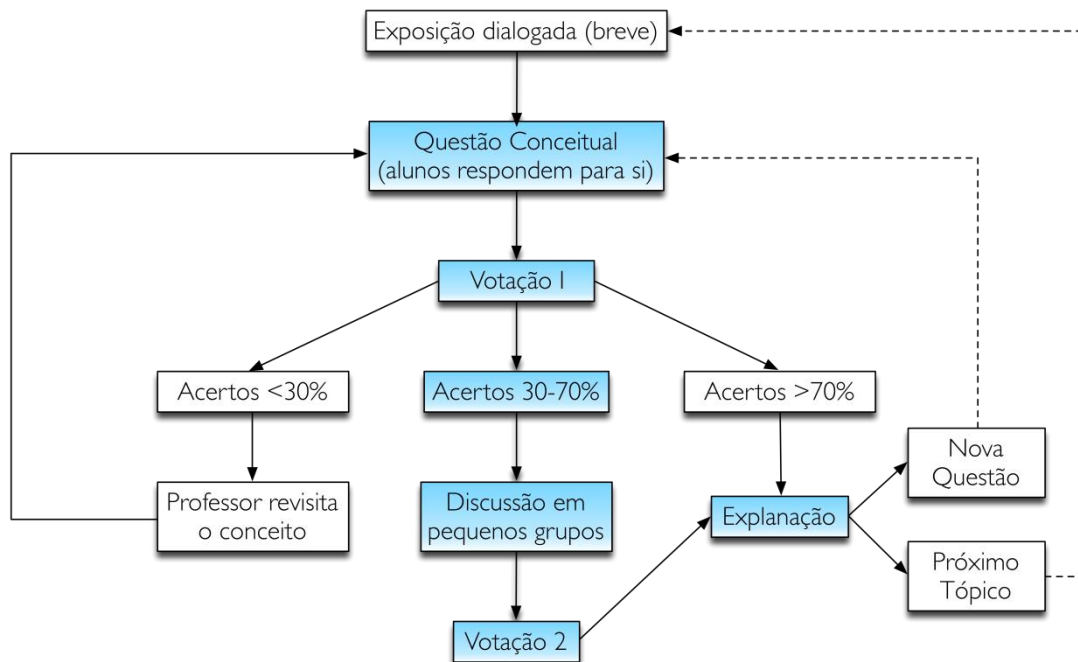


Figura 1: Dinâmica de aulas utilizando o *Peer Instruction* (ARAUJO e MAZUR, 2013).

Quanto ao item dois, tanto Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007) quanto Mazur e Watkins (2007) citam que Questões Conceituais adequadas são essenciais para o sucesso do método. As questões apresentadas em aula, sobre conceitos importantes da matéria em estudo

e planejadas segundo as dificuldades dos alunos, devem ser desafiadoras, porém passíveis de solução pelos alunos, não devendo testar a inteligência ou a memória, mas sim a aprendizagem conceitual do conteúdo. As alternativas incorretas devem ser plausíveis e, preferencialmente, baseadas em concepções espontâneas dos alunos sobre o tópico estudado. Tais alternativas podem ser extraídas de respostas a exames e tarefas para fazer em casa, ou obtidas na literatura, de modo a contemplarem mal-entendidos comuns (ibidem).

As Questões Conceituais, escritas de forma inequívoca, devem focar um único conceito importante, correspondente a uma dificuldade comum dos alunos, e exigir que eles pensem, e não meramente substituam valores em equações (CROUCH et al., 2007). Na concepção de Mazur, questões mal interpretadas pelos alunos não fornecem *feedback* útil, ainda que questões confusas possam fornecer experiência para o aluno, na medida em que esforços são realizados para compreendê-las. Para escolher as Questões Conceituais a serem apresentadas à turma, o professor precisa avaliar quais conceitos causam dificuldades aos alunos e qual o nível adequado para a turma.

Crouch et al. (2007) citam diversas formas pelas quais as respostas dos alunos podem ser registradas, conforme mencionado no item quatro. Podem ser utilizadas, por exemplo:

- as mãos - os alunos simplesmente levantam a mão para indicar com os dedos a alternativa escolhida. As principais desvantagens desse modo são a dificuldade do professor para determinar com alguma precisão o número de votantes em cada uma das alternativas, o desconforto de alguns alunos (intimidados pelos colegas) e uma possível influência dos colegas, visto que as mãos são visíveis a todos;
- cartões (*flashcards*) numerados e/ou coloridos são levantados pelos alunos. Com esse sistema, em comparação com o uso das mãos, é mais difícil para os alunos verem as respostas dos outros e serem influenciados. Entretanto, tais problemas persistem, assim como a dificuldade do professor para avaliar em turmas grandes as porcentagens de respostas em cada alternativa antes e depois das discussões;
- formulários ópticos: os alunos marcam suas respostas em folhas ópticas que são digitalizadas após a aula, para uma análise posterior. Esse método é desvantajoso, porque o professor não tem o retorno imediato das respostas dos alunos;

- dispositivos eletrônicos (*clickers*, celulares, *laptops*) para registrarem suas respostas em *sites* específicos, que o professor acessará em tempo real, ou por meio de uma conexão por radiofrequência ou infravermelho. Nesse caso, no computador do professor, um receptor de radiofrequência é conectado de modo que todas as respostas dos alunos são coletadas em tempo real, podendo o professor, sem mostrar para os alunos num primeiro momento, ver um gráfico da distribuição de respostas. A grande vantagem desse sistema é que as respostas são precisas e ficam imediatamente disponíveis para o professor e não necessariamente para o aluno.

Em todos os tipos de sistemas de respostas o professor pode pedir aos alunos que indiquem o grau de confiança em suas respostas⁶, de modo a analisar o papel das discussões sobre essas. Ou seja, as mudanças ocorridas no grau de confiança do aluno sobre a sua resposta entre a primeira e a segunda votações, caso ocorram, fornecerão ao professor um indicativo da segurança do aluno em relação ao conteúdo.

É importante destacar que após a primeira votação (item 4) não necessariamente ocorrerá discussão entre os colegas (item 5). Há três possíveis caminhos, que dependem do percentual de acertos na Questão Conceitual (MAZUR, 1997), a saber:

- *abaixo de 35%* - o conceito é revisitado, ou seja, uma nova explicação é dada para os alunos, visto que poucas respostas corretas indicam que a questão é ambígua ou que os alunos não têm conhecimento ou entendimento suficiente sobre o conteúdo, o que levará a discussões pouco produtivas;
- *entre 35% e 70%* - avança-se para o passo cinco. Crouch et al. (2007) mencionam que respostas iniciais com frequência de acertos entre 35% e 70% levam a um engajamento e discussões mais eficazes;
- *acima de 70%* - avança-se diretamente ao passo sete, já que as discussões trariam poucos benefícios.

Durante as discussões realizadas no passo cinco o professor e/ou tutor(es) circula(m) por todo o espaço para encorajar discussões produtivas. Desse modo, há uma profunda mudança em relação à maneira tradicional de ensino, em que professores transmitem seus conhecimentos para os alunos por meio de aulas expositivas, com pouca ou nenhuma

⁶ O grau de confiança nas respostas é aferido por meio de uma votação, após cada Questão Conceitual, na qual os alunos escolhem uma das seguintes alternativas: 1) sem confiança; 2) alguma confiança e 3) certeza absoluta.

interação entre professor-aluno ou dos alunos entre si. Durante as discussões os alunos interagem entre si e com o professor em uma constante negociação de significados de modo a esclarecer dúvidas subjacentes às questões conceituais apresentadas.

2.2. O método Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*)

No início dos anos 1990 o Prof. Gregor Novak juntamente com Andrew Gavrin, ambos da Universidade Purdue de Indianápolis, e Evelyn Patterson, da Academia da Força Aérea dos Estados Unidos no Colorado, propuseram uma metodologia de ensino, que denominaram de *Just-in-Time Teaching*, cuja finalidade é ajudar os alunos a assumirem responsabilidade pela sua aprendizagem, além de investigar as dificuldades prévias do aluno em relação ao material a ser abordado em aula, de modo a permitir que o professor prepare aulas sob medida para aqueles alunos. Segundo Novak e Middendorf (2004) os principais objetivos do Ensino sob Medida são:

- maximizar a eficácia do aprendizado em aula, promovendo maior interação entre professores e alunos;
- estruturar o tempo fora e dentro de sala de aula, por meio da proposta de atividades de leitura prévias e de exercícios colaborativos realizados durante as aulas, para o máximo benefício da aprendizagem;
- criar e sustentar interações entre pares. Ou seja, os alunos trabalham em equipe (com os instrutores ou colegas) de modo que adquiram uma quantidade máxima de conhecimentos ao final da disciplina.

O EsM pode ser dividido em dois momentos principais: atividades pré-aula, que consistem na resolução de problemas preparatórios para as aulas; e aulas expositivas interativas. Durante as aulas os alunos são divididos em grupos e resolvem problemas de maneira colaborativa. Novak e Middendorf (2004) categorizaram as atividades que os professores podem preparar, via *web*, em três tipos:

- atividades de preparação para as aulas;
- disponibilização de textos sobre a prática e aplicações cotidianas, com *links* a diversos *sites*, para a posterior leitura dos alunos;
- disponibilização de simulações e listas de exercícios, para realização por parte dos alunos extraclasse.

Os materiais disponíveis na *web* servem, então, como recursos de comunicação, organização e provimento de informação aos alunos. De acordo com Novak e Middendorf (2004) quando os alunos têm contato com determinado material antes da aula eles acabam por aprender mais com a exposição do professor, pois aprendem melhor quando sabem quando, onde e por que vão usar os conhecimentos que estão aprendendo.

O conhecimento das respostas dos alunos para as atividades preparatórias permitem ao professor organizar o ensino de modo a atender às necessidades dos alunos, tornando as aulas mais eficazes. Já as aulas em que os alunos realizam atividades de resolução de problemas cooperativamente têm a finalidade de desenvolver nos alunos habilidades de comunicação e pensamento crítico, visto que durante as interações entre eles há uma constante negociação de significados de conceitos enquanto buscam explicar seu raciocínio para os colegas.

No período posterior às aulas os alunos têm acesso aos textos sobre aquilo que foi visto em aula e aplicações cotidianas que representam um fator motivador ao estudo dos conteúdos apresentados em aula. Por fim, as simulações e listas de exercícios são utilizadas para promover o estudo autônomo por parte dos alunos, fazendo-os assumirem a responsabilidade pela sua aprendizagem.

2.3. Combinando o Ensino sob Medida com a Instrução pelos colegas

Na Universidade de Harvard (EUA), assim como em outras instituições de ensino, o IpC é precedido pelo EsM, como apontado por Crouch et al. (2007) e Fagen (2002). O EsM auxilia no planejamento das aulas, tornando-as mais eficazes, visto que os alunos, como preparação para essas, leem um material indicado pelo professor sobre o tema que será trabalhado na aula (geralmente algumas seções do livro-texto adotado) e respondem a algumas questões, que servirão de *feedback* para o professor preparar a sua exposição oral e escolher as Questões Conceituais daquela aula. Na Universidade de Harvard, os alunos respondem três questões referentes às leituras, cujas respostas são enviadas via *web*. Duas das questões são conceituais, sobre o tópico lido previamente pelos alunos; já a terceira, questiona sobre dificuldades e/ou interesses do aluno suscitados pela leitura.

Assim, pode-se dizer que existe uma etapa anterior aos oito momentos apresentados na Figura 1, a qual abrange uma atividade pré-aula realizada pelos alunos, que o professor avalia e leva em conta no planejamento didático. A Figura 2 sintetiza as ações do professor,

ao preparar e conduzir as aulas e, pelos alunos, ao realizar as atividades preparatórias para as aulas (ancoradas pelo EsM), bem como a participação ativa durante as aulas, desenvolvidas com a método IpC⁷. As aulas expositivas ministradas pelo professor no início de cada apresentação de tópico ou conceito, requerem tempo, como mencionam Crouch et al. (2007); por este motivo o professor deve discutir parte do material e esperar que os alunos aprendam o restante sozinhos ou reduzir o número de temas abordados durante o semestre⁸.

As atividades realizadas no período anterior à aula favorecem o engajamento dos alunos nelas, já que a percebem como sendo baseadas em suas dúvidas e interesses sobre o conteúdo, além de aumentar o tempo que o aluno dedica ao estudo (NOVAK e MIDDENDORF, 2004). Como resultado o professor é capaz de: a) avaliar a compreensão dos alunos antes de iniciada a exposição dos conteúdos, b) focar em pontos específicos durante a exposição dos conteúdos e c) adicionar informações extras no ambiente virtual para revisão.

Assim o EsM torna mais fácil a preparação e/ou escolha de Questões Conceituais para as aulas que utilizam o IpC, pois o professor passa a conhecer previamente as dificuldades enfrentadas pelos alunos, através de suas respostas para atividades pré-classe. Com o *feedback* obtido por meio das respostas às Questões Conceituais e às questões relacionadas às leituras prévias, o professor pode monitorar o progresso dos alunos, bem como orientá-los na compreensão de novas teorias e conceitos, ancorados nos conhecimentos prévios (MAZUR e WATKINS, 2007). Isso propicia melhores condições para os alunos obterem maior sucesso em sua aprendizagem, visto que gradativamente aprendem a usar seus conhecimentos, crenças e habilidades para criar novos conhecimentos.

Mazur e Watkins (op. cit.) consideram que a principal vantagem do IpC é o desenvolvimento de habilidades de discussão, promovendo oportunidades para os alunos aprimorarem suas habilidades de ouvir críticas e desenvolver argumentos sólidos (independente do assunto), e tornando-os participantes ativos em aula. Já o EsM favorece o desenvolvimento de habilidades de leitura e compreensão, incentivando o aluno a assumir a responsabilidade por sua própria aprendizagem. Dessa forma, o uso conjunto do IpC e do EsM gera uma mudança de foco do ensino-aprendizado, do professor para o aluno.

⁷ As informações temporais apresentadas na Figura 2 podem sofrer alterações dependendo do número de horas-aula semanais da disciplina.

⁸ A Figura 2 ilustra com clareza qual etapa do processo corresponde ao Ensino sob Medida, qual corresponde à Instrução pelos colegas, justificando a nomenclatura coerentemente usada no presente trabalho.

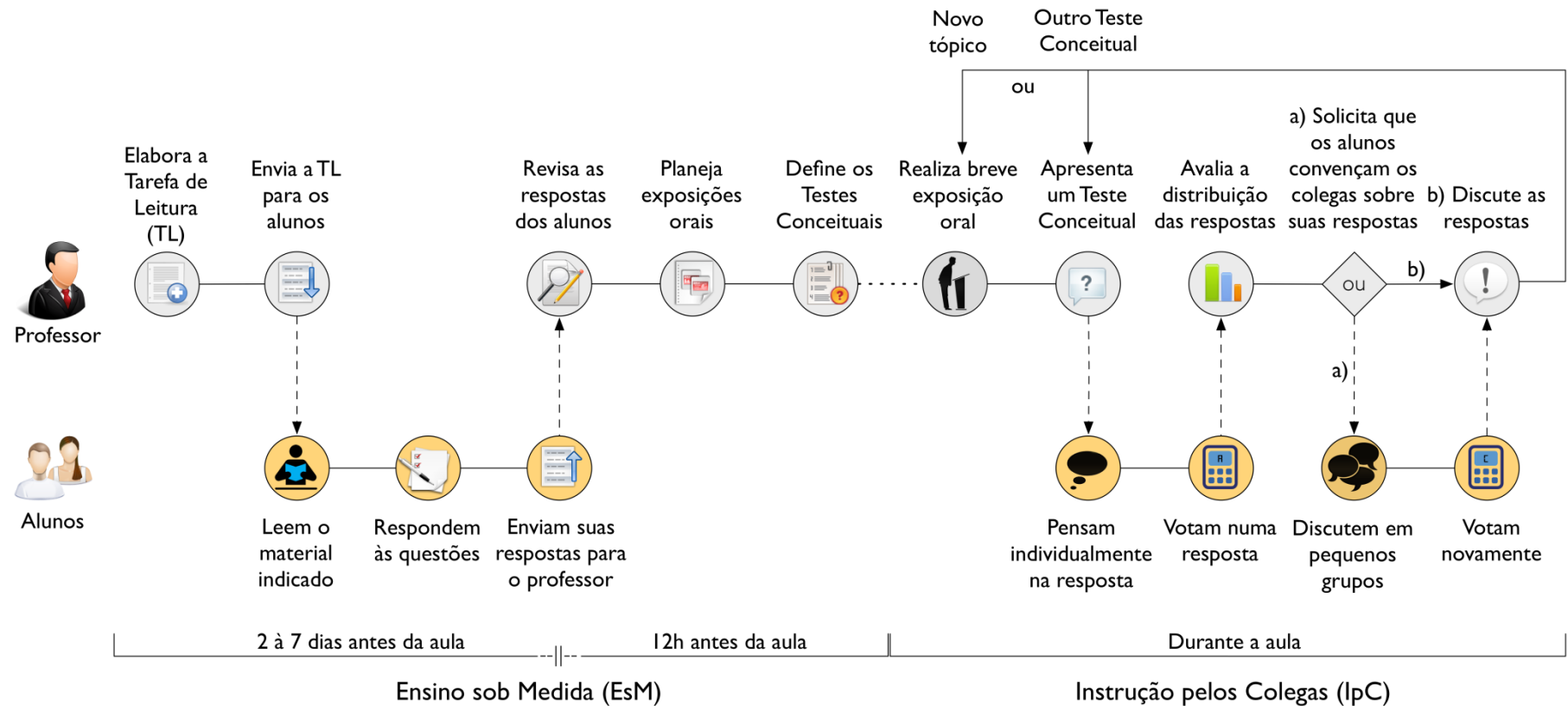


Figura 2: Sequência temporal das ações do professor e dos alunos em aulas que utilizam a combinação do *Peer Instruction* e do *Just-in-Time Teaching* (ARAUJO e MAZUR, 2013)

Visto que o ensino é fortemente dependente do contexto e que não é aceitável importar-se dados acriticamente, é de se esperar que estudos educacionais realizados fora do Brasil sejam replicados no nosso contexto. Como um exemplo, podemos citar o fato de que no Brasil os estudantes têm obrigatoriamente a disciplina de Física durante a educação básica, diferentemente dos Estados Unidos, onde ela é opcional. Por outro lado, lá o IpC é largamente utilizado com resultados bastante positivos. E aqui, também o seria? Em que medida as diferenças contextuais podem comprometer esses resultados?

Para responder essas e outras questões dessa natureza, é necessário investigar se é possível obter aqui resultados com esse método tão palpáveis quanto os apresentados nos estudos internacionais no que se refere a melhorias de desempenho e motivação dos alunos. Para tanto, é indispensável uma revisão da literatura, que passamos a apresentar.

2.4. Panorama geral

Apesar do método IpC possuir quase vinte anos de existência e ser empregado em diversas instituições de ensino, principalmente em universidades dos Estados Unidos, Canadá e Austrália, o Brasil carece de publicações na área. Tendo isso em vista, a revisão da literatura se concentrou em revistas e atas de conferências internacionais publicadas no período compreendido entre 1997 e 2013. Os artigos foram selecionados por meio da verificação tanto no título quanto no corpo do texto das palavras-chave *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching*, assim como suas abreviações (*PI* e *JiTT*).

As revistas pesquisadas foram: *Science*, *American Journal of Physics*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *The Physics Teacher*, *American Journal of Pharmaceutical Education*, *Research in Science Education*, *European Journal of Physics*, *Astronomy Education Review*, *Life Sciences Education*, *Advances in Physiology Education*, *Cell Biology Education*, *Computers & Education*, *Journal of Engineering Education*, *Journal of Geoscience Education*, *The Journal of Geology*, *Teaching Philosophy*, *Research-Based Reform of University Physics*, *College Teaching*, *Studies in Higher Education*, *Complexity*, *Primus*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* e *Revista Enseñanza de la Física*.

Além dessas revistas também foram consultados textos apresentados nas conferências: *Physics Education Research Conference Proceedings*, *AIP Conference*

Proceedings, Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05).

Foram encontrados 63 artigos contendo as palavras-chave citadas, dos quais 20 apenas utilizam o IpC como um exemplo de método com engajamento interativo por parte do aluno; cinco são de divulgação; um, de revisão; e os demais são de pesquisa sobre o método ou relato de experiência. Começamos descrevendo, sucintamente, os artigos de cunho geral.

Dos cinco artigos que se dedicam exclusivamente à disseminação do IpC, alguns explicitam minuciosamente o método, indicando orientações para uma melhor eficácia em sua utilização, e apresentam resultados positivos provenientes de outros artigos publicados anteriormente (FAGEN, CROUCH e MAZUR, 2002; MAZUR, 2006; ROSENBERG, LORENZO e MAZUR, 2006; MAZUR e WATKINS, 2007; ZHANG e MAZUR, 2010).

Froyd (2005) faz uma revisão sobre diferentes práticas pedagógicas que tem por meta estabelecer melhorias de ordem prática nos currículos de diferentes cursos de graduação em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Nesse artigo são categorizadas diferentes práticas pedagógicas e discutidas as possíveis melhorias que elas produziriam em relação a modificações nos conteúdos, na organização e estabelecimento de prioridades desses, nos pré-requisitos necessários aos alunos, na metodologia utilizada e nas avaliações. Os demais artigos buscam respostas a questões de pesquisa relacionadas à aplicação do método em determinado contexto e a variações metodológicas, cuja análise de dados recai sobre a avaliação do desempenho dos alunos em comparação com alunos ensinados por outros métodos (ou comparando os resultados de aplicações com o de outras instituições de ensino); ou ainda, por meio da recolha de informações sobre as atitudes de alunos e professores com relação ao método e ao aprendizado e serão o foco de nossa análise daqui em diante.

Chen, Lin, Chang et al. (2005) abordam o uso de suporte tecnológico em uma estratégia de ensino baseada no uso conjunto do IpC e do EsM, entretanto, não apresentam resultados de desempenho em testes ou mesmo nas questões propostas para as aulas e por isso esse artigo não foi incluído na categorização que faremos a seguir. O grande diferencial das atividades propostas pelos autores está relacionado à forma com que as questões conceituais eram respondidas. Os alunos trabalhavam, em aula, em grupos e respondiam as questões *online* (cada um em um computador), sendo que cada integrante do grupo tinha que selecionar a mesma alternativa, avançando para as próximas questões ao responder corretamente. Depois

de ler o material e responder às questões, os alunos se comunicam com seus colegas de classe via *web*, formando grupos (com um máximo de seis componentes) cujas respostas podiam ser lidas anonimamente. Os estudantes, então, realizavam uma autoavaliação e uma avaliação dos colegas de grupo nas atividades pré-classe devendo chegar a um consenso sobre a resposta correta. Os autores perceberam, durante as atividades, que os alunos não têm o hábito de leitura, como consequência acabam por apresentar um baixo desempenho nas atividades pré-classe. Também foi observado que alguns alunos discutem as questões rapidamente, perdendo o foco da aula e comprometendo o seu aprendizado.

Os artigos que respondem questões de pesquisa sobre o IpC foram avaliados segundo onze eixos de análise que serão detalhados e discutidos na próxima seção. Os eixos de análise, inspirados nas questões de pesquisa dos artigos, são: conteúdos abordados; instrumentos de coleta de dados; referenciais teóricos utilizados; nível de ensino; metodologia de pesquisa; temas de pesquisa (que incluem: a) retenção da aprendizagem; b) desempenho - em testes padronizados, por exemplo; c) crenças e atitudes de alunos e (ou) professores sobre as aulas, ou sobre os métodos e materiais utilizados, ou sobre a ciência; d) questões de gênero; e) interações sociais em sala de aula - como, por exemplo, a troca de respostas); e variações metodológicas (nos sistemas de votação ou triangulação metodológica com outros métodos, por exemplo).

2.5. Eixos de Análise

2.5.1. Conteúdos Abordados

Apesar de ter sido criado por um professor de Física e aplicado largamente em turmas introdutórias que abordam o tópico de Mecânica, o IpC também tem sido utilizado em outras áreas como mostrado no Quadro 1.

No presente trabalho optou-se por abordar um tópico de Física pouco discutido na literatura com o método IpC: o Eletromagnetismo. Os ganhos de aprendizagem serão comparados com os resultados presentes na literatura, de forma semelhante à feita por Hake (1998), que comparou os resultados de ganhos normalizados para alunos submetidos a diferentes estratégias didáticas: com engajamento interativo e com aulas tradicionais. Hake concluiu que o ganho no desempenho, aferido com o teste padronizado FCI (*Force Concept Inventory*), para turmas interativas fica na faixa de 30% e 70%. A forma com que o ganho normalizado é definido por Hake, será retomada de forma detalhada no Capítulo 4

(Metodologia de pesquisa), já que o seu cálculo é utilizado para interpretação dos resultados obtidos no presente trabalho.

Quadro 1: Distribuição de áreas e conteúdos abordados em pesquisas com o IpC.

Autor(es)	Conteúdo abordado
Lasry, Mazur e Watkins (2008)	Mecânica Newtoniana
Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007)	
Lasry, Mazur, Watkins et al. (2013)	
Barros, Remold, Silva et al. (2004)	
Lasry, Charles, Whittaker et al. (2009)	
Crouch e Mazur (2001)	
Lorenzo, Crouch e Mazur (2006)	
Cummings, Roberts, Henderson et al. (2008)	
Lasry (2008)	
Nicol e Boyle (2003)	
Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009)	Cinemática e vetores
Watkins e Sabella (2008)	
Pollock (2009)	Eletromagnetismo
Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009)	
Lenaerts, Wieme e Zele (2003)	Magnetismo
Mckagan, Perkins e Wieman (2006)	Mecânica Quântica
Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009)	
Nicol e Boyle (2003)	Termodinâmica
Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009)	Mecânica estatística
James, Barbieri e Garcia (2008)	Astronomia
Higdon e Topaz (2009)	Matemática
Pilzer (2001)	
Rao e DiCarlo (2000)	Fisiologia
Rao e DiCarlo (2001)	
Cortright, Collis, DiCarlo e Stephen (2005)	
Giuliodori, Lujan e DiCarlo (2006)	
Giuliodori, Lujan e DiCarlo (2008)	Genética
Perez, Strauss, Downey et al. (2010)	
Smith, Wood, Adams et al. (2009)	
Crossgrove e Curran (2008)	
Knight e Wood (2005)	Filosofia
Butchart, Handfield e Restall (2009)	
Mcconnell, Steer, Owens et al. (2006)	Geociências
Piepmeier (1998)	Farmácia

Como o foco da presente dissertação é a Física, a partir desse ponto restringimo-nos à análise dos artigos dezesseis artigos constantes no Quadro 1, referentes ao conteúdo de Física, incluindo Astronomia, além dos artigos de TURPEN, FINKELSTEIN, HSU et al. (2007) e TURPEN e FINKELSTEIN (2009), que analisam o comportamento de professores de física

ao utilizarem o IpC, sem citar o conteúdo abordado, e DANCY e HENDERSON (2010) que também analisam as atitudes de professores de física.

2.5.2. Instrumentos de coletas de dados

Para a investigação da aprendizagem de conteúdo de Física, os instrumentos mais utilizados são os testes padronizados, as questões conceituais e as tarefas dos alunos (que incluem os exames), conforme passamos a discriminar.

Doze dos 19 artigos de Física analisados nessa categoria medem o desempenho dos estudantes em testes padronizados em sala de aula como indicativo da aprendizagem gerada pelo uso do IpC (CROUCH e MAZUR, 2001; LENAERTS, WIEME e ZELE, 2003; BARROS, REMOLD, SILVA et al. 2004; LORENZO, CROUCH e MAZUR, 2006; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007; MCKAGAN, PERKINS e WIEMAN, 2007; CUMMINGS, ROBERTS, HENDERSON et al. 2008; LASRY, 2008; LASRY, MAZUR e WATKINS, 2008; POLLOCK, 2009; LASRY, CHARLES, WHITTAKER et al. 2009; LASRY, MAZUR, WATKINS et al. 2013).

Os autores de nove dos 19 artigos citados utilizaram o teste MBL (*Mechanics Base Line*) (HESTENES e WELLS, 1992) e/ou o FCI (*Force Concept Inventory*) (HESTENES, WELLS e SWACKHAMER, 1992) como forma de coleta de dados quando a pesquisa envolvia o estudo de tópicos de Mecânica. Outros autores utilizaram o BEMA (*Brief Electricity & Magnetism Assessment*) (DING, CHABAY, SHERWOOD e BEICHNER, 2006), o *Magnetism Concept Inventory* (MALONEY, O'KUMA, HIEGGELKE e VAN HEUVELEN, 2001) e o QMCS (*Quantum Mechanics Conceptual Survey*)⁹.

As questões conceituais são utilizadas, não exclusivamente¹⁰, por nove dos 19 dos artigos (CROUCH e MAZUR, 2001; LENAERTS, WIEME e ZELE, 2003; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007; TURPEN, FINKELSTEIN, HSU et al. 2007; CUMMINGS, ROBERTS, HENDERSON et al. 2008; WATKINS e SABELLA, 2008; JAMES, BARBIERI e GARCIA, 2008; LASRY, CHARLES, WHITTAKER et al. 2009; TURPEN e FINKELSTEIN, 2009).

Tarefas de alunos (incluindo os exames) e notas de campo (compostas de observações dos alunos realizando alguma atividade em aula) são importantes para averiguar

⁹ <http://per.colorado.edu/QMCS>.

¹⁰ Várias dessas referências usam também testes padronizados ou outros instrumentos de medida.

a aprendizagem de conteúdo para nove dos 19 artigos (CROUCH, MAZUR, 2001; BARROS, REMOLD, SILVA et al. 2004; TURPEN, FINKELSTEIN, HSU et al. 2007; CROUCH, WATKINS, FAGEN, et. al. 2007; LASRY, 2008; LASRY, MAZUR e WATKINS, 2008; WATKINS e SABELLA, 2008; JAMES, BARBIERI, GARCIA, 2008; TURPEN e FINKELSTEIN, 2009).

Para a investigação da atitude de alunos e professores frente ao método, os instrumentos mais utilizados são questionários de atitudes (NICOL e BOYLE, 2003; BARROS, REMOLD, SILVA et al. 2004; MCKAGAN, PERKINS e WIEMAN, 2006; CROUCH, WATKINS, FAGEN, et al. 2007; TURPEN e FINKELSTEIN, 2009; PERKINS, TURPEN, SABELLA et al. 2009; DANCY e HENDERSON, 2010).

Cabe ressaltar que a quase totalidade dos autores utiliza mais de uma forma de coleta de dados. Exemplos de artigos que colhem e analisam tanto dados de desempenho dos alunos, por meio de testes padronizados, quanto a atitude dos alunos, por meio de entrevistas e questionários de atitudes, são: Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007); Mckagan, Perkins e Wieman (2007); Turpen, Finkelstein, Hsu et al. (2007); James, Barbieri e Garcia (2008); Watkins e Sabella (2008).

No presente trabalho foram utilizados como instrumentos de coleta de dados os resultados das votações às Questões Conceituais realizadas em aula, o desempenho dos alunos em três testes padronizados, a saber: BEMA, Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples e Avaliação sobre conhecimentos relacionados à Lei de Faraday-Lenz, desenvolvido especificamente para um dos três estudos realizados. Ainda, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas que servirão para avaliar tanto a aprendizagem de conteúdo quanto a opinião dos alunos sobre a sua dedicação aos estudos e a contribuição das diferentes etapas do método para a sua aprendizagem.

2.5.3. Metodologia de pesquisa

Dez dos 19 artigos analisados se concentra em pesquisa quantitativa, ou seja, faz uso de cálculos estatísticos e afins. Incluem-se nessa categoria os trabalhos de Crouch e Mazur (2001); Lenaerts, Wieme e Zele (2003); Lorenzo, Crouch e Mazur (2006); Lasry (2008); Lasry, Mazur e Watkins (2008); Cummings, Roberts, Henderson et al. (2008); Pollock (2009); Lasry, Charles, Whittaker et al. (2009); Dancy e Henderson (2010); Lasry, Mazur, Watkins et al. (2013).

Artigos que se valem somente de pesquisa qualitativa são Nicol e Boyle (2003); Turpen, Finkelstein, Hsu et al. (2007); Turpen e Finkelstein (2009) e Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009).

Por outro lado, Mckagan, Perkins e Wieman (2007) pode ser classificados como seguindo uma metodologia mista, visto que a análise dos dados é feita sob ambas as perspectivas (quantitativa e qualitativa).

2.5.4. Nível de Ensino

Nessa categoria de análise, todos os 19 artigos analisados especificam em que nível de ensino o IpC foi aplicado, enunciando explicitamente qual o público alvo para a coleta de dados, ou seja, os artigos citam se a pesquisa se dá no ensino superior ou na educação básica. Dezesete dos 19 artigos, investigaram aplicações do IpC no ensino superior (CROUCH e MAZUR, 2001; NICOL e BOYLE, 2003; LENAERTS, WIEME e ZELE, 2003; BARROS, REMOLD, SILVA et al. 2004; LORENZO, CROUCH e MAZUR, 2006; MCKAGAN, PERKINS e WIEMAN, 2007; TURPEN, FINKELSTEIN, HSU et al. 2007; JAMES, BARBIERI e GARCIA, 2008; WATKINS e SABELLA, 2008; ; LASRY, 2008; LASRY, MAZUR e WATKINS, 2008; TURPEN e FINKELSTEIN, 2009; PERKINS, TURPEN, SABELLA et al. 2009; POLLOCK, 2009; LASRY, CHARLES, WHITTAKER et al. 2009; DANCY e HENDERSON, 2010; LASRY, MAZUR, WATKINS et al. 2013), sendo que um deles também inclui algum resultado para o nível médio (CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007). Apenas um artigo daqueles analisados se dedica ao estudo do IpC no ensino médio (CUMMINGS, ROBERTS, HENDERSON et al. 2008). No presente trabalho, também tem-se como foco o ensino superior.

2.5.5. Referenciais teóricos utilizados

Em nossa revisão, encontramos poucos trabalhos que procuram articular referenciais teóricos de aprendizagem com os métodos de ensino IpC e EsM. Mesmo Mazur não cita, em seu livro (MAZUR, 1997) ou em artigos, teorias de aprendizagem subjacentes ao método desenvolvido por ele, apesar de apoiar suas estratégias didáticas em resultados de pesquisas em ensino. Foram encontrados apenas dois artigos que indicam explicitamente um referencial teórico subjacente ao IpC, que são descritos a seguir.

Lenaerts, Wieme e Zele (2003), ao final de seu artigo lançam uma pergunta: por que o IpC é tão eficaz? Para os autores o fator preponderante do IpC para a melhora de desempenho dos alunos é o aumento da confiança do aluno em suas próprias capacidades e não o seu envolvimento ou o caráter colaborativo das aulas. Os autores ressaltam que nem todos os alunos se engajam de maneira eficaz durante as aulas e que outras estratégias de ensino cooperativas ou colaborativas não conseguem melhorar a eficácia de aulas.

Para esses autores o aumento da autoconfiança dos alunos está relacionado com as discussões correntes em aula. Como os alunos muitas vezes não compreendem os conceitos básicos apresentados pelos professores, acabam por recorrer à memorização como estratégia de aprendizagem. Já nas discussões entre os colegas, os alunos costumam estar em um mesmo nível de conhecimento e a aprendizagem mecânica é pouca utilizada. Sendo assim, uma hipótese aceitável, levantada pelos autores para a eficácia das discussões, é a de que a proximidade dos níveis cognitivos dos alunos, faz com que as discussões se deem no âmbito da zona de desenvolvimento proximal, expressão cunhada por Vygotsky (1991) para designar a distância entre o nível de desenvolvimento real, caracterizado por situações que uma pessoa pode resolver problemas individualmente e o nível de desenvolvimento potencial, associado a situações em que é necessário auxílio ou colaboração de um parceiro mais capaz (que já consolidou a situação de maneira autônoma) para a realização de uma atividade. Ainda segundo os autores, essa linha de raciocínio poderia estabelecer bases pedagógicas sólidas para o IpC, sendo esse um dos objetivos do presente trabalho.

O segundo artigo que busca explicitar um referencial teórico para a metodologia de Mazur é de autoria de Nicol e Boyle (2003). No artigo é abordada a seguinte questão: quais as percepções dos estudantes quanto a diferentes sequências de discussões sobre o seu entendimento e sua motivação? Na pesquisa foram estudadas as diferenças entre o IpC, que se baseia em discussões em pequenos grupos, e discussões envolvendo a turma toda.

Os autores citam brevemente que tanto o IpC quanto o uso de *clickers* em sala de aula se baseiam no construtivismo. Entretanto tal ponto de vista não é compartilhado por nós, visto que o uso de recursos tecnológicos não é garantia de um abandono do comportamentalismo. Para os autores, a compreensão conceitual é desenvolvida principalmente através das atividades realizadas pelos estudantes, ou seja, a compreensão conceitual é desenvolvida, pelos alunos, ao expressarem suas opiniões durante as votações; e no construtivismo social em que grande parte da aprendizagem é mediada socialmente com

indivíduos ativos que constroem seu conhecimento através do diálogo (nesse caso o papel das discussões). No presente trabalho adotamos como referencial teórico para amparar a metodologia utilizada em sala de aula, o Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin.

2.5.6. Temas de pesquisa

2.5.6.1. Retenção da aprendizagem

Foram encontrados dois artigos que analisam os ganhos de aprendizagem de alunos e sua consequente retenção ao ser utilizado o IpC como estratégia didática. O estudo de Crouch e Mazur (2001) avaliou, por meio de um exame realizado em um semestre posterior à instrução, a retenção de conhecimentos dos alunos. Observou-se que em turmas cuja metodologia empregada foi o IpC, ou seja, para as quais aulas expositivas eram intercaladas com atividades realizadas pelos alunos, o aprendizado foi mantido mesmo passado um semestre e, os alunos destas turmas se saíram melhor que os do ensino tradicional.

De maneira análoga, Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007), em um estudo referente à utilização do IpC na Universidade de Harvard em um período de 10 anos, verificaram que os alunos em turmas que utilizaram o IpC tiveram uma retenção maior que os alunos de turmas tradicionais¹¹. Tal resultado foi encontrado ao compararem os resultados dos testes conceituais com os dos exames. Analisando as respostas dos testes conceituais antes e depois da discussão e as respostas de questões em exames, as quais deveriam ser acompanhadas de explicações corretas. Os autores constataram que para algumas questões ou conceitos a frequência de respostas corretas do exame ficou abaixo das respostas após as discussões, mas sempre ficou acima das respostas antes das discussões, o que mostra que os alunos mantêm conhecimentos adquiridos que eles não tinham antes das discussões.

Nos Estudos 1 e 3, a serem explicitados no Capítulo 5, foram avaliados os níveis de retenção a médio prazo para alunos em turmas utilizando o IpC. Tal análise foi feita ao se relacionar os resultados das votações às Questões Conceituais realizadas em aula com o resultado de desempenho dos alunos nos testes padronizados aplicados. Por outro lado, o

¹¹ Os resultados incidiram sobre os ganhos de aprendizagem por parte de alunos em dois testes: o *Force Concept Inventory* e o *Mechanics Base Line*, além das respostas às próprias questões conceituais, que avaliam o desempenho durante as aulas e a retenção no final do semestre. Foram comparados os resultados encontrados com o uso do IpC com os obtidos em aulas tradicionais, e também conforme o IpC foi sendo refinado (melhora de questões conceituais, adequação dos livros-texto, inserção de leituras pré-aula e aprendizagem cooperativa, etc.).

Estudo 2, avaliou a retenção a curto prazo por meio de um teste padronizado, comparando o desempenho dos alunos de turmas tradicionais e de turmas utilizando o IpC.

2.5.6.2. *Desempenho*

Doze dos 19 artigos de pesquisa analisados sobre o IpC avaliam o desempenho de alunos em testes padronizados, frente a alguma modificação no método descrito por Mazur em seu livro (MAZUR, 1997) ou em comparação com o ensino tradicional (aulas puramente expositivas). Dois desses artigos foram publicados pelo próprio autor do método ao analisar, por exemplo, os ganhos de aprendizagem dos alunos ao longo de 10 anos de uso de IpC na Universidade de Harvard (CROUCH e MAZUR, 2001 e CROUCH, WATKINS, FAGEN, et al. 2007). Em ambos os estudos, os autores, avaliando as respostas dos alunos ao *Force Concept Inventory* e o *Mechanics Base Line*, como pré e pós-teste, e às questões conceituais utilizadas em aula, verificaram que aqueles que assistiram aulas em turmas que utilizaram o IpC alcançaram ganhos normalizados duas a três vezes maiores que alunos de turmas ditas tradicionais.

Em específico, Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007) mostraram que em todos os pós-testes os alunos de turmas com o IpC superaram os alunos de turmas com ensino tradicional em ganhos normalizados relativos ao *Force Concept Inventory*, chegando a 74% (em comparação com 40% do ensino tradicional) e no *Mechanics Base Line* com escores superiores a 79% (em comparação com 66% do ensino tradicional), sendo esse composto por questões quantitativas; o que mostra que as habilidades dos estudantes em resolução de problemas quantitativos são comparáveis ou melhores que os obtidos na instrução tradicional. Para que os alunos alcancem um bom desempenho em testes como esse, eles devem desenvolver habilidades de raciocínio mais complexo e eficiente, o que somente ocorre quando estão ativamente envolvidos com o material instrucional. Esse envolvimento por parte do aluno é promovido em atividades colaborativas.

Crouch, Watkins, Fagen et al. (ibidem) analisaram as respostas fornecidas por 384 professores de outras instituições de ensino fornecidas em um questionário *online*. Especificamente, o questionário levantou dados relativos à opinião dos professores sobre o uso do IpC, as disciplinas em que o método foi aplicado e a sua eficácia em comparação com métodos tradicionais de ensino. Quanto à eficácia do IpC, a análise recaiu sobre os ganhos normalizados aferidos com o *Force Concept Inventory* como pré e pós-testes. Os resultados

mostraram que 90% das instituições têm ganhos entre 0,3 e 0,7 e três instituições apresentam ganho abaixo de 0,3.

Barros et al. (2004), artigo nacional, também avaliaram, por meio do *Force Concept Inventory*, o uso conjunto do IpC, com o intuito de tornar os alunos mais engajados no ensino. Nesse artigo em específico, foi avaliado o uso do IpC juntamente com tutoriais, ao comparar os resultados de turmas tradicionais com turmas cuja metodologia de ensino foi modificada. Os autores encontraram ganhos normalizados (para o *Force Concept Inventory*) de 0,35 e 0,38 para os grupos experimentais em comparação com 0,28 para turmas tradicionais¹². Esses resultados correspondem a escores de 50% em pré-testes e pouco mais de 60% em pós-testes, o que demonstra concepções newtonianas por parte dos alunos.

Todavia, tal resultado pode ser tanto devido ao sucesso do método, pelos alunos discutirem ativamente e não escolherem a resposta do membro mais capaz, quanto devido ao fato da turma interativa ter sido preparada para o pós-teste e ter grande parte das notas dos alunos devidas às atividades de participação em aula (fator preponderante nos resultados finais da pesquisa em questão).

Ainda com relação às investigações do IpC como estratégia didática aplicada à mecânica newtoniana, Lorenzo, Crouch e Mazur (2006), investigaram sobre a diferença de compreensão entre homens e mulheres, utilizando para tal, assim como em outros estudos citados anteriormente, o *Force Concept Inventory*. No estudo, os alunos foram divididos em três grupos categorizados como: ensino tradicional, parcialmente interativo e totalmente interativo. Segundo os seus resultados as diferenças de gênero observadas no desempenho dos alunos em testes são menores quanto mais interativo é o ensino, e os escores no pós-teste aumentam com o aumento do engajamento.

Ao agruparem os alunos entre aqueles que atingiram escores abaixo de 60% (o que indica alunos sem concepções newtonianas) e acima de 85% (com concepções newtonianas), no pré-teste, os autores perceberam que o número de mulheres era quase o dobro do número de homens no grupo de escores baixos, de maneira análoga, um terço das mulheres, em relação ao número de homens, se enquadrava no grupo de escores altos. Após a instrução o número de mulheres no grupo de escores baixos caiu para 4,4% na turma parcialmente interativa e 0% na turma interativa em comparação com 23% da turma tradicional.

¹² Os autores não informam os desvios padrão desses valores.

Em todas as turmas o número de homens no grupo de escores baixos caiu em torno de 2%. Apesar dos escores terem aumentado em todas as turmas após a instrução, esse aumento foi maior nas turmas interativas, sendo que na turma totalmente interativa todas as mulheres ficaram no grupo de escores altos e a diferença entre sexos com relação ao desempenho não foi estatisticamente significativa.

Em síntese, após a instrução, a interatividade parcial reduziu a diferença de desempenho ligada ao gênero de 13% para 7,8% e interatividade total reduziu de 9,2% para 2,4%. Já o ganho normalizado entre o pré e pós-teste não apresentou diferença estatisticamente significativa para a variável gênero no grupo totalmente interativo. Desse fato, concluiu-se que as mulheres aprendem mais quando podem expressar suas ideias verbalmente, enquanto os homens preferem trabalhar individualmente.

Já Lasry, Mazur, Watkins et al. (2013) mediram o tempo que 894 alunos, que trabalharam com o *Peer Instruction* entre 1991 e 1997, levaram para responder ao *Force Concept Inventory (online)* como pré e pós-teste e a relação entre o tempo de resposta e a confiança nessa. Os tempos de resposta resultaram maiores após a instrução tanto para as respostas corretas como para as incorretas, mas são maiores para as respostas incorretas. Tal resultado, juntamente com a detecção, por parte desses mesmos autores, de que a confiança na resposta é inversamente proporcional ao tempo investido, demonstra que o IpC ensina os alunos a questionar seu próprio entendimento ao passo que as alternativas incorretas, que são hipóteses razoáveis baseadas em experiências do cotidiano, constituem-se em distratores.

Contudo, apesar da grande maioria dos estudos se centrar na abordagem de temas envolvendo Mecânica, os estudos de desempenho no IpC também foram aplicados para outras áreas. Por ex., Lenaerts, Wieme e Zele (2003) o aplicaram em turmas de Eletromagnetismo, com pequenas modificações em relação às Questões Conceituais, cuja origem estava relacionada com demonstrações feitas em aula. Da mesma forma, o presente trabalho se propôs a aplicar o IpC em turmas de Eletromagnetismo.

No estudo de Lenaerts, Wieme e Zele (2003) dois grupos de 200 estudantes de Engenharia com níveis semelhantes de conhecimentos de Física e Matemática foram ensinados por professores diferentes, habituados com exposições tradicionais, utilizando os mesmos textos, transparências e demonstrações, sendo a única diferença o fato de um dos professores utilizar o IpC. Para aferir a eficácia do método foi utilizado o *Magnetism Concept*

Inventory (MALONEY, O'KUMA, HIEGGELKE et al. 2001) como pré e pós-teste. Os autores obtiveram resultados semelhantes aos encontrados por Mazur em suas pesquisas, ou seja, ganhos normalizados da turma que utilizou o IpC maiores que os ganhos da turma tradicional. Tais resultados podem ser vistos no Quadro 2, o qual apresenta uma síntese dos resultados de performance em testes padronizados presentes na literatura, onde se percebe, assim como no Quadro 1, que a grande maioria dos trabalhos de Física recaem sobre tópicos de Mecânica, avaliados com os testes FCI e MBL.

Lenaerts, Wieme e Zele (ibidem) ainda relatam que as demonstrações experimentais fizeram os estudantes lembrarem-se de conceitos na prova (10% da turma tradicional em comparação com 50% da turma que utilizou IpC), assim como um número maior de alunos afirmou ter compreendido o conceito após a demonstração (20% da turma tradicional em comparação com 50% da turma que utilizou IpC). Por fim, os autores citam que os alunos em turmas utilizando IpC são entre 10% e 15% mais assíduos.

Pollock (2009), assim como Lenaerts, Wieme e Zele (2003), se debruçou sobre o ensino de Eletromagnetismo ao analisar os resultados do BEMA, em turmas que utilizaram IpC e tutoriais, avaliando o ganho de aprendizagem a longo prazo (com alunos em finais de curso). As turmas possuíam entre 325 e 475 alunos, sendo 55% dos alunos de engenharias, menos de 10% de alunos de Física, Astronomia e Engenharia Física e o restante de outros cursos de ciências.

O pré-teste teve como resultado 26% de acertos, com desvio padrão de 10%, e os escores pós-teste variando entre 50% e 61%, com desvio padrão de 16%, sendo os resultados nos pós-testes melhores que os de aulas tradicionais. Ainda foi verificado por Pollock (op. cit.) que os escores do BEMA (pós-teste) estavam altamente correlacionados com a nota final do aluno, que depende de diversos componentes (trabalhos de casa, participação, etc.).

As diferenças de ganhos normalizados apresentados no Quadro 2, que mostram desempenhos superiores (entre 10% a 20%) para as turmas que utilizam o IpC, podem ter como causa diferentes fatores. Um desses fatores é o professor. Cummings et al. (2008) consideraram que o impacto da instrução pode ser aferido pela frequência de acertos nas votações. Segundo esses autores as disparidades entre resultados obtidos por diferentes instrutores se devem à familiaridade com o método e à experiência com o ensino.

Quadro 2: Resultados de desempenho de alunos que utilizaram o IpC como método de ensino em comparação com o método tradicional.

Autor(es)	Teste Utilizado	Turma Experimental			Turma Tradicional		
		Pré-teste	Pós-teste	Ganho normalizado	Pré-teste	Pós-teste	Ganho normalizado
Crouch e Mazur (2001)	FCI	67% a 71%	85% a 92%	0,49 a 0,74	70%	78%	0,25
Lorenzo, Crouch e Mazur (2006)		60% a 75%	78% a 92%	*	*	71% a 82%	*
Crouch et al. (2007)		67% a 71%	85% a 92%	0,49 a 0,74	70%	78%	0,25
Cummings et al. (2008)		*	*	0,39 ± 0,09**	*	*	*
Lasry, Mazur e Watkins (2008)		70,9	85	0,49	70,4	77,4	0,23
Lasry (2008)		42,6**	68,6**	0,5**	46**	63,3**	0,33**
Barros, Remold, Silva et al. (2004)		11,9 a 13,6	19,9 a 21,3	0,486 a 520	*	*	*
Lasry, Charles, Whittaker et. al. (2009)		*	*	0,35 a 0,38	*	*	0,28
Crouch, Watkins, Fagen et al.(2007)		*	*	*	*	*	*
Crouch e Mazur (2001)		*	75%	*	*	66%	*
Lenaerts, Wieme e Zele (2003)	MBL	26%	75%	0,59	31%	58%	0,39
Pollock (2009)		Magnetism Concept Inventory	26% ± 1%	50% a 61%	*	*	*
Mckagan, Perkins, e Wieman (2007)	BEMA	30% a 32%	65% a 67%	0,49 a 0,54	30% a 44%	51% a 64%	0,21 a 0,37
	QMCS						

* Dados não apresentados no artigo.

** Dados de outras instituições analisados pelo autor.

A experiência com o ensino pode parecer um fator positivo em um primeiro momento, mas cabe ressaltar que professores que utilizam há muito tempo uma mesma abordagem didática têm mais dificuldades em modificá-la. Este fato foi percebido por meio da comparação entre as frequências de respostas corretas obtidas por um professor com 35 anos de experiência didática e professores com menor experiência.

Outro estudo que aborda um conteúdo diferente da mecânica é o de Mckagan, Perkins e Wieman (2007), que propuseram um novo currículo para cursos de Engenharia, cujo conteúdo era a mecânica quântica. Os autores citam que a dinâmica das aulas era tal que foram utilizados em média cinco Questões Conceituais por aula; exposições interativas, incluindo previsões sobre experimentos simulados computacionalmente; problemas multipassos¹³; tarefas de leitura e tutoriais. A avaliação ocorreu por meio do cálculo do ganho normalizado em um teste de múltipla escolha projetado para testar conceitos fundamentais de Mecânica Quântica chamado *Quantum Mechanics Conceptual Survey* (QMCS), baseado em entrevistas, textos e roteiros.

O teste foi aplicado antes e após a instrução para turmas experimentais (Engenharia) e de controle (Física e Engenharia). Os resultados mostraram-se consistentes com dados do *Force Concept Inventory*, no que diz respeito à distribuição de notas e ganhos normalizados. A média da nota no pré-teste dos alunos de Física (uma das turmas de controle) foi maior que a dos alunos de Engenharia (segunda turma de controle), mas ficou abaixo da nota do pós-teste das turmas experimentais. Os maiores ganhos normalizados foram obtidos pelas turmas experimentais em comparação com turmas tradicionais (0,5 em comparação com 0,3).

Todos os estudos citados até o momento foram realizados em universidades, Lasry, Mazur e Watkins (2008) se concentraram em analisar a eficácia do IpC em cursos universitários com duração de dois anos¹⁴, com a expectativa de que os resultados de desempenho de alunos fossem comparáveis àqueles com conhecimentos profundos de Física ensinados tradicionalmente. Os estudantes foram divididos aleatoriamente entre as turmas com e sem IpC, com instrutores "equivalentes" em experiência didática e práticas.

¹³ Problemas multipassos são exercícios que não são resolvidos através de um único cálculo, exigindo do aluno a resolução de uma série de problemas menores.

¹⁴ Os dados foram comparados entre turmas da Universidade *John Abbott* e *Harvard* e em turmas utilizando ou não o IpC dentro da Universidade *John Abbott*.

Os autores não observaram diferenças estatisticamente significativas nos ganhos normalizados entre turmas que utilizavam ou não o IpC. Contudo, quando foram analisados os ganhos obtidos por alunos na faixa de 40% de acertos acima ou abaixo da mediana para os ganhos no *Force Concept Inventory* foram constatadas diferenças significativas nos ganhos, a favor da turma com o IpC. Outro resultado importante foi a diminuição do insucesso e da evasão dos alunos.

Análises sobre os ganhos normalizados em testes padronizados, semelhantes às apresentadas aqui, são discutidas no Capítulo 5 da presente dissertação sobre os resultados do presente estudo.

2.5.6.3. Crenças e atitudes de alunos e professores

As atitudes de alunos frente ao método de ensino proposto por Mazur e a área de conhecimento em que a disciplina está contida são alvo de cinco das pesquisas analisadas aqui. Em suma, os estudos apontam que os alunos apreciam e aprovam as estratégias utilizadas durante as aulas, no que se refere ao uso de sistemas de resposta e às discussões. Por outro lado, também analisadas as atitudes dos professores quanto ao uso do IpC, como é o caso de Crouch et al. (2007), envolvendo 384 professores de várias instituições.

A grande maioria dos entrevistados (93%) citou ter sido uma experiência positiva a utilização do método, inclusive para os alunos, que se tornaram mais assíduos (em relação a turmas tradicionais). Ao serem questionados sobre a utilização futura do IpC novamente, 303 dos 384 professores relataram que utilizariam novamente, 29 provavelmente, e sete não pretendiam reutilizá-lo. Dentre os fatores positivos para o uso do método está o fato de que quase 60% dos professores responderam que a compreensão conceitual dos alunos melhorou com o uso do IpC, 20% disseram que a compreensão melhorou pouco, 19% relataram não ter notado diferença em relação a turmas tradicionais e 2% sentiram que a compreensão dos alunos diminuiu com o uso do IpC.

Por outro lado, dentre as dificuldades enfrentadas ao aplicar o IpC, 30% dos professores da pesquisa citam o tempo e esforço necessário para criar e utilizar Questões Conceituais, sendo que a quantidade de conteúdos dificulta o uso de muitas Questões Conceituais ao longo das aulas. Apesar de 10% dos professores reduzirem a quantidade de conteúdo, a maioria não tem essa liberdade. Em uma tentativa de facilitar o uso do IpC por

professores interessados, Mazur criou uma biblioteca com múltiplas Questões Conceituais¹⁵ em colaboração com outros professores.

Outro fator para o não uso do método diz respeito às discussões, sendo que 10% dos professores não acreditam que as discussões são frutíferas, pelo contrário eles acreditam que elas somente retiram tempo de aula. Contudo, somente um terço dos professores compara ganhos em aprendizagem de alunos ensinados com e sem o IpC utilizando testes iguais para ambas as turmas (experimental e de controle), ou seja, muitas das atitudes dos professores frente ao uso do IpC não são embasadas em comparação com métodos tradicionais e podem ser devidas à resistência frente à modificação de suas metodologias de ensino.

Segundo a pesquisa de Crouch et al. (2007), mesmo alunos que não gostavam do método, ou seja, não se sentindo à vontade durante as discussões ou as considerando um desperdício de tempo, perceberam a utilidade das Questões Conceituais para a compreensão do material, ou seja, aprenderam com essas, o que por consequência acaba motivando-os.

As atitudes de alunos a respeito das discussões também são alvo da pesquisa de Nicol e Boyle (2003), como citado em subseções anteriores. A grande maioria dos alunos relatou que ouvir a explicação de problemas com as palavras dos colegas e discutir os ajudava a entender melhor o assunto, à medida que os engaja na tarefa de pensar no problema e descobrir alternativas de abordagem para resolver as Questões Conceituais.

Mazur (1997) enfatiza que uma etapa importante em seu método é que as discussões devem ser precedidas de uma resposta individual. Nicol e Boyle (op. cit.) encontraram os seguintes resultados que atestam a importância da resposta individual: 82% dos alunos acreditam que é melhor responder às questões individualmente antes de discutir em grupos e 90% citam que grupos de discussão após respostas individuais levam os alunos a pensar sobre o assunto. Isso ocorre provavelmente porque os alunos têm tempo para formular sua própria resposta, não sendo influenciados por colegas mais confiantes durante as discussões. Tal fato leva os alunos a contribuírem mais com o grupo, se envolvendo mais no diálogo, defendendo suas ideias e identificando lacunas em seu pensamento. No entanto, alguns alunos acreditam que se a questão tem um nível de dificuldade alto, sozinhos eles não conseguem responder e as discussões em grupo os ajudam.

¹⁵ As Questões Conceituais podem ser obtidos gratuitamente, bastando realizar um cadastro em: <https://galileo.harvard.edu>. Os testes envolvem questões para Física, Química e Astronomia.

Ainda com relação às discussões, 83% dos alunos dizem que todos no grupo geralmente têm a oportunidade de expressar a opinião sobre a questão discutida enquanto cerca de 25% dos estudantes dizem que alguns alunos dominam a discussão, e a existência de pontos de vista diferentes no grupo leva à confusão. Em um ponto todos os alunos na pesquisa de Nicol e Boyle (ibidem) concordam: é importante que o professor explique claramente a resposta correta depois da discussão.

Entretanto, apesar de que 40% dos alunos dizem gostar de ouvir as explicações de colegas de outros grupos, nem todos os resultados são de atitudes positivas, visto que 61% relataram que falar para o grande grupo foi ameaçador, aumentando a ansiedade. Apesar de contraditório, os resultados não são muito surpreendentes e podem ser sintetizados na manifestação de um dos alunos: “Ouvir explicações de outros garante meu aprendizado, mas falar para meus colegas é embaraçoso”.

Um último resultado, ao qual deve ser dada atenção, é com relação ao tempo destinado às discussões. Mazur (1997) cita que as discussões devem durar entre um e dois minutos. Os alunos na pesquisa de Nicol e Boyle (ibidem) mencionam que quando as discussões duram muito tempo, perdem o foco, causando confusão. Isso pode estar ligado ao fato que muitas das questões apresentam relações contraintuitivas para as quais respostas incorretas podem ser defendidas com argumentos convincentes à vista daqueles que não internalizaram conhecimentos cientificamente aceitos. Em discussões muito longas alunos com respostas corretas podem acabar apresentando argumentos fracos e alunos com respostas incorretas bons argumentos. Conseqüentemente a resposta elegida pelos alunos durante as discussões como a “correta” acaba sendo a defendida com argumento mais convincente, não necessariamente correto cientificamente.

Apesar de atitudes negativas por parte dos alunos quanto ao uso do IpC serem citadas na literatura, atitudes positivas são mais comuns, como é o caso de Mckagan, Perkins e Wieman (2007). Os autores citam que as turmas que utilizaram o IpC apresentaram atitudes mais favoráveis à Física, apesar de não terem sido encontradas mudanças estatisticamente significativas nas atitudes dos alunos após a instrução. Segundo os autores, "é razoável pensar" que a ênfase em aplicações do mundo real e os raciocínios desenvolvidos ajudaram os estudantes a ver a Física Moderna como mais relevante e coerente.

Em suma, três pontos se destacam na fala dos estudantes, presente na literatura, quanto ao uso que o IpC faz dos *clickers*. Os três principais pontos citados pelos alunos em relação às vantagens dos *clickers* são o *feedback*, a conexão de ideias e conceitos para a resolução de um problema, e a interatividade. O *feedback* se destaca por ser imediato e ser um medidor da compreensão pessoal do aluno, o que fornece ao professor informações sobre o que precisa ser corrigido e o que precisa ser reforçado na aprendizagem. Quando o professor não tem conhecimento do que o aluno sabe semana a semana, não pode fazer as mudanças pedagógicas necessárias a fim de sanar lacunas na compreensão dos alunos. Os *clickers* ainda se destacam por permitirem que o aluno avalie o nível de habilidade da classe, ou seja, o aluno pode perceber que não é o único a dar uma resposta errada.

O uso de *clickers* foi investigado, em específico, por Perkins, Turpen, Sabella et al. (2009) ao analisarem dados de entrevistas e questionários *online* feitos com mais de 300 alunos, em final de curso. Os autores descobriram que a grande maioria prefere e recomenda aulas que, em média, apresentem de duas a cinco perguntas conceituais desafiadoras, utilizando *clickers* como sistema de resposta, intercaladas com exposições orais e discussões como uma forma de contribuir para a aprendizagem. Entre os fatores que influenciam tal preferência estão, assim como citado pelos alunos, o fato de tornarem-se ativos; processarem melhor o que aprendem (analisarem, acompanharem e corrigirem); terem tempo para pensar e discutir; receberem *feedback*, tornando-os capazes de avaliarem seu próprio entendimento; e causar envolvimento nas aulas.

2.5.6.4. Gênero

Foram encontrados dois artigos de pesquisa que se dedicam a investigar relações entre o IpC e questões ligadas ao gênero e um artigo de divulgação, que aborda essa questão.

Lorenzo, Crouch e Mazur (2006) realizaram, ao longo de alguns anos com diferentes turmas, um estudo dedicado exclusivamente à questão do gênero. Ao analisarem de alunos em dois testes padronizados (o *Force Concept Inventory* e o *Mechanics Base Line*), os autores, citam que mulheres têm um escore menor que homens em testes que envolvam ciências, sendo essa diferença mais acentuada em Física. Para o estudo os alunos foram separados em três grupos: ensino tradicional, ensino parcialmente interativo e ensino totalmente interativo

(uso do IpC mais *workshops*¹⁶). Assim como dito anteriormente, em um pré-teste o desempenho dos homens foi cerca de 13% maior do que o das mulheres na turma parcialmente interativa e, 9,2% maior na turma totalmente interativa. Após a implementação dos diferentes métodos foi aplicado um pós-teste e no grupo inteiramente interativo essa diferença foi reduzida à 7,8%, enquanto no grupo com interatividade parcial essa diferença caiu para 2,4%, porém esse resultado não foi estatisticamente significativo. Lorenzo, Crouch e Mazur (op. cit.) observaram que quanto mais interativo o curso, maiores eram as notas dos alunos e menor a diferença entre escores de homens e mulheres.

Os autores sugerem as seguintes estratégias para diminuir a diferença de desempenho de homens e mulheres em testes:

- integração de experiências cotidianas e os interesses de ambos os sexos em relação ao conteúdo e ao contexto de ensino;
- avaliação e utilização do conhecimento prévio dos alunos para a construção de novos conhecimentos;
- estabelecimento de ambientes interativos que reforcem a cooperação e comunicação em sala de aula entre os alunos e entre os alunos e o instrutor;
- alternância entre atividades de ensino individuais e em grupos;
- diminuição de atividades que promovam a competitividade;
- uso de diferentes práticas de avaliação;
- uso de atividades que promovem a compreensão dos alunos em lugar da memorização;
- apresentação de aplicações para os conteúdos da Física.

Da mesma forma, Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007) observaram que metodologias ativas em ambientes cooperativos com ênfase conceitual são mais favoráveis à aprendizagem das mulheres do que dos homens, ao comparar o desempenho delas (e deles) em turmas com o IpC e em turmas tradicionais¹⁷ na Universidade de Harvard por um período de 10 anos. Em cursos tradicionais estudantes do sexo masculino superaram estudantes do sexo feminino, já

¹⁶ *Workshops* são atividades nas quais os alunos desenvolvem a habilidades de resolução de problemas em grupos. Em um primeiro momento o professor resolve um problema desafiador e explica seu raciocínio; após os alunos trabalham em grupos para a resolução de outros problemas. O professor, então, circula pela sala pedindo para os alunos explicarem suas soluções, ajudando-os com possíveis dificuldades.

¹⁷ Os resultados também foram comparados conforme o IpC foi sendo refinado, ou seja, conforme o aprimoramento dos testes conceituais, a adequação dos livros-texto, a inserção de leituras pré-aula, aprendizagem cooperativa, etc.

com o uso do IpC e outras estratégias interativas os alunos do sexo masculino e feminino têm notas sem diferenças estatisticamente significativas. No IpC as notas dos alunos chegam a ficar acima de 85% no *Force Concept Inventory*, já em aulas tradicionais nenhum aluno da Universidade de Harvard, segundo esses autores (ibid. 2007), atinge escores acima de 85% e muitas mulheres ficam abaixo de 60%¹⁸. O *Force Concept Inventory* é dado como pré e pós-testes na Universidade de Harvard para avaliar a compreensão conceitual dos alunos que cursam disciplinas de Física e o *Mechanics Base Line* como pós-teste para avaliar a compreensão quantitativa desses mesmos alunos, a qual é trabalhada nos *workshops* e trabalhos de casa, em turmas introdutórias de Física.

Um terceiro artigo que trata da questão do gênero é o de Mazur e Watkins (2007), o qual é um dos quatro artigos de divulgação do método citados na seção 2.4. Os autores concluíram que o uso do IpC em conjunto com o EsM ajuda a diminuir a disparidade entre os gêneros no desempenho em testes. A diferença de desempenho de mulheres (em relação aos homens), em pré-testes, se mantém em cursos tradicionais. Contudo, com o uso do IpC, a diferença do desempenho nos testes padronizados, em função da variável gênero diminui (embora ainda haja uma diferença significativa). Já com o uso combinado dos métodos IpC e EsM, além de outras técnicas interativas como os Tutoriais¹⁹, a diferença de desempenho entre homens e mulheres no pós-teste deixa de ser estatisticamente significativa.

2.5.6.5. Interações sociais em sala de aula

De maneira geral, todos os artigos dessa revisão que discutem as interações em sala de aula mencionam um aumento no número de respostas corretas após a discussão entre colegas; mas alguns abordam essa questão com mais profundidade. Da mesma forma, a grande maioria dos artigos aqui apresentados citam atitudes positivas dos alunos frente ao método.

As atitudes positivas estão relacionadas com a participação ativa dos alunos em aula, fato possível devido ao uso das sequências de questões conceituais e as consequentes discussões entre alunos, visto que estas podem gerar empatia entre os alunos, além de um

¹⁸ Os resultados incluem os ganhos de aprendizagem dos alunos em dois testes o *Force Concept Inventory* e o *Mechanics Base Line*, além das respostas aos testes conceituais, que avaliam, respectivamente, o desempenho durante as aulas e a retenção no final do semestre. Os resultados dos testes conceituais também foram comparados com o resultado dos exames realizados ao final do semestre.

¹⁹ Tutorias são atividades de aprendizagem cooperativa, na qual os alunos resolvem, em grupos, exercícios quantitativos, bem como reveem dúvidas conceituais sobre determinados conteúdos.

feedback imediato para o professor que toma conhecimento de como e o que os alunos estão aprendendo. Por outro lado, em aulas tradicionais são poucos os alunos que participam, por exemplo, fazendo perguntas na tentativa de esclarecer alguma dúvida, ao supor que a resposta à sua pergunta seja óbvia ou que o restante da turma pode se irritar com as interrupções.

Quanto as discussões, Nicol e Boyle (2003) citam que os alunos apresentam atitudes positivas quanto às discussões com colegas, em especial em pequenos grupos. Esse estudo se centrou nas percepções dos estudantes de Engenharia, em cursos introdutórios de Física, quanto ao seu entendimento e sua motivação ao empregar diferentes sequências de discussões: discussões em grande grupo, IpC ou ambos.

Já em relação à melhora de desempenho dos estudantes, Crouch et al. (2007), ao observar o aumento da frequência de respostas corretas após as discussões, verificaram que esse aumento é mais acentuado quando as respostas iniciais estão perto de 50%, ou seja, é necessário um certo número de alunos para que as discussões sejam produtivas e tenham sentido (com alunos convergindo para uma resposta após as discussões). O estudo ainda indica que nenhum estudante responde corretamente em mais de 80% do tempo, demonstrando que mesmo para os melhores alunos as Questões Conceituais desenvolvidas foram desafiadoras. Ao passo que as discussões entre alunos ocorrem em sala, o professor pode participar destas e a partir disto, Crouch et al. (ibidem), sugerem que essas interações, entre professor-aluno, fazem com que o docente tenha conhecimento de explicações que podem ajudá-lo a explicar o conceito por meio de argumentos mais eficientes. Além disso, ao acompanhar as discussões o professor pode ter ciência das dificuldades apresentadas com o problema, bem como, das explicações corretas por parte dos estudantes.

A influência das discussões também foi investigada por Crouch et al. (ibidem) ao proporem Questões Conceituais baseadas em explicações de demonstrações feitas em aula, visando avaliar a capacidade do estudante de prever resultados do experimento. Os alunos deveriam prever o resultado ou apenas tendo informações sobre o experimento, ou apenas o observando ou o observando e discutindo sobre ele com os colegas. Os alunos que simplesmente observaram um experimento foram melhores que os alunos que não o fizeram e

os alunos que predisseram e discutiram, por sua vez, foram melhores do que aqueles que só observaram²⁰.

Em consonância com o fato de que não existem nas turmas analisadas em Harvard alunos que fornecem respostas corretas a todas as Questões Conceituais e que a frequência de respostas corretas aumenta após a discussão (CROUCH et al. 2007), Watkins e Sabella (2008), ao utilizar Questões Conceituais de mesmo nível ou de nível de dificuldade crescente, em turmas de Mecânica, verificaram que as frequências de respostas corretas eram maiores durante as aulas do que em exames (para questões idênticas utilizadas tanto em aula quanto nos exames). Assim, mesmo as Questões Conceituais permitindo um *feedback* ao aluno sobre a sua compreensão do material apresentado, os ganhos obtidos durante a sequência de questões não foi mantido no exame, tendo diminuído em relação ao período posterior às discussões. Ou seja, parte dos alunos volta a selecionar a mesma opção escolhida da primeira vez que se deparou com a questão, apresentando uma diminuição dos ganhos de compreensão ao longo do tempo, ou seja, a frequência de respostas corretas é maior após as discussões do que nos exames, que por sua vez é maior que a frequência de respostas corretas antes das discussões.

Sendo assim, a eficácia do método é atribuída às discussões, que para que sejam melhor aproveitadas deve-se criar um ambiente durante a aula que não seja competitivo, assim como demonstrou James, Barbieri e Garcia (2008) em seu estudo, ao analisarem as diferenças nos discursos dos alunos em situações em que a pontuação atribuída por participação, durante as votações, era alterada. Os autores observaram que quando as notas eram atribuídas por participações nas discussões um membro do grupo acabava por guiar as discussões na tentativa de obter maiores notas. Ou seja, quando se atribui maiores notas aos alunos que acertam as questões apresentadas e as contribuições nas discussões durante a aula, cria-se um ambiente competitivo e não colaborativo como defende o IpC.

Por outro lado, quando as respostas erradas têm um peso equiparável às respostas corretas a diferença entre "quantidade" de diálogos diminui, ou seja, os alunos não tendem a se destacar na tentativa de obter maiores ganhos de nota, não procuram buscar respostas corretas e passam a responder sobre suas próprias ideias, o que leva a maiores evidências de uma real aprendizagem. Essa forma de atribuir a pontuação aos alunos durante as votações e

²⁰O grupo que predisse o resultado precisou de um adicional de dois minutos e o grupo que discutiu um adicional de oito minutos em relação aos que só observaram.

discussões é uma das sugestões de James, Barbieri e Garcia (ibidem) à aplicação do IpC, e foram seguidas neste trabalho.

Os resultados de Watkins e Sabella (2008) e James, Barbieri e Garcia (2008) deixam uma questão em aberto quando se pensa no papel das discussões no IpC: não seria o tempo dado ao aluno para pensar o responsável pelo sucesso do IpC? Lasry et al. (2009) investigaram este ponto da seguinte forma: foram separados três grupos²¹ que realizariam ações diferentes ao receberem uma sequência de nove testes conceituais. O primeiro grupo pode discutir as questões com colegas; o segundo grupo deveria refletir individualmente, por um breve momento, após a apresentação das cinco primeiras questões e realizar uma tarefa de distração, durante alguns instantes, após a apresentação das quatro últimas questões; já o terceiro grupo realizaria uma tarefa de distração nas primeiras cinco questões e refletiria individualmente nas quatro últimas questões.

Durante o segundo questionamento, para cada uma das nove questões, todos os grupos tiveram um aumento na taxa de acerto (3,4% para o grupo de distração, 9,7% para o grupo que refletiu individualmente e 21% para o grupo que discutiu com colegas). Este resultado mostra que o IpC não pode ser explicado pela hipótese de que o maior nível de aprendizagem vem do fato de ser dado mais tempo para o aluno pensar. A discussão entre alunos é, então, o ponto central do IpC e deve ser mantido durante as implementações.

Porém, Lasry et al. (ibidem) não compararam ações realizadas pelo professor em contraste com discussões, como o que é proposto no presente trabalho ao comparar as frequências de respostas corretas dos alunos após as discussões ou após a explanação do professor. Tal fator é importante visto que é o professor aquele que fornecerá subsídios para que os alunos possam avaliar se os conceitos que compreenderam são os aceitos cientificamente ou não.

2.5.6.6. *Variações metodológicas*

Para a presente análise considerar-se-á o método IpC como descrito por Mazur em seu livro (MAZUR, 1997). De modo geral, as variações metodológicas tratam do uso conjunto do IpC com algum método auxiliar, que visa o engajamento ativo, como, por exemplo, o EsM, como é o caso de Crouch e Mazur (2001). Os autores analisaram os ganhos de aprendizagem dos alunos ao longo de 10 anos de uso do método criado por Mazur na

²¹ Os grupos selecionados tiveram resultados no *Force Concept Inventory* estatisticamente semelhantes.

Universidade de Harvard, por meio do *Force Concept Inventory* como pré e pós-teste. Foi verificado que os alunos dos cursos que utilizaram o IpC obtiveram duas a três vezes os ganhos normalizados que alunos de cursos tradicionais. Esses resultados passaram a ser mais expressivos ao longo dos anos, em consequência do aprimoramento da metodologia e das Questões Conceituais, bem como devido à combinação com outras metodologias colaborativas de aprendizagem ativa, como tutoriais²² de Física introdutória, *workshops*²³ para resolução de problemas quantitativos e o EsM.

Com relação às atividades pré-classe Crouch e Mazur (ibidem) defendem que a aprendizagem da leitura reflexiva é uma habilidade que vale a pena ser desenvolvida, particularmente após a faculdade, porque uma grande quantidade da aprendizagem contínua ocorre através da leitura. O uso do EsM torna o professor capaz de avaliar os conceitos que causam dificuldades aos alunos antes da aula, tornando a seleção e desenvolvimento de Questões Conceituais mais simples, aproveitando assim, melhor o tempo em aula, ao passo que as exposições orais se focam em pontos específicos.

Crouch et al. (2007) também investigam os ganhos de aprendizagem por parte dos alunos ao utilizar o EsM, *workshops* e tutoriais de Física em conjunto com o IpC. No artigo é chamada atenção para alguns aspectos das aulas como o fato dos alunos não ganharem pontos pelas respostas corretas nos testes conceituais, mas ganharem pontos por participação (bem como pelo esforço pelas atividades pré-classe e não pelas respostas corretas), ou ainda, que a quantidade de tempo dada aos alunos para os testes conceituais varia em disponibilidade de tempo de aulas ao longo do curso e na dificuldade do material, além do fato de o professor poder solicitar que estudantes respondam em voz alta para a turma. Em todos os pós-testes os alunos de turmas em que o método IpC foi utilizado tiveram ganhos normalizados superiores aos de alunos do ensino tradicional ao responderem o *Force Concept Inventory* e o *Mechanics Base Line* como pré e pós-testes. Isso mostra que as habilidades dos estudantes em resolução de problemas quantitativos, desenvolvidas tanto nas aulas quanto nos *workshops*, são comparáveis ou melhores que os obtidos na instrução tradicional.

²² Tutoriais são atividades de aprendizagem cooperativa, na qual os alunos resolvem em grupos exercícios quantitativos, bem como reveem e, espera-se, dirimem dúvidas conceituais sobre determinados conteúdos.

²³ *Workshops* são atividades de aprendizagem que envolvem fundamentação conceitual e atividades práticas com resolução de problemas quantitativos. Nessas atividades um professor resolve um problema desafiador e explica seu raciocínio; após os alunos trabalham em grupos nos quais discutem sobre a resolução de outros problemas. O professor circula pela sala ajudando os estudantes a superarem dificuldades e fazendo perguntas que os levem às respostas. Assim, nos *workshops* são fornecidas instruções diretas em termos quantitativos e habilidades de resolução de problemas (estratégias de solução de problemas).

Nesse mesmo estudo foram recolhidos dados de 384 professores que utilizavam o IpC totalizando 23 países representados, com a maior utilização por parte dos EUA, Canadá e Austrália. Aproximadamente dois terços lecionavam em universidades em disciplinas para cursos de graduação, com destaque para a Física (82% dos professores). A pesquisa com instituições diferentes se focou em três pontos: dados sobre a aprendizagem do aluno, atitudes dos alunos para a nova pedagogia e percepção dos instrutores sobre o sucesso na implementação do IpC. Em relação à coleta de dados, mais de 100 usuários do IpC relataram coleta de dados quantitativos, dos quais 81% utilizam o *Force Concept Inventory*, totalizando dados de 30 disciplinas de diversos cursos, que foram discutidos em uma seção à parte. Também foram discutidas em seção à parte, as atitudes de professores e alunos em relação ao método, seu uso e percepções sobre os resultados. O estudo trouxe evidências de que o IpC é eficaz em contextos diferentes, sendo flexível e adaptável a diferentes contextos e didáticas.

Contudo, também foram encontrados artigos que investigam modificações em algum aspecto interno ao IpC, como os sistemas de resposta, ao papel designado pelas questões utilizadas em aula e, as discussões entre alunos. Por exemplo, Nicol e Boyle (2003) se concentraram em analisar as percepções dos estudantes quanto a discussões em pequenos ou grandes grupos. As aulas utilizavam uma mescla entre o IpC – em que eram apresentadas demonstrações, vídeos técnicos, simulações computacionais e resolução de problemas com o uso de tutoriais, *workshops* e trabalhos de laboratório, sendo os últimos realizados por grupos heterogêneos de alunos selecionados por meio de questionários.

O curso foi organizado de modo que em algumas semanas apenas o método de discussões em grande grupo era utilizado; em outras, apenas o IpC ou ambos. As discussões eram estimuladas pela apresentação de um histograma a frequência das respostas dos alunos em cada alternativa das questões propostas. Para verificar as atitudes dos alunos frente ao método foram realizadas entrevistas semiestruturadas, com cinco grupos de seis alunos²⁴, após cada aula. A partir das entrevistas foi desenvolvido um questionário de atitudes (com afirmações inseridas em uma escala de cinco pontos entre concordo plenamente e discordo plenamente e questões dissertativas) e aplicado no final do semestre.

O ponto principal destacado pelos estudantes foi que a resposta escolhida, durante as discussões, era aquela que apresentava um melhor argumento (forte e lógico). Percebe-se

²⁴ Dois grupos masculinos foram entrevistados logo após as aulas e dois femininos foram entrevistados mais tarde (todos ingleses); o quinto grupo era misto (estudantes estrangeiros e ingleses do sexo masculino e feminino).

assim, que os alunos tentam chegar a uma resposta correta através de uma análise crítica das interpretações por trás das falas dos colegas. Outros pontos destacados foram o fato de que é mais fácil admitir falta de compreensão para um colega do que para um professor e que é mais fácil entender colegas que estão no mesmo nível (cognitivo, linguagem, idade, etc.) do que professores, tornando as discussões com os colegas fundamentais para o aprofundamento da compreensão dos conceitos e ideias, assim como para pensar sobre os detalhes do problema, explorar pontos de vista alternativos, abordar resolução de problemas, pedir e ouvir explicações diferentes. Também foi citado pelos alunos que o uso de *clickers* os ajudou na compreensão de conceitos difíceis, tornando eles próprios e o professor conscientes das dificuldades apresentadas. As razões apresentadas incluem envolvimento ativo, tempo para refletir, motivação, *feedback* e o sentimento de que a instrução se adaptava às suas necessidades de aprendizagem. Entretanto, os alunos também citam que alguns alunos dominaram as discussões e que quando essas se tornam longas pode-se perder o foco da questão causando confusão. Consequentemente, todos os alunos dizem que é importante o professor explicar claramente a resposta correta depois da discussão.

Dentre os artigos analisados, um estudo nacional foi realizado na Universidade Federal de Juiz de Fora, por Barros et al. (2004), como dito anteriormente. Nele os autores descrevem que as aulas eram divididas entre exposições do professor envolvendo participação ativa dos alunos e trabalhos em grupos, constituídos de populações heterogêneas previamente determinadas pelo professor, nas quais eram desenvolvidas expressões de ideias científicas. Grupos fixos não são algo estabelecido pelo IpC, visto que Mazur (2007, p. 7) recomenda que os alunos procurem colegas que tenham opiniões diferentes das suas durante as discussões às questões conceituais. Cada grupo, no estudo de Barros et al. (ibidem), tinha um líder que direcionava a sequência a ser seguida para a solução dos problemas; um anotador, que registrava as discussões em um quadro branco; e um cético, que questionava cada detalhe da solução, resumia e reformulava as conclusões do grupo, sendo cada função alternada entre os membros dos grupos ao longo das aulas. Foram utilizados, durante as aulas, minirrelatórios, que eram compostos de respostas às questões como: qual foi o ponto principal da aula até agora? O que ainda não está claro para você nessa aula? Além de uma síntese das respostas às Questões Conceituais apresentadas. Como resultado, foram observados ganhos normalizados, para o FCI, superiores para os grupos experimentais em comparação com os grupos tradicionais, bem como atitudes positivas quanto aos trabalhos em grupo e com o método.

Adaptações no IpC não são incomuns, e resultados como o Barros et al. (ibidem), vão ao encontro das afirmações de Mazur (2007), salientando que o IpC é flexível e adaptável. Partindo desse pressuposto, Turpen et al. (2007) analisaram a adoção e adaptação, feita por seis professores, em três aspectos do IpC: a finalidade das perguntas, a participação dos alunos e as normas de discussão. Utilizando observação etnográfica (com coleta de respostas aos testes conceituais, currículos, trabalhos de casa, exames e entrevistas com os professores participantes), os autores observaram que apesar de serem propensos a utilizar novas metodologias, as práticas dos professores refletem sua inadequação a elas. Turpen et al. (2007) observaram, por exemplo, o fato dos professores não reservarem tempo para que os alunos reflitam individualmente sobre as questões conceituais antes da primeira votação. Outras diferenças nas práticas dos professores estão no número e tipo de questões utilizadas, no tempo reservado para as respostas e discussões, na explicação das questões conceituais e, até mesmo, na interação com os alunos durante a apresentação. Tais modificações levam a ganhos de aprendizado diferentes por parte dos alunos.

Alinhado com os resultados descritos por Turpen et al. (2007) e Crouch et al. (2007), Turpen e Finkelstein (2009) perceberam que a forma com que o IpC é implementado em sala de aula varia notavelmente. Eles realizaram seis estudos de caso, com professores de Física Geral, tendo como fonte de dados gravações de áudio de períodos de aulas, registros das questões utilizadas e respectivas respostas, notas de campo descritivas (que incluíam ações do instrutor, interações entre alunos e entre alunos e professor), respostas dos estudantes sobre o uso de *clickers* e informações sobre a dinâmica de aula. Ainda foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os professores ao final do semestre, com relação às diferenças entre aulas tradicionais e aulas de engajamento interativo, descrições de como se comporta um estudante engajado em palestras, descrições do que o professor e seus alunos fazem durante as questões-*clickers*²⁵, propostas do uso de *clickers* e a importância para os estudantes em diversas atividades diferentes relacionadas com o uso de questões-*clickers* e a articulação com as palestras. Observou-se que nenhum dos professores aplicou o IpC exatamente como descrito por Mazur (1997). Mesmo que muitas vezes os professores tenham concepções alinhadas com novos métodos de ensino, as situações institucionais (estrutura, expectativa de cobertura do conteúdo, falta de tempo do instrutor, tamanho da turma, *layout* da sala de aula e crenças sobre os resultados das práticas educativas) podem impedir a sua implementação. Tal

²⁵ Devido ao fato de que as questões utilizadas não eram em sua totalidade conceituais, os autores adotaram a denominação “questões-*clickers*”. Outros autores adotam essa denominação para quaisquer questões de múltipla escolha, tanto conceituais quanto não conceituais.

fato leva a variações na metodologia de ensino, as quais, conseqüentemente, levam a diferenças nos ganhos de aprendizagem dos alunos, assim como dito anteriormente.

As variações encontradas por Turpen e Finkelstein (2009) foram desde a quantidade e o tipo de questões utilizadas durante as aulas²⁶, passando pelo tempo destinado para as respostas e discussões (por exemplo, nenhum dos professores deu tempo para que os alunos pensassem e respondessem individualmente as questões), até o fornecimento das explicações das questões, que em alguns casos incluíam contribuições dos alunos com suas ideias e a inserção de informações relevantes em notas de aula *online*. Ainda foram observadas discrepâncias nas ações dos professores durante as discussões, no que diz respeito à interação com os alunos e às oportunidades dadas para estes participarem, formularem perguntas, avaliarem suas soluções para os problemas. Tais modificações resultaram em diferenças tanto na frequência de acerto nas questões quanto no desempenho dos alunos de cada turma. Entretanto, as notas atribuídas pelos professores para a participação nas questões-*clickers* não foi à mesma, bem como o restante da avaliação.

Dancy e Henderson (2010) encontraram modificações como as apontadas por Turpen e Finkelstein (*ibidem*), em um levantamento realizado com 722 professores de Física. Os professores dizem usar o IpC em suas aulas, mas modificam-no e suprimem elementos centrais, como o uso de questões conceituais e consequentes votações realizadas pelos alunos, as discussões em pequenos grupos de problemas qualitativos e/ou conceituais.

Outra forma de variação, mais modesta, que se pode realizar ao se utilizar o IpC é com relação aos sistemas de resposta. Este ponto foi alvo da pesquisa de Lasry (2008). Ao comparar os resultados em pré e pós-testes realizados com *Force Concept Inventory* em turmas que utilizavam *flashcards* ou *clickers*, Lasry observou que o uso de *clickers* não tinha como resultado um aumento no ganho conceitual nos testes, comparados o uso de *flashcards*. Tal fato demonstra que uma das vantagens do IpC é a sua independência ao uso de tecnologias. Entretanto, enquanto *flashcards* requerem tempo para que o professor tenha noção da distribuição de respostas em aula, *clickers* retornam automaticamente essas informações. O uso de *clickers* também permite o arquivamento das respostas dos estudantes, ajudando o professor a identificar dificuldades conceituais recorrentes e estratégias de ensino adequadas; tornam mais fácil o gerenciamento das respostas e discussões (incluindo o tempo

²⁶ As questões-*clickers* utilizadas podem ser separadas em dois tipos: questões logísticas (perspectivas dos alunos ou opiniões sobre o curso) e questões de conteúdo. As perguntas de conteúdo podem ainda ser classificadas em três tipos: recordação, algorítmica e conceitual.

destinado para tal); garantem que os alunos desconheçam as respostas dos colegas antes da discussão, o que torna a discussão mais eficaz, além de retornar um *feedback* para os alunos ao longo das aulas, ao final das votações.

Em síntese, as variações metodológicas encontradas na literatura são diversas. Algumas essencialmente enfatizam uma das etapas do método, outras complementam o IpC com recursos e estratégias didáticas que fomentam a participação ativa do aluno e outras, ainda, alteram aspectos tão fundamentais que não deveriam mais serem consideradas IpC. O Quadro 3 apresenta uma síntese dos resultados de performance em testes padronizados presentes na literatura com variações metodológicas do IpC.

2.6. Inserção do Presente Trabalho no contexto dos estudos sobre IpC

O presente trabalho insere-se na categoria de variações metodológicas do IpC, visando investigar o uso conjunto do IpC com o EsM e outras atividades, como listas de problemas para resolução extraclasse, uso de simulações computacionais com a estratégia P.O.E. – Predizer, Observar e Explicar (DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012) e demonstrações experimentais. O método P.O.E. (predizer, observar e explicar) é uma estratégia de ensino que visa à aprendizagem por meio de conflitos cognitivos. Durante as atividades os alunos devem fazer uma predição a respeito de uma situação-problema apresentada, explicando os resultados esperados quando determinadas condições forem estabelecidas. Em seguida os alunos utilizam os recursos instrucionais (experimentos, simulações, vídeos, etc.), explorando ao máximo suas possibilidades, de modo a observar e explicar as possíveis diferenças entre suas predições e as observações realizadas. Espera-se obter subsídios para se estabelecer: a) se os ganhos de aprendizagem, por parte dos alunos, são compatíveis com aqueles encontrados em estudos internacionais; b) quais as atitudes dos alunos em relação à mudança do método de ensino tradicional para o IpC em uma disciplina de Física Geral e qual a eficácia do favorecimento de discussões entre os próprios alunos, a respeito dos conteúdos estudados, em comparação com explicações para a turma, por parte do professor. Em específico a pesquisa se centrará em um tema pouco abordado da Física: o Eletromagnetismo, o qual apenas foi explorado nos estudos de Lenaerts, Wieme, Zele (2003) e Pollock (2009), assim como citado anteriormente.

Para se atingir tais objetivos foram utilizados como instrumentos de coleta de dados os resultados das votações às Questões Conceituais realizadas em aula, o desempenho dos

alunos em três testes padronizados, a saber: BEMA (DING et al., 2006), Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples (SILVEIRA, MOREIRA e AXT, 1989) e Avaliação sobre conhecimentos relacionados à Lei de Faraday-Lenz, desenvolvido especificamente para um dos três estudos realizados. De forma que os resultados de desempenhos dos alunos possam ser comparados com resultados apresentados na literatura, já que a grande maioria dos estudos citados nas seções acima analisa o desempenho de estudantes por meio de testes padronizados e das questões conceituais utilizadas em aula. Ainda foram utilizadas entrevistas semiestruturadas para avaliar as atitudes dos alunos frente ao IpC.

Como pôde ser visto ao longo desse capítulo as pesquisas envolvendo o IpC tomam as discussões como o aspecto mais importante do método. Contudo, poucos são os trabalhos que investigam este tema ainda mais no que se refere à comparação entre a eficácia das discussões por parte dos alunos e das explanações do professor. Uma das variantes que adotamos via justamente investigar essa questão.

No próximo capítulo serão apresentadas as relações entre o referencial teórico adotado e o IpC, o que é pouco discutido na literatura. No Capítulo 4 será apresentada a metodologia da pesquisa, incluindo as formas de coleta e análise de dados utilizadas nos estudos realizados, cujos resultados encontram-se no Capítulo 5.

Quadro 3: Modificações realizadas na implementação do IpC e os respectivos resultados de ensino presentes na literatura.

Artigo	Modificações realizadas	Objetivos/Justificativa para a modificação	Resultados
Crouch e Mazur (2001).	Modificações das Questões Conceituais utilizadas em aula; uso conjunto com o EsM, tutoriais, workshops, dentre outros métodos	Aprimoramento do método, tornando-o mais eficaz e interativo.	Ganhos normalizados duas a três vezes os de alunos de turmas tradicionais.
Nicol e Boyle (2003)	Modificações nas interações em aula entre alunos.	Comparação das atitudes dos alunos frente ao uso de discussões em pequenos ou em grandes grupos.	Os estudantes relataram que a discussão com colegas foi fundamental para o desenvolvimento da compreensão dos conceitos e ideias. Tendo a grande maioria citado que as discussões após respostas individuais levam os alunos a pensar sobre o assunto e que se sentem mais engajados ao interagir e discutir os problemas com colegas. Contudo, alguns estudantes dizem que alguns alunos dominam a discussão e que ter pontos de vista diferentes no grupo leva a confusão. Apesar de ter sido citado que os alunos gostam de ouvir as explicações de colegas de outros grupos, muitos alunos relataram que falar para o grande grupo foi ameaçador e que tiveram um aumento de ansiedade.
Barros et al. (2004)	Associação com outra metodologia de ensino (Resolução de problemas em grupos fixos).	Estabelecer se o uso do IpC utilizado em conjunto com a resolução de problemas em grupos fixos garante melhores desempenhos em testes padronizados.	Ganhos normalizados, para o FCI, entre 7% e 10% superiores aos de turmas tradicionais.
Chen, Lin, Chang et al. (2005)	Resoluções de problemas em grupos através da internet.	Os membros deveriam selecionar a mesma alternativa para questões	O artigo apenas descreve as modificações realizadas sobre o IpC.
Turpen et al. (2007)	Alterações nas Questões conceituais utilizadas em aula (tipo de questões) e interações professor aluno.	Modificações feitas por professores ao aplicar o IpC quanto à finalidade das perguntas (uso de questões logísticas), participação dos alunos (durante as respostas às questões) e normas de discussão (participação dos professores durante as discussões)	Constatou-se que: alguns professores: utilizavam os clickers para perguntas logísticas (o que gostariam de lição de casa, se o exame foi difícil, etc.); alguns professores respondem os alunos outros discutem com os alunos; a forma como as questões são explicadas varia (em termos de quem inicia a discussão, e com o fato das respostas erradas serem ou não comentadas).
Lasry	Sistema de resposta.	Estabelecer se existem diferenças quanto ao	Não há diferença no desempenho dos alunos ao se utilizar <i>clickers</i> comparados

(2008)		desempenho dos alunos ao se utilizar como sistema de resposta <i>flashcards</i> ou <i>clickers</i> .	o uso de <i>flashcards</i> .
Perkins, Turpen, Sabella et al.(2009)	Sistemas de resposta.	Estabelecer se o uso de <i>clickers</i> como sistema de resposta leva a atitudes mais positivas dos alunos quanto ao IpC.	-Os resultados são de atitudes: os alunos recomendam o uso de <i>clickers</i>
Mazur e Watkins (2007)	Uso conjunto do IpC e do EsM	Estabelecer as diferenças entre as melhoras de desempenho dos estudantes ao utilizarem apenas o IpC ou o IpC em conjunto com outras metodologias de engajamento ativo.	Turmas utilizando o IpC e o EsM terem ganhos de aprendizagem maiores quando comparados com turmas tradicionais e, aulas utilizando o IpC, o EsM e outras atividades interativas (como tutoriais) obterem ganhos ainda maiores.
Crouch et al. (2007)	Uso conjunto do EsM, <i>workshops</i> e tutoriais de Física em conjunto com o IpC.	Estabelecer se o uso do IpC utilizado em conjunto com outras metodologias de engajamento ativo garante melhores desempenhos em testes normalizados e, se o IpC é eficaz em outros contextos (ou seja, se é eficaz quando os ministrantes não estão diretamente ligados à criação do método).	Em todos os pós-testes os alunos de turmas com o método IpC superaram os alunos de aprendizagens tradicionais em ganhos normalizados obtidos com o <i>Force Concept Inventory</i> e com o <i>Mechanics Base Line</i> . Com relação ao uso do IpC em outras universidades, o estudo trouxe evidências de que o IpC é eficaz em contextos diferentes, sendo flexível e adaptável a diferentes contextos e didáticas.
Turpen e Finkelstein (2009)	Modificações das interações em sala de aula entre professor e alunos.	Diferenças entre as oportunidades dadas para os alunos participarem, formularem e fazerem perguntas, avaliarem a regularidade e integridade de soluções de problemas, interagindo com os professores, identificando fontes de soluções, explicações ou respostas e comunicarem ideias científicas visando estabelecer relações entre essas e o desempenho dos alunos.	Variações entre o desempenho dos alunos das diferentes turmas devido às modificações realizadas e as diferenças na forma de avaliação.
Dancy e Henderson (2010)	Modificações nas interações em aula entre alunos. e entra professor e alunos.	Levantamento de porque e como são utilizados os resultados de pesquisas em ensino de física.	Observou-se que há alterações quanto à interação entre alunos, a ênfase, dada pelo professor, à importância da compreensão conceitual e da aprendizagem ativa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo relacionar o IpC com a Teoria da Educação de Gowin ou o Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin (GOWIN, 2005; MOREIRA, 2011), pois, como será argumentado, esse modelo fornece bom suporte teórico ao IpC (MÜLLER, 2012).

3.1. Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin

Gowin vê os indivíduos como seres que pensam, sentem e atuam. Para Gowin (2005), o pensar é um comportamento não diretamente observável, o sentimento é um comportamento cujo significado é difícil de avaliar, compartilhar e negociar corretamente e, a ação é um comportamento orientado por significado, e é diretamente observável. Assim, um evento educativo deve ser caracterizado por uma ação com o objetivo de compartilhar significados, ou seja, em que se pensa a respeito de algo, e sentimentos entre aluno e professor.

O processo de ensinar, ou de compartilhar significados, envolve quatro “lugares-comuns”, que são: o aprendiz, o professor, o currículo e a governança (meio). Segundo Gowin (ibid), Um currículo é um conjunto logicamente conectado de conhecimentos e juízos de valor, conceitual e pedagogicamente analisados. Gowin (ibidem) usa o termo "conceitualmente analisados" para explicitar as relações entre as visões de mundo com as teorias e sistemas conceituais, os eventos, os dados, as generalizações, as técnicas e os métodos de análise até os juízos de valor. Já o termo "pedagogicamente analisados" é entendido pelo autor como os estudos realizados em campo para avaliar a capacidade de aprendizagem e capacidade de estudo do processo ensino-aprendizagem sobre o currículo. Gowin ressalta que

“o currículo deve ser relacionado ao ensino e à aprendizagem, mas não reduzido a qualquer um desses. O currículo se refere a uma coisa material que existe, não às experiências que podem ser submetidos como consequência da interação com esses materiais” (2005, p. 12).

O aprendiz, se utilizando do currículo, realiza ações com o intuito de mudar os significados de suas experiências. Esse processo, ou essa escolha por aprender, pode se tornar assustador e desconfortável para o aluno, mas são os alunos os responsáveis por causar a sua própria aprendizagem. Desse modo, os alunos têm um papel ativo em sua própria aprendizagem, sendo que os professores não podem “causar” a aprendizagem em estudantes, e sim, fazer a conexão entre os conhecimentos prévios e experiências do aluno com a nova

informação que está sendo ensinada. Dito de outra forma, os professores é que fazem a ligação entre pensamentos e sentimentos que levam o aluno a se motivar a aprender.

Já o termo governança é utilizado por Gowin para definir o poder que o ambiente social exerce sobre o ensino, o currículo e a aprendizagem tornando um evento educativo. Para Gowin,

“quando nós consciente e deliberadamente fazemos eventos educativos acontecerem, temos poder sobre esses eventos. Mas esses eventos são eventos sociais, envolvendo professores, alunos e outras pessoas, e esses eventos quase sempre envolvem uma partilha de poder. Os professores, em geral, têm poder sobre os alunos, mas o currículo tem poder sobre os professores. Os alunos têm o poder sobre a sua própria aprendizagem, se é verdadeiramente sua própria aprendizagem. A partilha de significado entre professores e alunos e currículo requer a cooperação de todas as partes. Cada um desses três lugares comuns deve ser harmonizado se o evento educativo é para acontecer. A representação adequada e proteção dos juízos e poderes especiais é o poder especial da governança, o quarto lugar comum” (GOWIN, 2005, pp. 19-20).

Assim, Gowin percebe que a construção de significados não só vem da criação social, mas também governa o ambiente social. Em resumo, em qualquer evento de ensino existe aquele que aprende algo ao interagir com outro ou com alguma coisa dentro de certo contexto. Sob essa visão aprender torna-se uma reorganização ativa, por parte do aluno, de um padrão de significados já existente, ou seja, os alunos são responsáveis pela aquisição dos significados apreendidos. Mas, não se pode esquecer que, segundo Gowin (ibid), a educação já começa no meio do caminho, com as pessoas já conhecendo alguma coisa daquilo que está sendo aprendido. Isso deve ser levado em conta pelo professor, que, como dito comumente, não pode tratar o aluno como uma “tábula rasa”.

Nesse processo, Gowin percebe os professores como indivíduos que agem intencionalmente para alterar os significados das experiências dos alunos, lhes fornecendo os métodos de ensino e os materiais para tal. Como o objetivo é um significado compartilhado entre aluno e professor, cabe ao professor, assim como dito anteriormente, verificar se o aluno captou o significado dos materiais que o professor objetivava, e ao aluno, cabe a responsabilidade de perceber se os significados que compreendeu são aqueles pretendidos pelo professor.

O ensino começa quando se faz a tentativa de compartilhar significados²⁷ que são utilizados e dão sentido às experiências do professor, por meio de uma constante negociação, para compreender um significado que não é próprio do aluno. Assim, a tarefa do professor é encontrar maneiras de tornar aquilo que é desconhecido mais familiar. Todavia, significados só podem ser compartilhados após a percepção de que são construídos a partir de nossa experiência. O processo de ensino é, por fim, atingido quando as partes compartilham os significados por meio de negociação entre professor, currículo, e aluno a ponto da compreensão mútua.

Cabe ressaltar que não estamos falando de compartilhar o processo de ensino-aprendizagem. A aprendizagem é uma atividade que não pode ser compartilhada, pelo contrário, é responsabilidade individual, ao contrário dos significados que podem ser compartilhados, discutidos, negociados e sujeitos a consenso.

Inseridos nesses quatro lugares comuns se estabelece, para Gowin, uma relação triádica entre professor, materiais educacionais e aluno. Essa relação triádica inclui relações diádicas entre professor e materiais educacionais, professor e aluno, aluno e materiais educacionais, entre alunos e entre professores.

A relação entre professor e aluno se caracteriza, assim como dito anteriormente, pelo compartilhamento de significados entre aluno e professor a respeito de determinados conhecimentos, estando estes em um contexto. A relação entre aluno e materiais educacionais abrange a tentativa daqueles de tentarem compreender os significados presentes nestes. Já a relação entre professor e material educativo se dá pelo conhecimento, adaptação e avaliação dos materiais educacionais de modo que esses sejam potencialmente significativos ao grupo de alunos e ao contexto no qual estão inseridos. É importante notar que nenhuma das relações diádicas deve suprimir a relação triádica, pois se as relações diádicas não se inter-relacionam o processo de ensino fica comprometido.

3.2. Relações entre o modelo de Gowin e o IpC

Segundo Gowin (apud. MOREIRA, 2011, p. 186) “o ensino se consuma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno”. Para tanto o modelo de Gowin propõe quatro momentos principais (MOREIRA, 2011, pp. 186-187), nos quais:

²⁷ O termo significado, para Gowin, é construído quando usamos sinais ou símbolos (como números, palavras ou conceitos) para classificar, ordenar e diferenciar coisas.

- 1) o professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo, sendo tal apresentação caracterizada pela aprendizagem receptiva;
- 2) o aluno, por sua vez, devolve ao professor os significados que captou;
- 3) se o compartilhar significados não é alcançado, o professor deve, outra vez, apresentar os significados aceitos no contexto da matéria de ensino; e
- 4) o aluno, de alguma maneira, deve externalizar, novamente, os significados que captou.

Veamos agora a dinâmica do IpC. Na primeira etapa, ocorre a apresentação de conceitos em exposições curtas feitas pelo professor, ou seja, os significados já compartilhados pela comunidade científica são apresentados. O aluno deve, então, de alguma maneira, expressar ao professor o significado que captou e isso ocorrerá no segundo momento, quando os alunos respondem a uma questão conceitual apresentada pelo professor. (Quando o IpC é precedido pelo EsM, o aluno já compartilha os seus significados com o professor ao responder as questões da Tarefas de Leitura.) O professor, nesse processo, é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é cientificamente aceito. Isso ocorre na etapa da votação, tanto antes da discussão entre os colegas quanto após. Essa tarefa do professor é facilitada se ele dispõe de algum sistema de respostas eletrônico, para avaliar com maior precisão as respostas dos alunos. Finalmente, a responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. Isso ocorrerá na discussão final, conduzida pelo professor, da questão conceitual apresentada.

A Figura 3 apresenta um paralelo entre o modelo de Gowin e o método IpC.

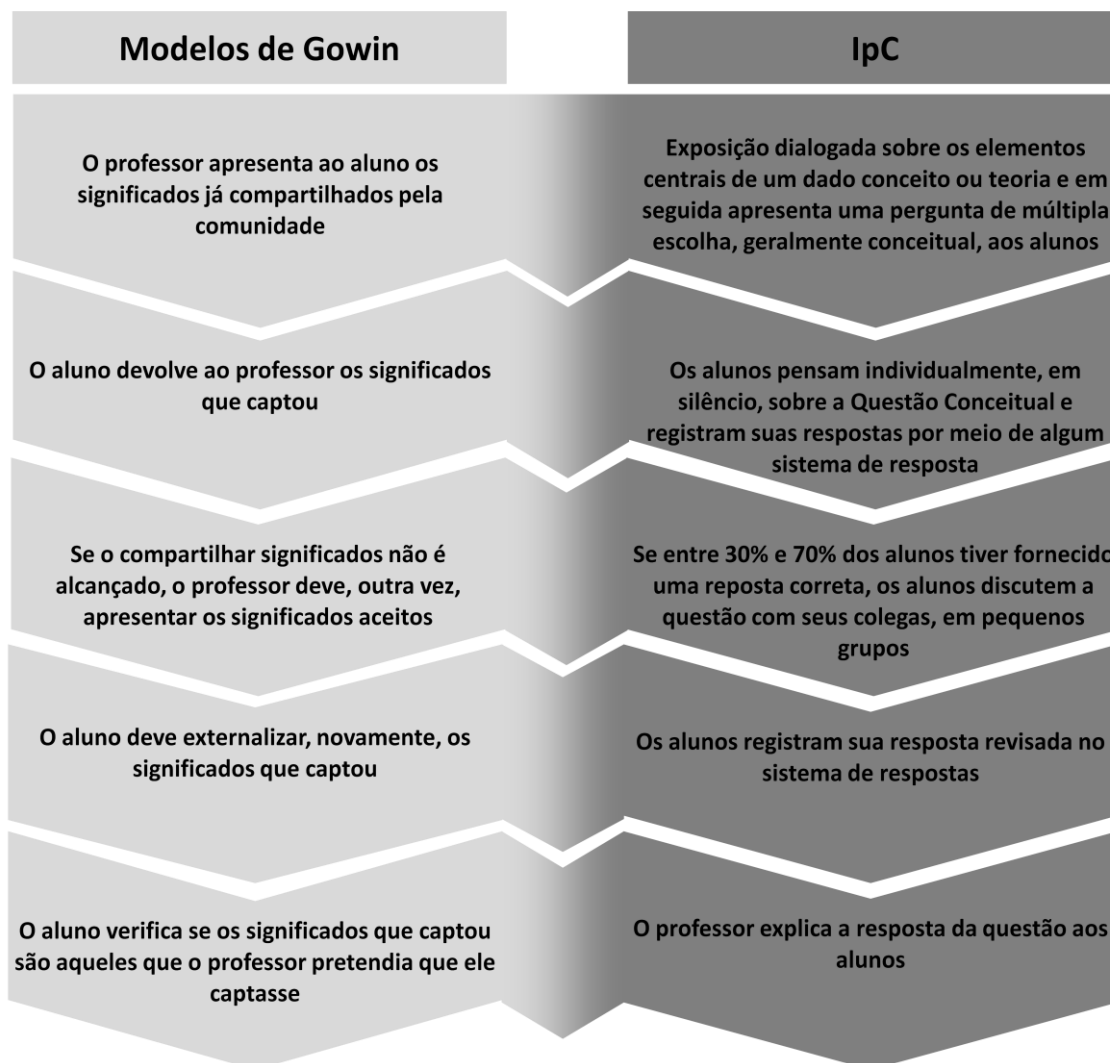


Figura 3: Relação entre o Modelo de Ensino-Aprendizagem de Gowin e o Método de Instrução pelos Colegas.

As Questões Conceituais são utilizados em sala de aula para que o professor possa verificar a congruência de significados dos alunos sobre o material, ou sobre os significados que o aluno internalizou. Assim como citado por Mazur e outros autores (MAZUR, 1997; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007; MAZUR e WATKINS 2007), é fundamental que as questões sejam redigidas de maneira inequívoca, se focando no conceito central de cada exposição dialogada feita pelo professor e, apresentando um nível de dificuldade adequado para a turma. Inclusive, Mazur recomenda que as Questões Conceituais sejam lidas em voz alta pelo professor.

Professor e aluno têm responsabilidades distintas neste processo. O professor é responsável por verificar se os significados que o aluno capta são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários através das Questões Conceituais apresentadas em aula. Neste ponto,

a relação diádica entre professor e material educativo é visível no IpC em duas frentes diferentes: tanto com relação às atividades pré-classe realizadas com o suporte do EsM quanto com o uso das discussões em sala de aula. As atividades pré-classe têm o intuito de avaliar o que o aluno já domina do conteúdo a ser aprendido, por outro lado durante as discussões em sala de aula os alunos compartilham significados internalizados por alguns destes, e é o professor o responsável por selecionar, adaptar e avaliar as Questões Conceituais que sejam mais significativas ao grupo de alunos em questão.

Já os alunos são responsáveis por verificar se os significados que captaram são aqueles que o professor pretendia que eles captassem, isto é, os significados compartilhados no contexto da matéria de ensino, e isto decorre dos resultados das votações. O aluno verifica os significados compreendidos após as votações, ou mesmo durante as discussões. Para o caso em que menos de 30% dos alunos fornecem respostas corretas a um teste conceitual, o professor retoma a exposição explicando o conceito novamente e nesse ponto o aluno verifica seu entendimento. Por outro lado, quando mais de 70% dos alunos fornecem uma resposta correta a um teste conceitual o professor prossegue com o próximo tópico da aula, o que garante ao aluno possibilidade de verificação dos significados captados. Por fim, frequências de respostas corretas entre 30% e 70% levam a discussões entre os alunos, os quais compartilharam significados que em tese se aproximam daqueles que o professor tinha a intenção que os alunos captassem.

Nesse ponto a relação diádica entre alunos está presente, visto que as discussões promovidas pelo IpC têm o papel de auxiliar os alunos no processo de compartilhamento de significados em diferentes contextos, de modo a modificar suas próprias experiências. Entretanto, como os significados são construídos em um contexto social, é de se esperar que professor e grande parte dos alunos não os dividam, ou seja, o processo de compartilhar significados não é tão eficaz entre professor-aluno quanto é entre alunos. Ao discutirem sobre determinado teste conceitual, os alunos acabam por chegar (ou assim espera-se) a um consenso sobre a resposta correta; esse consenso é baseado nos significados já compartilhados apresentados pelo professor.

Entretanto, as respostas dos alunos acabam por ser influenciadas pelas discussões, de modo que um número maior de alunos ao final dessas compartilha os mesmos significados que o professor. Esse aumento na frequência das respostas corretas pode ser explicado, assim como citado por Gowin que

“é muito difícil para nós pensarmos em ideias que são novas, poderosas e profundas; necessitamos de tempo e de alguma atividade mediadora que nos ajude. O pensamento refletivo é o fazer algo de forma controlada, que implica levar e trazer conceitos, bem como juntá-los e separá-los de novo” (NOVAK e GOWIN, 1984, p. 35).

É preciso salientar, no entanto, que os significados compartilhados durante as discussões podem ser aqueles que não são os aceitos pela comunidade científica, ou seja, nos grupos de discussões existem aqueles alunos que detém conceitos aceitos pela comunidade científica e aqueles que possuem concepções alternativas. A pergunta que surge então é: por que os alunos escolhem determinada resposta? Mazur parte do princípio que os alunos que detém as respostas corretas são aqueles que possuem melhores argumentos durante as discussões e, assim, possuem maior poder de persuasão.

Assim como indicado por Lenaerts, Wieme e Zele (2003) é previsto no presente trabalho a investigação sobre o aumento na confiança dos alunos nos estudos descritos a seguir. Da mesma forma, a questão do poder de persuasão será investigada ao longo dos estudos por meio das análises das frequências das respostas corretas às Questões Conceituais. A interação entre os alunos, realizada por meio das discussões, também será analisada por meio da aplicação de testes padronizados em um estudo quantitativo no qual serão comparadas uma turma utilizando o IpC e turmas tradicionais (que não utilizam discussões).

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo explicitar a metodologia de pesquisa, incluindo as formas de coleta e análise de dados utilizadas durante os estudos realizados para investigar o uso do *Método Instrução pelos Colegas* (IpC) em disciplinas de Física Geral na UFRGS. Na Seção 4.1 será apresentada a metodologia de pesquisa, baseada na proposta de Yin para estudos de caso exploratórios; na Seção 4.2, os estudos realizados, explicitando-se a população-alvo e instrumentos de coleta de dados com o intuito de responder às questões de pesquisa apresentados no Capítulo 1. Serão expostos, na Seção 4.3, os instrumentos de coleta de dados utilizados e na Seção 4.2, as formas de análise desses.

4.1. Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada para os estudos de caso exploratórios foi baseada na proposta de Yin, que orienta tanto as formas de coleta e análise dos dados, quanto à apresentação dos resultados, que podem ser tanto quantitativos ou qualitativos. Segundo Yin (2001):

“um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos; uma investigação científica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos; enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidência, com os dados precisando convergir (...) [e] beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e análise dos dados” (pp. 32-33).

Estudos de caso são utilizados para explicar vínculos causais entre determinados componentes, bem como descrever intervenções em determinado contexto. Yin cita cinco componentes para se desenvolver um estudo de caso: a) as questões do estudo; b) as proposições desse (ou tópicos de interesse dentro da questão); c) as unidades de análise, ou seja, a definição das partes do todo a serem escolhidas para análise; d) a lógica que une os dados às proposições, que se traduz nas análises de dados; e) os critérios para interpretar os resultados (relacionados com a adequação dos resultados com as hipóteses iniciais). Assim,

para Yin, estudos de caso têm componentes de planejamento, coleta e análise de dados, os quais foram seguidos nesse trabalho e serão explicitados posteriormente.

4.2. Estudos Realizados

Como citado no Capítulo 1, este trabalho pretende investigar 1) os ganhos de aprendizagem por parte dos alunos; 2) as atitudes dos alunos com relação ao método de ensino; e 3) a eficácia das discussões entre os próprios alunos, em comparação com a eficácia das explanações do professor, para promover a aprendizagem conceitual dos conteúdos. Para responder às questões propostas sobre o uso do IpC, foram realizados três estudos de caso exploratórios, os quais serão descritos a seguir. O Quadro 4 explicita cada um dos três estudos, incluindo o semestre de realização, o público-alvo, o número de participantes em cada estudo e as formas de coleta de dados. Todos os três estudos foram realizados com graduandos em disciplinas do currículo básico abordando tópicos de Eletromagnetismo.

O Estudo 1 foi realizado ao longo do primeiro semestre de 2011 com uma turma de graduandos em Física, cursando uma disciplina de Física Geral abordando tópicos de Eletromagnetismo, constante no terceiro semestre da grade curricular. Esse estudo teve como objetivos específicos:

- i) que o autor do estudo adquirisse experiência no uso do IpC;
- ii) organizar materiais e recursos de modo a utilizar o IpC na UFRGS;

além de avaliar, comparativamente com resultados internacionais, os resultados de desempenho e de atitudes de alunos frente a esse método de ensino. Ou seja, responder duas das três questões de pesquisas apresentadas no Capítulo 1, quais sejam:

1. seriam os ganhos de aprendizagem por parte dos alunos semelhantes aos ganhos apresentados em estudos internacionais?

2. quais as atitudes dos alunos com relação a uma mudança no método de ensino utilizado?

O formato final da disciplina envolvia o uso do IpC em conjunto com o EsM e outras atividades, como listas de problemas para resolução extraclasse, uso de simulações computacionais utilizando estratégias P.O.E. - Predizer-Observar-Explicar (DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012) e demonstrações experimentais.

Quadro 4: Estudos realizados para investigar o uso do método IpC.

	Realizado em	Número de horas de estudo	População alvo	Número de participantes	de Instrumentos de coleta de dados	de Objetivos
Estudo 1	2011/1	50 horas-aula	Graduandos em Física.	15 no início do semestre e 12 ao final	Testes Conceituais, BEMA, teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples, entrevistas.	Responder as questões de pesquisa 1 e 2, ganhar experiência com o método e reunir materiais.
	2011/2	8 horas-aula	Graduandos em Engenharia.	Aproximadamente 90 no início da unidade e 50 ao final	Testes Conceituais, teste sobre a Lei de Faraday-Lenz.	Responder a questão de pesquisa 3.
Estudo 2	2011/2	50 horas-aula	Graduandos em Física.	16 no início do semestre e 13 ao final	Testes Conceituais, BEMA, teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples, teste sobre a Lei de Faraday-Lenz, entrevistas.	Responder as questões de pesquisa 1 e 2 e aprofundar a coleta e análise de dados.
Estudo 3						

Já o Estudo 2 teve como foco as discussões realizadas pelos alunos no IpC. Para responder à questão “serão discussões ou explicações detalhadas por parte do professor, aos testes conceituais propostos, melhores para o aprendizado dos alunos?” foi realizado um estudo envolvendo duas turmas de graduandos da Engenharia com pouco mais de 30 alunos em cada uma delas. Uma dessas turmas experimentais teve aulas utilizando o método IpC e a outra, uma variação do IpC, na qual as discussões entre alunos foram substituídas por explicações mais detalhadas por parte do professor, de modo a convencer os alunos da resposta correta, a cada Questão Conceitual apresentada. Uma terceira turma foi usada como controle, totalizando aproximadamente 90 alunos, como apresentado no Quadro 4.

Ambas as turmas experimentais foram ministradas pelo autor da presente dissertação, para o conteúdo abordado no Estudo 2 (Lei de Faraday-Lenz), e utilizaram os mesmos materiais e sequência didática. Dessa forma, o único fator que diferenciou as aulas ministradas foram as discussões entre alunos. A terceira turma teve aulas tradicionais (com um professor não ligado à pesquisa), ou seja, predominantemente expositivas. O Quadro 5 ressalta as diferenças entre as sequências didáticas a cada aplicação de uma Questão Conceitual para ambas as turmas experimentais do Estudo 2.

Por fim, o Estudo 3 teve como objetivo um aprofundamento tanto na coleta quanto na análise de dados, no que se refere à investigação do desempenho e das atitudes de alunos frente ao uso do IpC como alternativa didática, comparando tais análises com resultados presentes na literatura. Em síntese, os Estudos 1 e 2 tiveram como alvo os dois primeiros objetivos específicos apresentados anteriormente e o Estudo 3 teve como foco o terceiro objetivo específico.

Quadro 5: Sequência de questões conceituais para ambas as metodologias previstas (com e sem o uso de discussão entre colegas).

Sequência de Questões Conceituais		
Passos	Discussão entre os alunos (IpC)	Discussão do Professor com os Alunos (DPA ²⁸)
1	Teste conceitual (de múltipla escolha) sobre o conceito abordado;	
2	1 a 2 minutos para os alunos pensarem individualmente;	
3	Registro das respostas individuais dos alunos e de seus graus de confiança quanto a essas;	
4	Discussão entre alunos (quando a distribuição de respostas assim o permitir) por 1 a 2 minutos de modo que tentem convencer seus colegas de que sua resposta está correta;	
5	Registro das respostas revisadas dos alunos e de seus graus de confiança nas respostas;	
6	Apresentação dos resultados aos alunos (<i>feedback</i> aos alunos);	
7	Discussão “breve” da resposta correta;	Explicação detalhada da resposta correta, a qual inclui a exposição de concepções alternativas presentes nas alternativas incorretas (o tempo de explicação da resposta correta e alternativas incorretas varia conforme a questão e a distribuição das respostas);
8	Teste conceitual (de múltipla escolha) sobre o mesmo conceito (questão equivalente).	

4.3. Instrumentos de Coleta de Dados

Adotou-se nos estudos realizados as três formas mais frequentes de coleta de dados em estudos referentes ao IpC encontrados na literatura, a saber: resultados de desempenho em testes padronizados, opiniões dos alunos quanto à metodologia e resultados das votações aos testes conceituais. As opiniões dos alunos foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas nos Estudos 1 e 3, sendo o roteiro das entrevistas apresentado no Apêndice A.

²⁸ DPA: Discussão do Professor com os Alunos – com o uso de explicações detalhadas por parte do professor (ênfase em concepções alternativas presentes nas alternativas incorretas) no lugar de discussões entre alunos.

Já as questões conceituais utilizadas pertencem a um banco de dados construído por Mazur e colaboradores (CROUCH, WATKINS, FAGEN et al., 2007; CROUCH e MAZUR, 2001; MAZUR e SOMERS, 1999) ou foram criadas para colocar em discussão dúvidas específicas dos alunos manifestadas durante as aulas. As Questões Conceituais estão presentes no Apêndice B. As votações foram realizadas com um sistema de resposta eletrônica, produzido pelo *Turning Technologies* (2012), que é constituído por *clickers* para as votações e um *software*, para o cômputo das respostas. O Quadro 6 sintetiza as formas de coleta de dados utilizadas em cada estudo.

Quadro 6: Formas de coleta de dados utilizada nos estudos realizados para investigar o uso do método IpC.

Formas de coleta de dados	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
BEMA - <i>Brief Electricity & Magnetism Assessment</i> ²⁹	X		X
Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples ³⁰	X		X
Avaliação sobre Conhecimentos Relacionados à Lei de Faraday-Lenz		X	X
Entrevistas semiestruturadas	X		X
Votações às Questões Conceituais	X	X	X

Os testes padronizados utilizados foram aplicados no início do semestre ou unidade de ensino e ao final do mesmo, de modo a avaliar o desempenho e a retenção do material em médio prazo (ao final do semestre). O BEMA - *Brief Electricity & Magnetism Assessment* (DING et al., 2006) abarca todos os conteúdos relevantes presentes em disciplinas introdutórias de Eletromagnetismo e o Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples (SILVEIRA, MOREIRA e AXT, 1989), relações entre a resistência e corrente elétrica em um circuito devido a diferentes configurações dos elementos resistivos (diferentes formas de ligação – série/paralelo). Tais testes são apresentados nos Anexos I e II.

O teste Avaliação sobre Conhecimentos Relacionados à Lei de Faraday-Lenz (Apêndice C) foi criado especificamente para a unidade didática ministrada durante o Estudo 2. Tal estudo seguiu uma metodologia puramente quantitativa. Este teste é composto de 11 questões conceituais típicas de múltipla escolha, contendo entre três e cinco alternativas, selecionadas a partir de questões de vestibular, questões presentes nos materiais de apoio ao professor de livros-texto para a graduação e Questões Conceituais presentes no banco de dados de Mazur e colaboradores³¹ (MAZUR, 1997). Tal teste é apresentado no Apêndice C.

²⁹ DING, L. et al. (2006).

³⁰ SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. (1989)

³¹ As Questões Conceituais podem ser obtidas gratuitamente, bastando realizar um cadastro em: <https://galileo.harvard.edu>, os testes envolvem questões para Física, Química e Astronomia.

Os resultados de aprendizagem esperados para as aulas e avaliados pelo teste são listados no Quadro 7. Os desempenhos de ambas as turmas experimentais neste teste foram comparados, assim como o foram com um grupo de controle, o qual assistiu aulas tradicionais.

Quadro 7: Resultados de aprendizagem esperados avaliados por meio do teste da Lei de Faraday-Lenz no Estudo 2. Os números presentes na coluna à direita correspondem às questões do teste presentes no Apêndice C.

Resultados Esperados	Questão do teste sobre a Lei de Faraday-Lenz
Relacionar o conceito de fluxo magnético (Φ_B) com a corrente elétrica induzida	3
Reconhecer uma variação no fluxo magnético ($\Delta\Phi_B$) devido a uma mudança no campo magnético no espaço ($B(x)$), relacionando tal fato com o surgimento de uma corrente elétrica induzida.	1; 7; 9; 10
Reconhecer uma variação no fluxo magnético ($\Delta\Phi_B$) devido a uma mudança no campo magnético no tempo ($B(t)$), relacionando tal fato com o surgimento de uma corrente elétrica induzida.	2; 4; 5; 11
Reconhecer uma variação no fluxo magnético ($\Delta\Phi_B$) devido a uma mudança na área (A) atravessada por um campo magnético (B), relacionando tal fato com o surgimento de uma corrente elétrica induzida.	1; 6
Reconhecer uma variação no fluxo magnético ($\Delta\Phi_B$) devido a uma mudança nas direções do campo magnético (B) e do vetor normal à área da espira (n), ou seja, devido a uma mudança no ângulo (θ) entre o campo magnético (B) e o vetor normal à área da espira (n), relacionando tal fato com o surgimento de uma corrente elétrica induzida.	8
Determinar, através da Lei de Lenz, o sentido da corrente elétrica induzida em uma espira quando varia o fluxo magnético que a atravessa.	2; 4; 5; 9; 10

4.4. Formas de análise de dados

Os estudos realizados envolveram dados qualitativos e quantitativos. Os dados qualitativos foram obtidos por meios de entrevistas semiestruturadas, que foram analisadas da seguinte forma: 1º) transcreveram-se as entrevistas; 2º) agruparam-se opiniões sobre um mesmo tópico levantadas pelo aluno para cada pergunta realizada; 3º) agruparam-se respostas que apresentavam atitudes positivas e negativas para os tópicos estabelecidos no passo anterior; e por fim, 4º) foram estabelecidas relações entre o desempenho de cada aluno em cada tarefa avaliada durante a disciplina e suas atitudes.

Os dados quantitativos foram obtidos por meio de testes padronizados e o procedimento foi o que segue. Primeiro foram verificadas as distribuições de acertos ao início e ao final do semestre e/ou unidade e, então, calculou-se o ganho normalizado de cada aluno de modo a analisar a influência do método sobre o desempenho dos alunos a médio prazo.

O ganho normalizado é calculado segundo a razão apresentada na Equação 1 e corresponde à melhora do escore do aluno em um teste, levando em conta os seus escores no pré e pós-teste. O numerador, neste cálculo, corresponde ao ganho efetivo obtido pelo aluno entre os escores no pré e o pós-teste e, o denominador à melhora de desempenho máxima que poderia ser alcançada. Seus valores figuram entre 0 e 1 (ou entre 0% e 100%), sendo que valores mais altos correspondem a uma melhora de desempenho mais acentuada e valores negativos (que correspondem a perdas e não a ganhos) são desconsiderados nas análises. Hake (1998) verificou que o ganho médio normalizado no teste FCI, de turmas que trabalharam com métodos de interativos de ensino, como é o caso do IpC, situa-se entre 0,3 e 0,7 (ou entre 30% e 70%), os quais são geralmente representados, na literatura, por retas como as presentes na Figura 4.

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

sendo $E_{pós}$ e $E_{pré}$ os escores de cada aluno no pós e pré-teste, respectivamente.

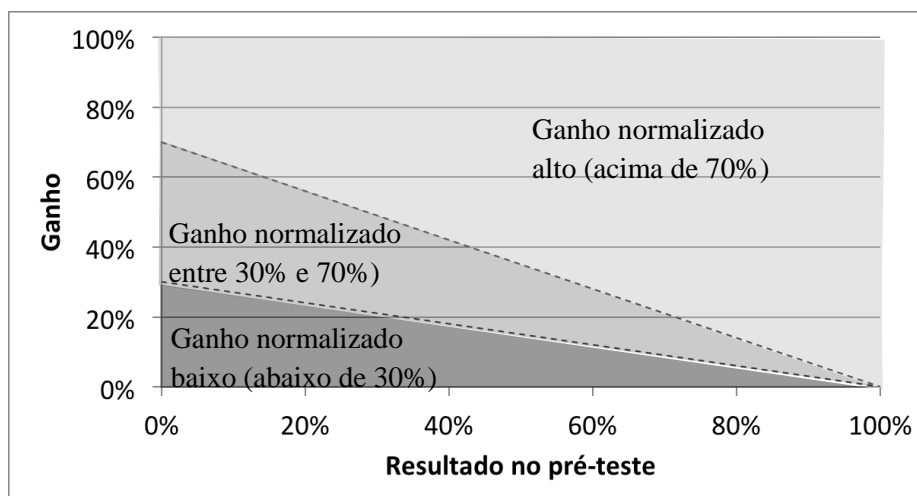


Figura 4: Limites inferior e superior para o ganho médio normalizado no teste FCI (Hake, 1998).

Para o teste Avaliação sobre Conhecimentos Relacionados à Lei de Faraday-Lenz, foi calculado, por meio do *software* estatístico SPSS, o coeficiente de fidedignidade alfa tendo como população-alvo os alunos de graduação em Engenharia da UFRGS das duas turmas experimentais e da turma de controle (50 alunos ao total). Também foram realizados testes estatísticos de análise de variância para avaliar se os escores nos pré e pós-testes dos alunos nos três grupos do Estudo 2 apresentavam diferença estatisticamente significativa.

Enquanto os testes padronizados avaliam o desempenho e a retenção do aluno, a distribuição das respostas dos alunos durante as aulas é um fator que determina se as discussões estão sendo ou não produtivas para os alunos no entendimento dos conceitos. Estas votações tiveram como forma de análise a comparação entre os resultados antes e após as discussões realizadas entre os alunos, buscando assim, indícios de uma aprendizagem colaborativa. De maneira complementar, foram obtidas nos Estudos 2 e 3 resultados da confiança dos alunos a cada uma das votações realizadas, de modo a estabelecer relações entre a confiança e a mudança de resposta.

Ao utilizar *clickers* para as votações, a análise de dados torna-se mais simples, visto que o *software* utilizado fornece um histograma, em tempo real, das respostas dos alunos às Questões Conceituais, bastando então, comparar as respostas dos alunos antes e após as discussões de modo a analisar melhorias na aprendizagem.

No capítulo 5 serão apresentados os resultados obtidos nos três estudos realizados e a correspondente análise, que leva em conta às Questões Conceituais, testes padronizados e entrevistas.

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos ao longo da investigação do uso do IpC.

5.1. Estudo 1

Nesse estudo as aulas foram ministradas no turno da tarde e a turma contava com 15 alunos no início do semestre e 12 ao final, sendo 10 bacharelados. Foram coletados três diferentes tipos de dados durante o estudo: resultados das votações às Questões Conceituais, resultados de desempenho em testes padronizados e opiniões dos alunos, obtidas por meio de entrevistas relativas ao método utilizado na disciplina.

Durante as aulas se utilizou uma combinação dos métodos IpC e EsM; simulações computacionais, com a estratégia Predizer-Observar-Explicar (DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012) e demonstrações experimentais. Foram apresentadas listas de problemas como tarefas extraclasse. O professor da disciplina contava com o auxílio de dois alunos de pós-graduação atuando como monitores presenciais, sendo um deles o autor do presente trabalho.

5.1.1. Desempenho

Como mencionado no Capítulo 4, o desempenho dos alunos foi medido por meio de testes conceituais e testes padronizados, cujos resultados passamos a descrever a seguir.

5.1.1.1. Testes Padronizados

A Figura 5 apresenta a frequência de acertos dos 12 alunos do Estudo 1 que responderam ao pré e pós-teste, para cada uma das questões do BEMA. Com exceção da Questão 1, para a qual a frequência de acertos tanto no pré quanto no pós-teste foi alta e não variou, todas as questões restantes tiveram um aumento na frequência de acertos; sendo a diferença máxima apresentada nas Questões 12 e 31, que envolvem os conceitos de campo elétrico e Lei de Faraday, respectivamente. Os acertos no BEMA foram computados conforme os autores do teste sugerem (DING et al., 2006); assim, as questões 16 e 29 são analisadas em consonância com questões anteriores ou posteriores, de modo que para o total de 31 questões há apenas 29 pontuações. Por exemplo, às questões 28 e 29 é atribuído um

ponto quando ambas estão corretas, mas não é atribuída pontuação alguma no caso de uma delas estar incorreta.

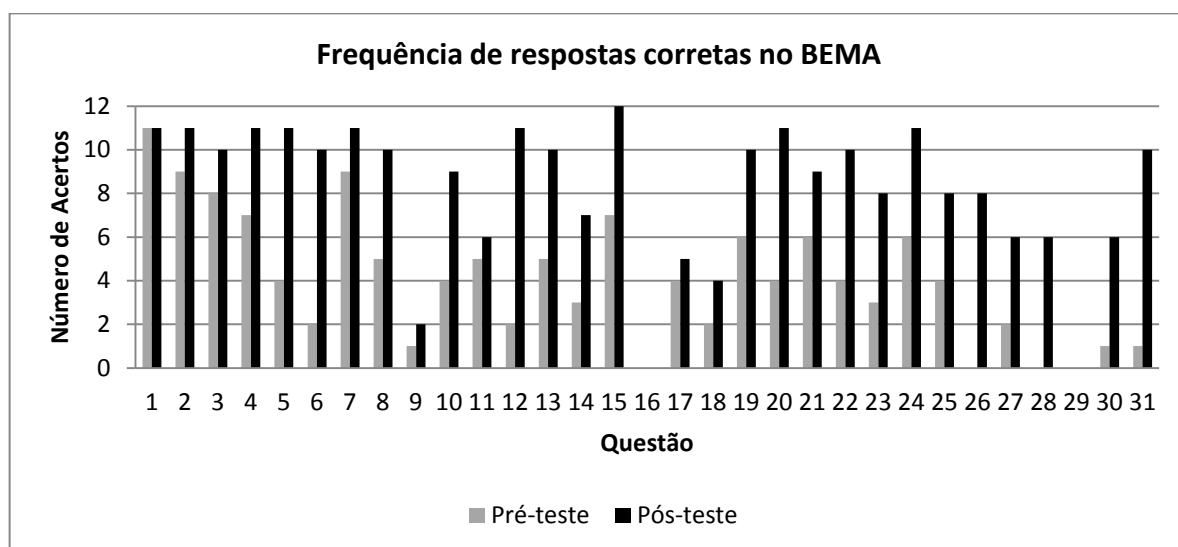


Figura 5: Frequência de acertos em cada uma das questões no BEMA para os alunos do Estudo 1.

Para testar se houve diferenças estatisticamente significativas entre as performances do grupo de alunos participantes do estudo, antes e após o uso do IpC, utilizou-se o teste t. Buscou-se comparar a média de desempenho dos alunos no BEMA antes da aplicação do IpC com a média depois. A hipótese nula (H_0) é que o uso do IpC não alterou a média de desempenho dos alunos no BEMA, ou seja a diferença entre as médias antes e após o tratamento não é estatisticamente significativa. Por outro lado, a hipótese alternativa indica que a diferença observada nas médias não pode ser atribuída ao acaso e vamos atribuí-la ao uso do método de ensino utilizado.

Utilizou-se um nível de significância de 0,05 como ponto de corte para rejeitar a hipótese nula. Isso significa que havendo uma diferença entre as médias e sendo o valor de $p < 0,05$, rejeitamos a hipótese nula, que atribuiria a diferença ao acaso, e atribuímos a diferença ao uso do método de ensino utilizado.

Para avaliar melhor o desempenho da turma, se calculou a média dos ganhos normalizados, calculados com a Equação 1 (pág. 73), em função do desempenho dos alunos no pré-teste. Obteve-se uma média de ganhos normalizados de cerca de 54% (com desvio padrão de aproximadamente 20%) - semelhante aos resultados obtidos por Crouch e Mazur (2001), cujo ganho médio foi entre 49% e 74% para o FCI, Lenaerts, Wieme e Zele (2003), que obteve ganhos de 59% para o *Magnetism Concept Inventory* e Mckagan, Perkins, e

Wieman (2007), com ganhos de 49% e 54% para o QMCS (os resultados dos ganhos normalizados dos alunos estão presentes na Tabela 7 do Apêndice E). Tal resultado, obtido neste estudo, mais expressivo ainda se torna, se comparado ao valor de aproximadamente 30%, encontrado por Kohlmyer, Caballero, Catrambone, Chabay et al. (2009) em um amplo estudo envolvendo mais de 2000 alunos de quatro instituições, sujeitos ao ensino tradicional.

Tal resultado pode ser encarado como um indicativo de melhor aprendizagem conceitual em tópicos de Eletromagnetismo em razão do uso da Instrução pelos Colegas em consonância com as outras estratégias didáticas citadas anteriormente. Ainda em relação ao teste t realizado, o valor de t obtido foi de 9,576 e o nível de significância alcançado de $p < 0,000$. Assim podemos rejeitar a hipótese nula, ou em outras palavras afirmar que há diferença estatisticamente significativa entre os desempenhos dos alunos no pré e pós-teste. O valor do ganho normalizado médio e do desvio padrão pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Médias dos ganhos normalizados dos alunos no BEMA, sendo $p < 0,000$.

Média	Desvio padrão
0,54	0,20

Em consonância com estes resultados estão os apresentados pela Figura 6, que mostra o número de acertos no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples, respondido por nove alunos (o número de alunos foi menor do que o citado anteriormente devido ao fato de alunos terem se ausentado no dia da aplicação do pré ou pós-teste). Da mesma forma que para o BEMA, utilizou-se, para o Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples (SILVEIRA, MOREIRA e AXT, 1989), composto por 14 questões, um teste t para comparar o desempenho dos alunos no início e ao final da unidade didática. Observou-se que a média dos ganhos normalizados foi de aproximadamente 65% (desvio padrão 27%), o qual se mostra muito expressivo se comparado aos 9% obtidos em um estudo realizado por Dorneles (2005) com 165 alunos de cursos de Engenharia da UFRGS, seguindo um ensino tradicional. A Tabela 2 apresenta os resultados da média e desvio padrão do ganho normalizado no teste (os valores individuais são apresentados na Tabela 8 do Apêndice E).

Tabela 2: Médias dos ganhos normalizados dos alunos no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples utilizado como pré e pós-teste.

Média	Desvio padrão
0,65	0,27

O valor obtido para t foi de 3,133. Para esse conjunto de dados a significância alcançada foi $p < 0,000$, o que indica que podemos rejeitar a hipótese nula, ou em outras palavras que há diferença estatisticamente significativa entre as médias dos desempenhos dos alunos do pré e pós-teste. O coeficiente alfa foi calculado para esse teste e resultou em 0,92 no pós-teste.

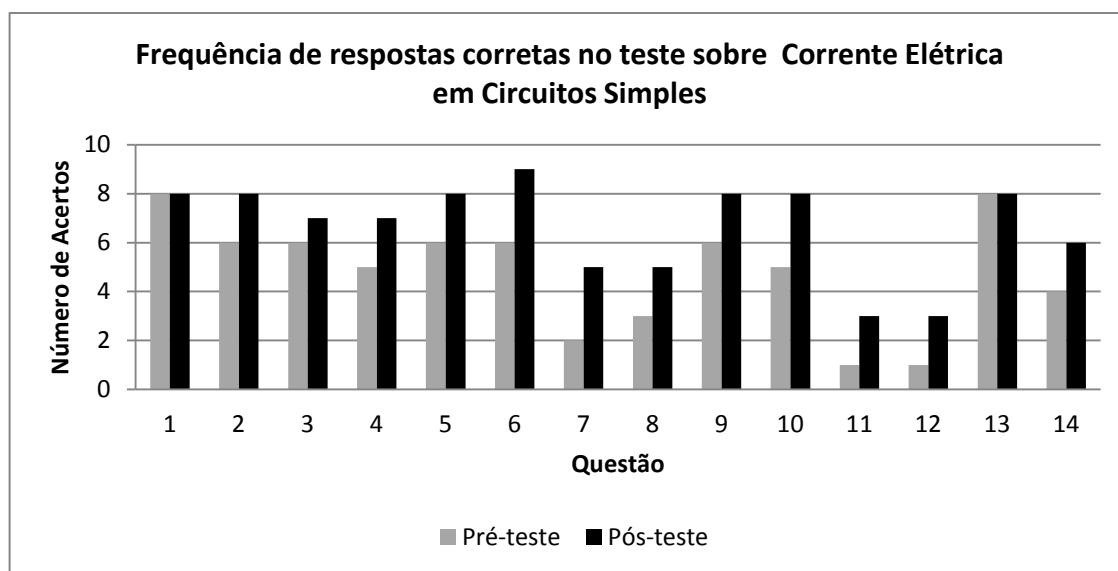


Figura 6: Frequência de acertos em cada uma das questões no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos do Estudo 1.

5.1.1.2. Questões Conceituais

Para avaliar a influência das discussões sobre as respostas dos alunos, analisaram-se os percentuais de respostas corretas e incorretas antes e após as discussões. Para tanto as respostas foram classificadas em quatro categorias, a saber, resposta: i) correta na 1ª e 2ª votações; ii) incorreta na 1ª votação e correta na 2ª; iii) correta na 1ª votação e incorreta na 2ª; e iv) incorreta na 1ª e 2ª votações. Tal categorização permite acompanhar o percentual de respostas que não sofreram alterações, continuando corretas ou incorretas após as discussões como também as mudanças de respostas entre incorreto para correto e correto para incorreto, conforme pode ser visto na Figura 7. Na coluna da direita vê-se o percentual de respostas que resultaram corretas após a segunda votação. Cerca de 50% delas estavam incorretas na 1ª votação, mas as discussões levaram os alunos a acertá-las. Em relação ao número total de respostas, percebe-se que respostas corretas foram apresentadas em 76% dos casos na segunda votação. Destas, 38% correspondem a mudanças de respostas de incorreta antes para correta após as discussões. Tal fato pode ser um indicativo de que as discussões foram importantes

para os alunos, no que diz respeito ao entendimento dos conceitos físicos abordados pelas questões.

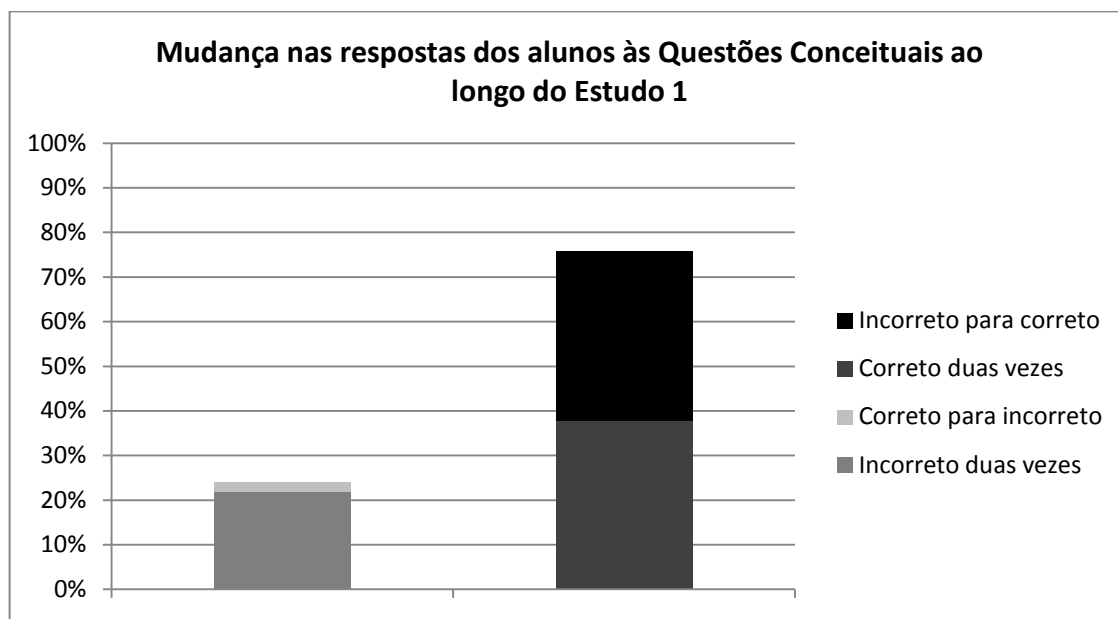


Figura 7: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 1, para as 21 questões que suscitaram discussão ao longo do estudo.

Essa conclusão é reforçada ao se observar que as mudanças de resposta corretas para incorretas foi um percentual muito reduzido (2%).

Entretanto, percebemos da Figura 7 que muitos alunos não alteram suas respostas após as discussões, mesmo estando incorretos (60% do total de respostas não sofreram alterações com as discussões, sendo 22% incorretas antes e após as discussões). Frente a esses resultados, decidiu-se investigar no Estudo 2, a ser apresentado na seção seguinte, até que ponto as discussões são importantes para a aprendizagem dos alunos.

5.1.2. *Atitudes dos alunos*

As atitudes dos alunos foram investigadas por meio de entrevistas semiestruturadas, que passamos a descrever.

As entrevistas semiestruturadas, cujo roteiro está no Apêndice A, foram realizadas com sete dos 12 alunos da turma. Todos os alunos foram convidados a participarem, contudo como as entrevistas foram realizadas ao final do semestre, nem todos se dispuseram a fazê-lo. Desta forma, é bem possível que os alunos que se voluntariaram para a entrevista se enquadrem em um subgrupo que tenham as opiniões mais positivas sobre o método IpC, pois

foram aprovados (apesar de que, com exceção de três alunos que abandonaram a disciplina, todos os alunos que cursaram a disciplina foram aprovados ao final do semestre); ainda assim, por se tratar de um estudo exploratório as opiniões desse subgrupo também são importantes para a elaboração das proposições teóricas a serem avaliadas em estudos posteriores.

A seguir são apresentadas suas opiniões em relação aos seguintes tópicos: tarefas de leitura, Questões Conceituais e discussões, trabalhos em grupo, simulações computacionais, demonstrações experimentais, aulas expositivas, atividades realizadas e livro texto utilizado. Para cada um desses tópicos, as respostas dos alunos foram categorizadas, conforme passamos a descrever.

Tarefas de leitura

Três dos sete alunos citaram que uma das vantagens das tarefas de leitura é o fato de que o ensino torna-se mais eficaz quando se assiste a uma aula em que já se sabe os conteúdos que serão vistos. Nas palavras dos próprios alunos:

“Eu gostei muito das TLs [*Tarefas de Leitura*], que te geram a dúvida e que tu já entra na sala de aula já sabendo o que tu vai perguntar pro professor. Isso agiliza muito e te, digamos assim, abre espaço na sala de aula pra dúvidas práticas do teu dia-a-dia e isso é muito bacana. [...] Tu já chega em sala de aula sabendo do que se trata da aula e isso é muito positivo porque tu não, digamos assim, fica à espreita de ter um aluno que esta um pouco mais atrasado. Então a aula se desenvolve com muito mais facilidade e isso é muito bom” (Aluno Ca).

“O que eu mais achei legal na disciplina foi quando o professor , digamos, antes de tu ter a aula prática que ele dá em sala de aula é tu já ter um prévio conhecimento do assunto e isso na minha opinião flui muito bem, porque tu não tá ali, tipo, sem nunca ter visto. [...] É a mesma coisa que tu tocar uma música e se apresentar e treinar ela antes, então isso é o aspecto mais importante. [...] Mas dessa maneira, sem sombra de dúvidas o aluno aprende muito mais, muito mais, porque tu já vai com um prévio conhecimento. A própria aula é baseada em cima das tuas dúvidas, então eu assim pretendo ser professor, eu acho que não tem coisa melhor que isso” (Aluno Je).

“Das horas que eu fazia eu me sentia muito bem que eu consegui fazer, que foi fácil e no dia da aula o professor falava tudo que eu entendi. Ficou bem mais fácil” (Aluno Jo).

Assim, três de sete alunos veem como um fator positivo conhecer de antemão aquilo que estudarão. Outro ponto destacado (por quatro dos sete alunos) é o fato de que as tarefas fazem com que o estudo para as provas não se acumule, fato recorrente nas aulas tradicionais. Nas palavras desses alunos:

“Todo método em si força a pessoa a estudar. Tu vai ganhar ponto por isso, então o cara se força a estudar. [...] eu não estudava e com esse método sem querer querendo o cara estuda. [...] Eu acho isso muito bom” (Aluno Gc).

“Eu me dei conta de que foi o livro inteiro, muitas páginas. E um ponto positivo é que o fato de tu ter que ler pequenos trechos de conteúdo do livro e responder aquelas perguntas antes de cada aula. É muito mais fácil de tu manter o conteúdo. No início é um pouco difícil porque realmente a gente não tem esse costume de estudar [...] conforme tu vai tendo na aula. [...] Na prática não é isso que acontece. Então sempre chega no final [...] e tem muita coisa porque tu não teve esse acompanhamento. Então isso pra mim é um baita ponto positivo” (Aluno Gs).

“Fazer a leitura em cada aula. Isso aí ajudou bastante. Antes eu tinha que estudar antes da prova e aí assim vai estudando bem no ritmo do ensino” (Aluno Ma).

“Os exercícios conceituais eram os mais importantes porque, eu em cálculo, [...] eu me viro, mas a parte mais conceitual da Física que era o mais complicado. Às vezes é difícil tu pensar. Às vezes tu mata um problema com a parte conceitual e não com a parte do cálculo. [...] O maior gosto foi as tarefas de leitura. Porque é uma obrigação, claro que foi muito puxado. [...] Eu acho que a disciplina incentivou a dedicação dos alunos. [...] Era interessante tu chegar em casa e tu poder fazer” (Aluno Jo).

Uma das questões presentes nas tarefas de leitura solicitava que os alunos apresentassem as dificuldades enfrentadas e as suas conseqüentes dúvidas ao longo da leitura designada. Dois alunos citaram essa possibilidade como um fator positivo das atividades prévias realizadas, dizendo:

“[...] Também pelo moodle fazer as perguntas e responder ajudou bastante” (Aluno Ma).

“O método é ótimo, e também é uma maneira de dar oportunidade pra que todos os alunos façam as perguntas, porque se fosse ao vivo não teria todos os alunos podendo fazer perguntas” (Aluno Ed).

Os depoimentos dos alunos nos levaram a concluir que as vantagens atribuídas por eles às Tarefas de Leitura (TLs) são as seguintes:

- Saber do que se trata cada aula com antecedência;
- Estudar previamente para cada aula;
- Possibilidade de fazer perguntas.

Apesar dos pontos positivos apresentados anteriormente quanto ao uso das tarefas de leitura, um dos alunos citou seu desconforto ao realizá-las, em função da sua indisposição à utilização de computadores. Esse aluno disse:

“Não uma coisa que não seja boa, é que eu não gosto muito de computador. Eu sei que tenho que me acostumar porque computador é essencial pro físico. [...] Ter que ir lá e ter que escrever as dúvidas, ter que digitar as dúvidas eu acho ruim. [...]. Eu prefiro perguntar na hora, mas isso é uma coisa particular minha que eu tenho que simplesmente me conformar com a situação porque eu realmente vou precisar usar o computador” (Aluno Ed).

Em resumo, por meio da análise de suas opiniões podemos observar alguns pontos convergentes nas atitudes dos alunos quanto às aulas. De maneira geral, as TLs são apreciadas pelos alunos, pois os forçam a estudar, organizando os estudos e os mantendo em dia. As dúvidas sobre determinado aspecto do conteúdo surgem já durante a realização das TLs, e se levadas em consideração pelo professor no preparo da aula tornam as aulas mais ágeis, visto que nas exposições as dúvidas são discutidas e têm a chance de serem sanadas. Por esse motivo é importante que os alunos expressem as suas dúvidas nas TLs.

Questões Conceituais e discussões

A opinião dos alunos quanto às discussões surgidas por meio das Questões Conceituais apresentadas em aula se centrou em dois pontos: a ênfase no aspecto conceitual e a interação entre alunos. Três alunos citaram a importância dada à ênfase no aspecto conceitual da matéria. Os alunos falaram:

“A gente pega mais os conceitos. Uma coisa que eu não tinha [...] e eu peguei, ainda bem que vocês me ajudaram porque senão ia ter que aprender na marra, era visualizar mesmo antes. Pegar a situação e ficar olhando assim: ‘mas o que que eu tenho aqui?’ Antes eu tentava jogar mais nas equações e eu acho que vocês me

ajudaram bastante assim a vê a Física de uma maneira mais boa pra mim. Pra seguir na minha carreira”(Aluno Ed).

“Eu acho muito bom assim. Tu dá muito mais ênfase pra física do que pra matemática [...]. Eu fazendo comparações com outras aulas, [...] só conta, conta, conta. Eu não acho tão importante. Eu acho melhor tu pega a coisa. [...] Eu acho que ajuda muito assim, a fazer tu pensar, justamente fazer sair da matemática e explicar da maneira física e não da maneira matemática” (Aluno Gc).

“As atividades dos *clickers*, independente da tecnologia e tal, mas daquela coisa de ele colocar um monte de pegadinhas entre aspas ou coisas muito mais simples só pra ver se tu sabe. [...] Tudo tem a sua contribuição, mas eu acho que o principal é essa questão do conceitual, sendo tu expor e ensinar dessa forma” (Aluno Gs).

Já no que diz respeito à interação entre alunos em aula, quatro alunos destacaram que o uso desse aspecto do IpC contribui para a participação em aula, a reflexão sobre o próprio aprendizado e para estabelecer amizades. Segundo os alunos:

“Os *clickers* tornaram a aula um pouco mais fácil de participar porque cada um interagiu com um [...]. Eu gostei bastante do método” (Aluno Jo).

“Que nem teve essas últimas aulas que eu lembro daquele gráfico da espira que entrava no campo magnético. [...] Daí tinha o gráfico que ele reto ou ele tava subindo. Eu fui com convicção que era o que tava subindo [...]. Daí acho que foi o [...] que falou: ‘não meu isso aqui é derivada e tal, e aí eu fui convencido. Daí ele falou aquilo e eu: ‘é óbvio’. [...] Se fosse pra ti ser meio cético, burro e teimoso tu ficaria em casa. Eu acho que quando tu vem pra aula tu quer que o teu conhecimento de alguma forma seja destruído pra ti formar um conhecimento mais forte e eu adoro quando isso acontece. Eu acho que foi uma das disciplinas que isso aconteceu. De tu estar convicto de alguma coisa e aí tu te quebra as pernas e tu reconstrói” (Aluno Gs).

“É muito interessante isso daí. Acho que ajuda bastante assim de discutir com os outros e, ver a ideia dos outros e dependendo do argumento eu ficava pensando cada vez mais e refletindo” (Aluno Ma).

“Eu acho isso muito bom, até pra integrar todo mundo [...] no fim aqui a gente acabou amigo de todo mundo, então até foi bom” (Aluno Gc).

Apesar dos pontos positivos destacados, um dos alunos, apresentou uma opinião contrária às discussões. Para o Aluno Ca o tempo destinado às discussões foi demasiado

longo o que levou a confusão quanto às respostas corretas das questões, bem como o fato de que é o professor quem detém as respostas corretas. Dessa forma, o aluno dá importância à explicação feita pelo professor no momento posterior às votações. Nas palavras do aluno:

“As questões eu achei muito bacana. Às vezes eu acho que a discussão acaba se alongando um pouquinho. Eu acho que tinha que ter tipo um tempo limite pra discussão ali, mesmo porque às vezes tem duas pessoas que sabem exatamente o que tá acontecendo, ou seja, estão certos, e tem uma outra ali que tá um pouquinho perdida, mas só que essas duas pessoas, como são alunos não conseguem provar pra essa outra pessoa que tá perdida o que tá acontecendo. [...] Muitas vezes que eu fiquei com dúvida, mesmo respondendo certo ou respondendo errado eu fiquei à espera que tu ou do que o [*professor*] fossem falar. [...] O cara fala e faz sentido, só que fazer sentido é uma coisa estar correto é outra diferente. Mas eu achei muito bacana. [...] As discussões são boas, mas quando elas são mais objetivas. Tipo assim, ah eu usei o *clicker* e fiz errado e falei pro cara: ‘ah eu fiz C, porque que tu botou B? Porque olha só tá lá no quadro, naquela equaçãozinha, tu faz assim, assim, assado. Ah tá, beleza. Ratiei. Errei. Certo? Fecho!’ Já sei onde que é o meu erro e muitas vezes ficavam pra lá e pra cá e conversavam com um, conversavam com outro e eu acho que isso acabou demorando. Talvez seja um tempo que eu gostaria de fazer uma pergunta e tava no meio do assunto ali. A única coisa que eu achei que algumas delas se entendiam demais a discussão” (Aluno Ca).

Em geral, as Questões Conceituais e consequentes discussões são bem vistas pelos alunos, visto que se focam no aprendizado conceitual da Física e motivam a interação em sala de aula. As discussões, ainda, ajudam os estudantes a analisar seu próprio entendimento sobre os conceitos envolvidos nas questões através das argumentações com os colegas. Contudo, segundo um aluno essas discussões nem sempre são claras e objetivas, devido ao tempo demasiado longo destinado para as discussões em certas ocasiões. Por conta disso, surgem dúvidas sobre os conceitos abordados nas questões.

Trabalhos em grupo

Em sua maior parte, a opinião dos alunos quanto aos trabalhos realizados em grupo em aula, que se dividiam entre resoluções de problemas do livro-texto adotado e resolução de questões envolvendo a interação dos alunos com simulações computacionais, foi positiva. Entretanto, os alunos responderam laconicamente a essa pergunta. Um único esclareceu a sua opinião, dizendo:

“Eu acho que algumas vezes foram muito densas. [...] A ideia inicial era: ‘ah, não tentem que cada um faça uma questão’, só que eu acho que teve duas tarefas em grupo que eu fiz e que chegou meio que: ‘ah, cada um faz uma’ porque não ia dar tempo. De pontos negativos o que eu penso assim é mais em função daquelas tarefas em grupo que eu acho que é uma coisa muito penada, entre aspas”(Aluno Gs).

Pode-se perceber o descontentamento quanto à relação entre o volume de trabalho e a forma como as atividades deveriam ser realizadas, ou seja, o aluno em questão apresentou uma opinião negativa devido à falta de tempo para discutir os problemas propostos.

Demonstrações experimentais

Com relação às demonstrações, cinco dos sete alunos entrevistados demonstram atitudes positivas, visto que consideram importante o efeito visual presente em tais atividades. Nas palavras dos alunos:

“... praticamente todas as demonstrações possíveis foram feitas. Tudo que tem no livro foi falado. [...] Tudo que nós trabalhávamos conceitualmente no livro a gente teve na prática com a demonstração. [...] Eu noto que na Física a gente só vê o que tá no papel. É difícil a gente ver alguma coisa fora. Até essa disciplina é uma das poucas, não são todas, que disponibiliza isso pra nós poder fazer uma coisa mais prática”(Aluno Jo).

“As demonstrações também ajudou muito. Ver, não só ficar na teoria, fica mais clara as coisas. Eu entendi bem assim, bem mais que se fosse um outro método”(Aluno Ma).

“Muito bom, muito bom. Aliás, eu acho que aí estão as duas [*em relação às simulações e demonstrações*] grandes diferenças dos outros métodos de ensino aqui da UFRGS. Porque é muito separado no método antigo o laboratório da sala de aula e agora o laboratório está dentro da sala de aula. Isso também facilita bastante, porque eu gosto muito dessa parte do laboratório”(Aluno Ca).

“É muito bom porque o [*monitor da disciplina*] sempre trazendo uns experimentos fica uma coisa palpável”(Aluno Je).

“Acho importante mostrar. Torna a coisa visual, a coisa palpável. [...] É legal o cara ver, é palpável, se torna real na tua vida”(Aluno Gc).

O formato mais aberto das demonstrações, diferente das usuais atividades realizadas em aula de laboratório, foi ressaltado por um dos alunos. Ele destacou a mudança no formato, referindo-se às aulas usuais de laboratório do seguinte modo:

“[...] Por que na minha opinião, o laboratório daqui [é] como se fosse uma receita de bolo. Eu vou lá, não sei o que tô fazendo, o professor diz o que nós temos que achar e eu faço tudo pra achar aquilo lá, não sei nem por que”(Aluno Je).

As demonstrações realizadas em aula contribuíram para o esclarecimento de concepções alternativas como destacou um dos sete alunos citando:

“Tem muita coisa que tu fala e o cara fica: ‘ah capaz que isso acontece isso aí’. O cara pode continuar não acreditando, mas ele viu, ele sabe que acontece”(Aluno Gc).

Em síntese, nossos alunos destacam que o efeito visual das demonstrações torna mais claro os conceitos estudados, auxiliando na sua compreensão e tornando-os mais palpáveis.

Simulações computacionais

Assim como para as demonstrações, o efeito visual e a consequente contribuição para o aprendizado por meio do uso destes foi destacado para as simulações. Dois alunos citaram:

“Assim fica tudo mais fácil [...]. Entra tudo na prática porque, sei lá, quando que eu ia imaginar o que era uma superfície gaussiana? Quando? Quando? Até na primeira prova eu achei legal que ele [*professor*] perguntou qual foi a tua dificuldade, daí tipo, [...] eu fui indo assim: ah tava difícil, daí eu li o livro, não entendi nada, veio a simulação fecho e o Ives foi lá e falou isso. Daí eu [...] juntei tudo” (Aluno Je).

“Ajuda bastante. Como eu sou muito visual, aquilo que eu aprendo eu sempre tento buscar desenhinhos, analogias e isso ajuda bastante porque reforça”(Aluno Ca).

Um aluno também afirmou que o efeito visual auxilia a retenção, dizendo:

“São certas coisas que talvez daqui a um ano eu já teria esquecido se simplesmente calculasse aqui e agora sempre vem na cabeça aquilo que eu enxerguei no computador”(Aluno Ca).

As simulações foram encaradas como tarefas de resolução de problemas por um dos alunos, o qual disse:

“Eu não tenho nada contra [...]. É mais um local pra ti fazer exercício, pra treinar. Ali surgem mais dúvidas ainda e tu vê de um jeito diferente” (Aluno Gc).

Dois dos sete alunos declararam que as simulações são adequadas, pois não é possível realizar demonstrações para todos os pontos abordados em aula, devido, por exemplo, às idealizações presentes nos modelos físicos.

“Não é na prática porque a prática é complicada, às vezes não funciona, e lá tu tem uma prática ideal. É interessante, acho que é válido ainda. Eu não tenho o que falar de mal” (Aluno Gc).

“Essas aí não foram as que mais me chamaram a atenção. [...] A gente até tava lá assim e a gente via as coisas dando ao contrário do que a gente imaginava que fosse. Mas como tem certas coisas que a gente não pode trabalhar em sala de aula [...]. Como é que nós vamos trabalhar o campo que tá dentro do dielétrico? A simulação é o melhor método. É uma coisa mais prática”(Aluno Jo).

Em suma, os alunos destacam que as simulações tornam mais fáceis o entendimento de pontos abstratos da matéria, apresentando-se, ainda, como formas alternativas para se praticar a resolução de problemas.

Aulas expositivas

Os aspectos conceituais relevantes destacados ao longo de cada tópico estudado na disciplina foram tidos como o fator mais importante, no que se refere às aulas expositivas, por dois dos alunos entrevistados. Nas palavras deles:

“Eu ‘tô’ na física, mas eu não sou tão fã da matemática assim. [...] Saber o que tá acontecendo e é isso que ele [*professor*] passa, é isso que ele transmite eu particularmente gosto disso. Eu acho muito mais importante todas as discussões e coisas assim. Ele começa a fazer perguntas na aula assim: ‘e isso aqui por quê?’. Daí dá todo exemplo e coisa e tal. Eu acho que isso torna mais visual, mais palpável e menos matemático porque matemática é uma equação ali. [...] E desse jeito tu consegue saber porque que a conta funciona e eventualmente porque que ela não funciona. E se tu não sabe da conta as vezes tu até consegue chegar em algum lugar por outros meios. [...] O método em si todo eu achei muito bom. Tu deixa de lado aquilo trivial e tu vai direto no problema. Às vezes na Física II os caras lá só falavam muito daquela coisa fácil, óbvia que todo mundo: ah tá já peguei. E às vezes aquela coisa mais difícil ninguém entendia e ele só passava por cima e é justamente

o que caia na prova. Aqui é o inverso. Ele toca justamente na parte mais complexa. É excelente!” (Aluno Gc).

“Outro ponto positivo, que eu acho que também é independente do método, é o fato do professor ele ter mais atenção ao aspecto físico. A tu entender as nuances que tem por trás, porque normalmente tu estuda e o professor não te dá o que a gente chama, entre aspas, barbada. Ele deixa essas nuances, ele não explicita esses detalhes porque coloca isso na prova. [...] Essas explicações mais pontuais, essas nuances do professor, eu acho que isso foi o mais fundamental” (Aluno Gs).

O Ensino sob Medida foi bem recebido por um dos sete alunos, que disse:

“Eu acho boa [...], porque ele dá aula em cima das dúvidas. Eu acho que é a maneira mais objetiva de dar uma aula” (Aluno Je).

Outros alunos também citaram as atividades pré-aula como um fator positivo do método usado, mas destacaram esse ponto quando perguntados sobre as Tarefas de Leitura, apresentadas anteriormente, e não associaram com as aulas do professor. Um dos alunos destacou sua dependência do professor para o seu entendimento dos conteúdos. Segundo o aluno o professor deve confirmar as informações do livro, detalhar os cálculos e os aspectos conceituais presentes ao longo dos tópicos abordados. Nas palavras do aluno:

“A gente pode até pode trabalhar tudo pelo livro, mas às vezes o livro não tem tudo que a gente precisa saber [...]. No livro a gente começa a viajar um pouco quando a gente começa a ver fluxo, então se o professor, ele não chega na aula e ele não fala isso é isso a gente [*fica*] achando que aquilo ali é uma coisa genérica. É uma coisa que não pode ser... É uma coisa que não é a realidade. Se o professor não chega e mostra pra nós a gente não acredita naquilo que a gente leu. Quando o professor vai lá e mostra: ‘essas equações são assim e assim, e o fluxo se calcula assim e, o fluxo é desse jeito e, o fluxo é as linhas e, o fluxo é isso’. Aí se torna mais fácil, porque a gente confia mais no que o professor diz no que o livro diz” (Aluno Jo).

Em resumo, a forma como a disciplina foi estruturada fez com que os alunos sentissem que aprenderam Física conceitualmente. Entretanto o papel do professor continua sendo muito mais forte nesse aprendizado do que o “aprender a aprender”.

Atividades realizadas

Os alunos citaram que o volume de trabalho dificultava sua realização, contudo percebiam, também, que tais atividades os auxiliavam no entendimento dos conceitos centrais

de cada um dos tópicos de estudo. Quatro dos sete alunos comentaram a respeito do volume de atividades na disciplina. Segundo os alunos:

“Aqueles tarefas [o aluno está se referindo às *Tarefas de Resolução de Problemas*, que eram compostas de uma sequência de problemas do livro texto sobre os conteúdos tratados em aula] me tomavam uma tarde inteira. [...] Então pra mim foi muito puxado” (Aluno Jo).

“Pra mim que trabalho durante o dia se tornou um pouco complicado essa questão de volume de trabalho. No caso assim, por exemplo, eu sou um cara que sou devagar para fazer exercícios, então as TRPs [*Tarefas de Resolução de Problemas*] pra mim me judiaram bastante. [...] Mas foi, foi indo. Teve algumas que eu não consegui fazer e fui colocando pra frente” (Aluno Ca).

“Eu acho que o que daria pra destacar de ruim é que, só que daí todas tem, é que achar que a sua disciplina é exclusiva, é a única que a gente tá fazendo.[...] Às vezes é meio complicado. A gente tem que estudar pra alguma outra prova, às vezes acaba esquecendo de TL [*Tarefa de Leitura*], ou às vezes tem muita coisa pra fazer (...). Tem uma daquelas TRP [*Tarefa de Resolução de Problemas*] que eu não consegui fazer, não consegui tempo (...) tinha outras coisas pra fazer. [...] Pro aluno é meio desgastante às vezes. Pra mim pelo menos (...). Eu sou meio preguiçoso, eu não estudo, eu não consigo estudar em casa e com esse método, ele me forçou a estudar em casa e é difícil, é dolorido o cara ter que perder o final de semana inteiro lá fazendo o negócio (...). No final vale a pena, eu acho que é bom assim força um pouco” (Aluno Gc).

“Que nem eu fico brincando na aula: ‘bah, nunca fiz tanto exercício numa disciplina que nem eu fiz agora’. [...] Eu acho que o mais importante de tudo é tu chegar no final do semestre e tipo: ‘eu sei essa matéria’. Que nem ontem, eu fui na apresentação de um TCC de um cara falando de campos magnéticos em estrelas de nêutrons e tal. Um monte de lagrangiano gigante assim, só que eu não fiquei tão perdido com essa parte do magnetismo e tal. É bem legal. Então tu entende essas coisas eu acho que é fundamental.” (Aluno Gs).

Dois alunos destacaram o fato de que as atividades facilitam o estudo para as provas, visto que este é fracionado ao longo do semestre. Também foram citados, como pontos positivos, o fato de que as atividades realizadas compunham a nota final da disciplina e que as atividades guiavam os estudos ao destacar os pontos mais importantes presentes em cada tópico de aula. Nas palavras dos alunos:

“Exige bastante do aluno porque tu aprende mais. E a história das provas não ser tão pesadas, porque tem alunos que ficam em pane em prova. [...] A palavra prova na minha opinião já deixa a pessoa um pouco desconfortável [...], então esse método do professor de fazer as TRPs [*Tarefas de Resolução de Problemas*], as tarefas em grupo, tarefas de leitura ameniza esse conhecimento da prova e te deixa bem mais à vontade pra poder aprender o conteúdo” (Aluno Je).

“Vinhavam umas questões já encaminhadas pelo professor e a gente já não vai atrás dos livros, dos exercícios do livro, vendo qual tu vai fazer. Já tá encaminhado e provavelmente já tá na ideia do que que vai ser a prova ou o que que precisa [...]. Talvez perto das outras cadeiras fica muito estreito o tempo, mas pra fixar bem a matéria é o ideal, ficou bom mesmo” (Aluno Ma).

Um aluno destacou a importância da resolução de problemas uma vez que estes tornam evidentes as dúvidas com relação à matéria de estudo. Segundo o aluno:

“Eu acho que a gente tem que fazer um monte de atividade sim porque eu já venho com alguma dúvida um pouco a mais. [...] Porque pra mim as dúvidas aparecem nos exercícios, então eu acho importante fazer antes de vim e também porque se tu só lê é diferente de tu ter tentado aplicar porque daí tu realmente, tu percebe: ‘ah será que eu entendi, será que não?’. [...] Eu resolvo todo o Halliday, porque por mais que eles sejam iguais sempre tem alguma coisinha diferente, algum detalhe. Não fazer todos, a gente perde um pouco” (Aluno Ed).

Em resumo, os alunos compreendem que a disciplina exige que eles estudem mais, através de uma carga de atividades que alguns alunos acreditam ser demasiada, tendo em vista o tempo extraclasse necessário para a realização de tais tarefas. Contudo, é percebido também que as atividades realizadas são responsáveis pelo aprendizado obtido.

Livro texto utilizado

As diferentes edições do livro-texto utilizado ao longo da disciplina foi um dos motivos de desagrado dos alunos. Dois dos sete alunos encontraram dificuldades em realizar as diversas atividades (tarefas de resolução de problemas, por exemplo) devido a mudanças entre títulos de capítulos, seções e até mesmo numeração de páginas e equações. Nas palavras dos alunos:

“Eu utilizei pras minhas leituras [*a edição*] quatro do Halliday. Até a metade do curso tava tudo tranquilo, só que depois acabou dando uns probleminhas do tipo: o título não era o mesmo, a ordem não era a mesma, que acabava mudando, e

inclusive nas TRPs [*Tarefas de Resolução de Problemas*] eu coloquei um aviso que de preferência colocassem as equações por que as equações citadas nas TRPs [*Tarefas de Resolução de Problemas*] eram completamente diferentes daquelas que eram pra ser no meu livro e como eu só tinha aquele como referência (...). Até porque eu não conheço muito outros livros, então assim, eu sempre conheci Física a partir do Halliday e pra mim ele tá sendo de bom tamanho. Eu não tenho assim como comparar muito porque eu não vejo muito aquele, o Moises ou outros livros” (Aluno Ca).

“Bom, isso daí talvez possa entrar como uma pequena critica. Que muitas vezes eu achei que os passos dele eram muito simples. [...] Eu tenho o Halliday antigo (...). Eu até pedi pro professor pra ele colocar os títulos e tal. Só que agora, eu vou te dizer, do final pra cá [...] o meu livro, ele não separava os tópicos da mesma forma [...] então como não entrava no detalhe de cada um às vezes eu chegava na aula e estavam discutindo umas coisas que eu não tinha nem ideia. Que no meu livro ou isso não tratava ou isso era subtópico de outra categoria. Ou quando eu fazia alguma pergunta que eu percebia que não eram relacionadas com o que o pessoal tinha estudado em função dessa discrepância. [...] Eu não gosto muito [*do livro-texto utilizado na disciplina*], tanto que pra essa disciplina eu tenho três livros que eu gosto de ler. [...] Só que mesmo assim, a última aula, [...] quando teve umas perguntas na aula, sei lá, eu não consegui entender muito bem, porque tinha essa discrepância” (Aluno Gs).

Por outro lado, um dos alunos citou a dificuldade em aprender utilizando apenas o livro-texto. O aluno disse:

“É complicado tu aprender, digamos eletromagnetismo só com o Halliday. Eu acho qualquer área da Física tu aprender ela, um mínimo, pelo menos uma ponta do cabelo, só com um livro. Mas, eu só estudei com ele [...]. Eu lembro que nas outras Físicas eu tentava estudar pelo Moises (...) era muito mais complicado pra minha compreensão” (Aluno Je).

Outra atitude negativa quanto ao livro adotado na disciplina foi quando à abrangência dos conteúdos. Um dos sete alunos citou que os pontos abordados nas aulas se limitavam aqueles presentes no livro. Nas palavras do aluno:

“Entre eles eu acho que foi o melhor. [...] Não é a melhor opção, mas eu acho que é o melhor que tem pra trabalhar. [...] Eu gostei de ter trabalhado com o Halliday, mas talvez a gente se limitou pelo conteúdo do Halliday porque o professor não podia dar alguma coisa a mais do Halliday” (Aluno Jo).

Resumidamente, as diferentes edições do livro-texto utilizado dificultaram o estudo, visto que apresentam títulos diferentes para os tópicos estudados, bem como alteram a ordem de apresentação. Cabe ressaltar que para as Tarefas de Leitura eram informadas, aos alunos, as seções da sexta edição do livro-texto, que deveriam ser lidas. Este mesmo livro-texto, segundo os alunos, não apresenta de forma clara (conceitual e matematicamente), segundo os alunos, alguns pontos. O que pode tornar o aprendizado por meio da leitura prejudicado.

5.1.3. Síntese dos resultados obtidos

O Estudo 1, assim, mostrou-se satisfatório em responder as duas primeiras questões de pesquisa apresentadas no Capítulo 1. Em síntese, em resposta à questão 1, que diz respeito ao desempenho, pode ser dito que:

- os ganhos normalizados dos alunos do Estudo 1, em um teste padronizado internacional (BEMA) foram semelhantes aos obtidos com esse mesmo teste em outros estudos (POLLOCK, 2009; POLLOCK E FINKELSTEIN, 2008) e superiores aos resultados do amplo estudo de Kohlmyer, Caballero, Catrambone, Chabay et al. (2009) relativo a turmas com o método tradicional;
- os ganhos normalizados dos alunos do Estudo 1 com o Teste sobre Corrente Elétrica em circuitos simples, foram bem superiores aos obtidos com esse mesmo teste em turmas com ensino tradicional (Dorneles, 2005).

No que se refere à questão de pesquisa 2, os alunos mostraram atitudes positivas em relação ao *feedback* obtido com as tarefas de leitura e com as questões conceituais utilizadas em aula. De maneira geral, as atividades de preparação dos alunos para as aulas são apreciadas por eles, pois os forçam a estudar, organizando os estudos e os mantendo em dia. Já quanto às Questões Conceituais e consequentes discussões, os alunos destacam o aprendizado conceitual da Física, bem como a motivação e a interação em sala de aula, valorizando nas discussões a possibilidade de analisar seu próprio entendimento sobre a matéria através das argumentações com os colegas.

Apesar das demonstrações não serem intrínsecas ao IpC, sua utilização é aconselhada por Crouch, Watkins, Fagen et al. (2007), bem como foi realizada no estudo de Lenaerts, Wieme e Zele (2003). Os alunos citam que tanto as demonstrações quanto as simulações

computacionais contribuem para o aprendizado devido ao efeito visual que tornam mais claros os conceitos abstratos estudados.

A análise da mudança de opinião dos alunos nas votações de vinte e uma Questões Conceituais que levaram a discussões durante o semestre, inspiraram uma nova questão de pesquisa (a terceira apresentada na Introdução): que estratégia utilizada levaria a uma maior eficácia para promover a aprendizagem conceitual dos conteúdos: discussões entre os próprios alunos ou explicações por parte do professor? Tal questão foi o foco do Estudo 2, que foi planejado para ser feito em um curto período de tempo, abordando um tópico específico (a Lei de Faraday-Lenz) e com um número maior de alunos, conforme detalhado a seguir.

5.2. Estudo 2

Para se dispor de um contingente maior de alunos para o Estudo 2, optou-se por trabalhar com alunos da Engenharia. O estudo foi realizado durante oito horas-aula no segundo semestre de 2011 com duas turmas de graduandos em Engenharia, no estudo da Lei de Faraday Lenz. O objetivo desse estudo foi investigar o papel das discussões na melhora de desempenho dos alunos.

Selecionou-se três turmas de Física Geral da Engenharia para participarem do Estudo 2, nas quais se utilizaram diferentes estratégias de ensino, como apresentado no Quadro 8. As turmas foram selecionadas de acordo com intenção demonstrada pelos seus professores em participar da pesquisa.

Quadro 8: Discriminação da população-alvo do Estudo 2.

Turma	Número de participantes	Estratégia de ensino utilizada
Experimental 1	31 alunos ³²	IpC
Experimental 2	29 alunos ³³	Utilizados <i>clickers</i> e explicações detalhadas por parte do professor sobre cada alternativa (correta e incorretas) das Questões Conceituais propostas aos alunos.
Controle	32 alunos ³⁴	Aulas tradicionais, ou seja, aulas predominantemente expositivas.

³² Apenas 17 alunos dessa turma realizaram ambos, o pré e o pós-teste. Os demais alunos realizaram apenas um deles e foram descartados das análises desse específico teste, mas foram considerados nas análises das votações às Questões Conceituais.

³³ Igualmente apenas 17 alunos dessa turma realizaram ambos os testes (pré e pós). Os demais alunos realizaram apenas um deles e foram descartados das análises desse específico teste, mas foram considerados nas análises das votações as Questões Conceituais.

³⁴ Coincidentemente apenas 17 alunos dessa turma realizaram ambos, o pré e o pós-teste. O restante dos alunos realizou apenas um e foi descartado das análises.

5.2.1. Desempenho

O desempenho dos alunos foi avaliado por meio das Questões Conceituais e de dois testes padronizados, a saber: BEMA e teste sobre a Lei de Faraday-Lenz; cujos resultados são apresentados a seguir.

5.2.1.1. Questões Conceituais

As Questões Conceituais, constantes no Apêndice D, foram analisadas de maneira semelhante à realizada no Estudo 1. As mudanças de respostas são apresentadas na Figura 8 (a Figura 18 do Apêndice F apresenta as respostas às questões para cada aula em que foram aplicadas). Percebe-se, neste estudo, que as discussões geraram uma menor frequência de mudança de respostas em comparação com a turma do Estudo 1. Tal resultado pode ser devido ao tamanho das turmas (aproximadamente 30 alunos neste estudo, e 12 no Estudo 1) e, especialmente, devido ao fato que os alunos não estavam acostumados com aulas em que deveriam ser mais ativos. Enquanto o Estudo 1 teve duração de um semestre, permitindo que os alunos gradativamente se acostumassem com a metodologia, o Estudo 2 teve duração total de dez horas-aula, sendo duas delas para o pós-teste.

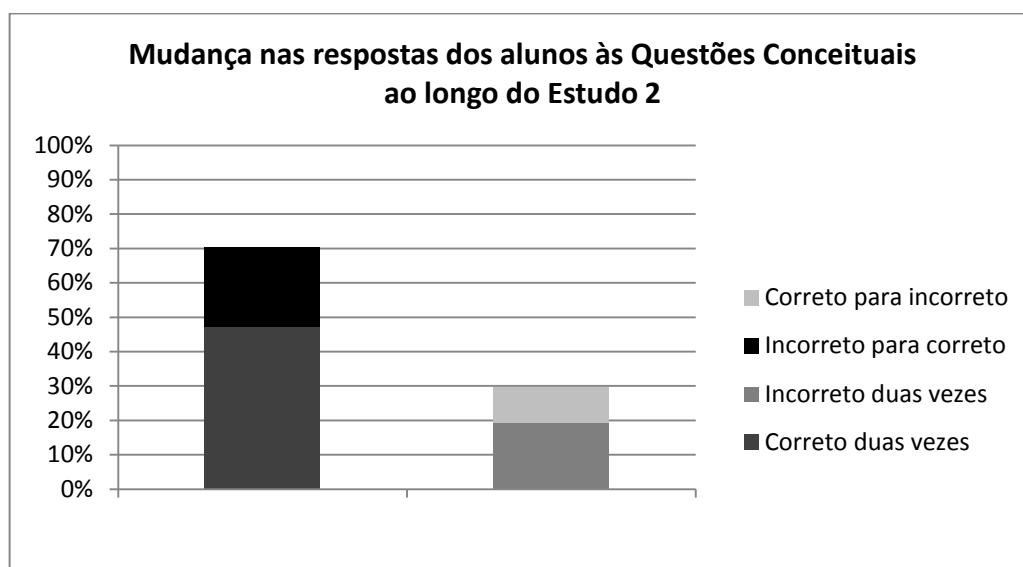


Figura 8: Distribuição da mudança de respostas dos alunos da turma Experimental 1 do Estudo 2, para as 12 questões que suscitaram discussão ao longo do estudo.

Ao se comparar, na Figura 9, os resultados das primeiras votações para Questões Conceituais idênticas aplicadas para as duas turmas experimentais, percebemos que ambas tiveram resultados semelhantes para a faixa de 30% a 70% de respostas corretas. Tal resultado levaria os alunos a discutirem a questão com colegas e posteriormente registrariam suas

respostas revisadas, caso o IpC fosse seguido para ambas as turmas. A Figura 7 mostra os resultados das questões idênticas apresentadas para ambas as turmas, abordando diversos conceitos³⁵.

Uma dificuldade para a comparação entre os resultados das turmas experimentais é que na turma Experimental 1, uma Questão Conceitual cujas respostas na primeira votação levassem a um índice de acertos na faixa de 30% a 70%, era reutilizada em uma segunda votação, após a discussão entre os colegas. Já na Experimental 2, não era aceitável aplicar a mesma Questão Conceitual em uma segunda votação, pois, se na primeira votação o índice de acertos fosse entre 30% e 70%, o professor explicava cada uma das alternativas da questão. Então, após essa explicação, era necessário aplicar alguma outra questão que abordasse o mesmo conceito, com um mesmo nível de profundidade.

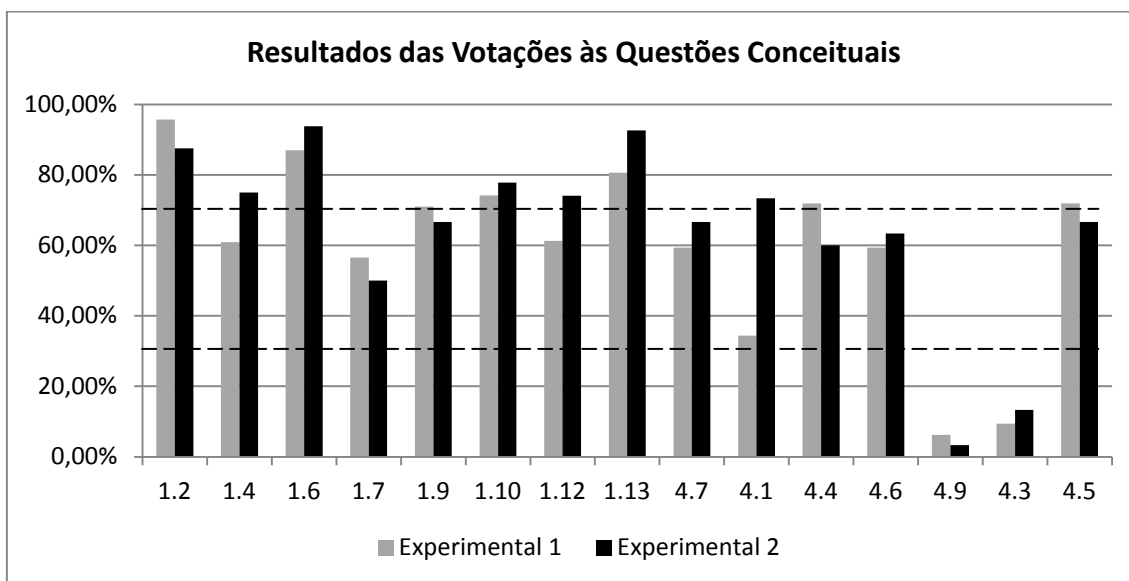


Figura 9: Resultados das votações às Questões Conceituais para as turmas experimentais do Estudo 2 antes das discussões e/ou explicações por parte do professor. As questões são apresentadas no Apêndice D. O eixo das abscissas indica as questões aplicadas a ambas as turmas.

Passaremos a designar questões com essas características como “questões similares”, assim como feito por Smith et al. (2009). Quando em ambas as turmas uma mesma questão levava a índices de acertos na faixa desejável, só era necessária uma questão semelhante para a segunda votação da turma Experimental 2. Porém, como é usual no método IpC, costuma-se

³⁵ Por exemplo, as questões 1.2 e 1.4 abordavam a variação do fluxo magnético em função da dependência espacial do campo magnético, já as questões 4.3 e 4.4 abordavam a variação do fluxo magnético em função do ângulo entre o vetor campo magnético e o vetor normal à área de uma espira.

ter para uma primeira votação diversas questões similares. Por vezes, para uma determinada questão a votação de uma das turmas ficava na faixa desejável, mas a votação da outra turma não ficava para aquela questão, mas sim para uma semelhante. Por isso, nos gráficos que passaremos a discutir, os resultados apresentados para as votações, às vezes foram obtidos com questões idênticas aplicadas às duas turmas, às vezes com questões similares. As questões, apresentadas no Apêndice D, foram agrupadas segundo o conteúdo abordado no Quadro 9.

Quadro 9: Questões similares e conceitos abordados quanto à variação do fluxo magnético e consequente surgimento da corrente elétrica induzida em um condutor.

Questões similares	Conceito abordado
1.2, 1.4, 1.9, 1.10,	Variação do fluxo magnético devido à variação espacial do campo magnético.
1.20, 4.4, 1.7, 4.3	Variação do fluxo magnético devido à variação do ângulo entre o campo magnético e o vetor normal à área da espira.
1.30, 4.6, 4.5	Variação do fluxo magnético devido à variação temporal do campo magnético.
4.1, 4.2	Variação do fluxo magnético devido à variação na área de uma espira.

A comparação dos resultados de questões para as quais os alunos da turma Experimental 1 discutiram com os de questões similares apresentadas aos alunos da turma Experimental 2 é mostrada na Figura 8, onde se vê que após as discussões a taxa de acertos da turma Experimental 1 foi maior do que da turma Experimental 2, de modo que a média da turma Experimental 1, após as discussões foi de 70% de acertos, em comparação com 48% de acertos em média da turma Experimental 2 após as explanações. A Figura 8 mostra a relação entre o número de acertos para questões similares apresentadas para ambas as turmas. Conforme mencionado anteriormente, o uso de questões similares se deve ao fato que na turma Experimental 2 nunca se pode aplicar uma mesma questão na segunda votação.

O resultado apresentado na Figura 10 mostra que ao comparar questões similares variando a estratégia de ensino entre o uso de discussões ou o uso de *clickers* associado às explicações por parte do professor, ou seja, ao compararmos as turmas Experimental 1 e 2, temos as discussões como um fator positivo para o entendimento conceitual em curto prazo.

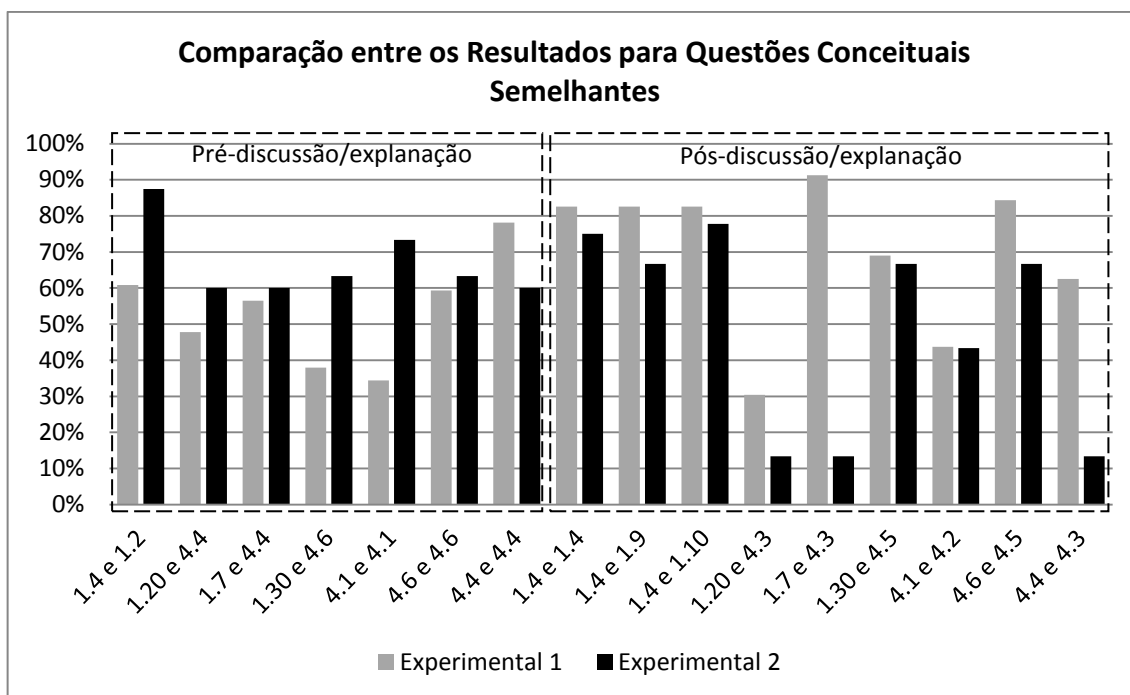


Figura 10: Comparação dos resultados entre Questões Conceituais similares para as turmas experimentais do Estudo 2. As questões que suscitaram discussões na turma Experimental 1 foram comparadas com questões similares aplicadas à turma Experimental 2. As questões codificadas são apresentadas na figura como, por exemplo, 1.4 (questão da turma Experimental 1) e 1.2 (questão similar aplicada à turma Experimental 2), da mesma forma as questões 1.20 foi aplicada à turma Experimental 1 e a questão 4.4 à turma Experimental 2, sendo esta questão similar à 1.20.

A confiança dos alunos em suas respostas foi um novo fator levado em conta neste estudo, para a turma Experimental 1³⁶. Após cada votação a uma Questão Conceitual, ou seja, após a primeira votação e após a segunda votação (posterior à discussão) os alunos indicavam o grau de confiança em sua resposta por meio de uma escala de quatro pontos: “chute”, “sem confiança”, “alguma confiança” e “certeza absoluta” na resposta escolhida. Essa condição foi levada em conta durante o estudo para que se avaliasse o nível de certeza dos alunos em sua resposta antes e após as discussões (novamente para o caso da turma Experimental 1), determinando assim se o entendimento do aluno no conceito abordado pela questão havia sido melhor entendido após a interação com os colegas.

Da Figura 11 pode-se considerar que, *grosso modo*, houve um aumento de cerca de 25% no grau de confiança dos alunos da turma Experimental 1 após as discussões. Ou seja, além de melhorarem o seu desempenho nos testes conceituais, como veremos na avaliação de

³⁶ Para a turma Experimental 2 foram registradas a confiança dos alunos apenas depois da primeira votação, antes da explanação do professor a cada questão conceitual.

desempenho (5.2.1.2), eles passaram a se mostrar, na média, mais confiantes em suas respostas.

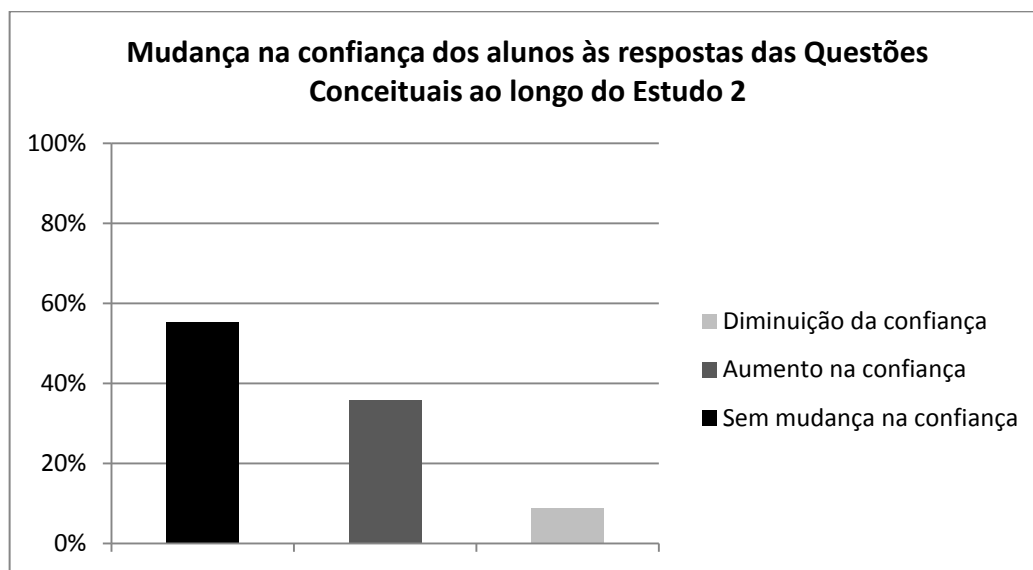


Figura 11: Distribuição da confiança dos alunos da turma Experimental 1 nas respostas às 12 Questões Conceituais no Estudo 2.

5.2.1.2. Comparando as três turmas

Como citado anteriormente, esse estudo foi realizado em um período de 8 horas-aula. Durante as aulas foram ministradas aulas referentes à unidade didática da Lei de Faraday-Lenz e, para tanto foi construído o teste presente no Apêndice C³⁷. Por meio do *software* estatístico SPSS, foi calculado o coeficiente de fidedignidade alfa para o pós-teste em sua aplicação às turmas Experimental 1 e 2 e à turma de controle, o qual resultou em 0,67 para dez itens presentes no teste (a questão 10 do teste foi desconsiderada, pois apresentou uma correlação item-total negativa).

Em seguida, foi realizado um teste de variância (ANOVA) com os resultados dos ganhos normalizados. Esse teste revelou diferenças estatisticamente significas entre os três grupos ($p = 0,039$). Essa diferença pode ser devida ou à composição das turmas, que agrupa majoritariamente alunos de um mesmo curso de Engenharia, e o fato de que o desempenho médio dos alunos de diferentes cursos de Engenharia com frequência apresenta diferença estatisticamente significativa já na média de ingresso no vestibular ou à metodologia de ensino utilizada em cada grupo.

³⁷O Quadro 7 do Capítulo 4 relaciona cada questão do teste ao(s) resultado(s) de aprendizagem que se pretende aferir com o uso do teste.

Assim, foram comparadas as médias dos ganhos normalizados entre os três grupos. Entretanto, o ganho normalizado foi calculado levando em conta ganhos e perdas dos alunos ao realizarem os testes, ou seja, o ganho normalizado foi calculado comparando-se as respostas dos alunos no pré e pós-teste categorizadas da seguinte forma: i) certo para errado (CE); ii) errado para certo (EC); iii) errado para errado (EE); e iv) certo para certo (CC). Assim, o ganho normalizado foi calculado segundo a Equação 2, como proposto por Miller et al. (2010).

$$g = \frac{EC}{EE+EC} - \left(\frac{CC+CE}{EE+EC} \right) \frac{CE}{CC+CE}, \quad \text{Eq. 2}$$

Ao utilizar uma comparação múltipla entre as médias observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre as médias das turmas Experimental 1 (que utilizou o IpC) e Controle (que assistiu aulas tradicionais) ($p = 0,041$), mas não para qualquer outra combinação das três turmas na análise, como mostrado no Tabela 3.

Tabela 3: Nível de significância estatística para a diferença entre as médias corrigidas no pós-teste para as turmas participantes do Estudo 2 no teste sobre conceitos da Lei de Faraday-Lenz obtido ao se utilizar um teste t.

	Experimental 1 (IpC)	Experimental 2 (Clickers)	Controle (tradicional)
Experimental 1 (IpC)	1	0,220	0,041
Experimental 2 (Clickers)	0,220	1	1
Controle (tradicional)	0,041	1	1

Tal resultado pode ser devido ao baixo número de sujeitos participantes da amostra no estudo, o que acaba por tornar o erro padrão muito alto (0,084) impossibilitando que seja observadas diferença estatisticamente significativa entre as médias no pós-teste dos grupos Experimental 1 e 2. No Apêndice G são apresentadas as tabelas do SPSS referentes a cada um dos resultados apresentado aqui.

5.2.2. Síntese dos resultados

Apesar de o Estudo 2 ter sido conduzido na Engenharia com o intuito inicial de se aumentar a população-alvo, o número de alunos em cada turma foi pequeno (17), de forma que resultados mais conclusivos referentes à questão de pesquisa 2 só podem ser obtidos com uma replicação do estudo. Assim, apesar de não se poder generalizar sobre qual a melhor estratégia didática para promover a aprendizagem conceitual dos conteúdos - o uso de

discussões entre os próprios alunos ou explicações feitas pelo professor, os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa entre as médias da turma que utilizou discussões entre colegas e a turma dita tradicional, o que pode ser observado por meio da Tabela 4, fato que contribui para a adoção do método IpC como estratégia didática.

Não se pode concluir se o simples uso de ferramentas tecnológicas com o intuito de tornar os alunos mais participativos, para esse caso específico o uso de *clickers* na turma Experimental 2, torna o aprendizado mais eficaz. Dito de outra forma, o uso de *clickers* associado a explicações por parte do professor, neste estudo, não levaram a melhoras no desempenho estatisticamente significativas em relação a turmas tradicionais ou ao IpC, ponto que deve ser explorado em estudos futuros.

5.3. Estudo 3

O Estudo 3 foi realizado com uma turma de graduandos em Física que cursavam Eletromagnetismo em nível de Física Geral. Esse estudo foi desenvolvido ao longo do segundo semestre de 2011 com o objetivo, assim como no Estudo 1, de avaliar o desempenho e as atitudes de alunos frente ao uso do IpC como alternativa didática, comparando tais análises com resultados presentes na bibliografia. Dessa forma, buscou-se aprofundar as respostas às questões de pesquisa do Estudo 1.

As aulas foram ministradas no turno da manhã e utilizaram o IpC e o *EsM*, atividades como listas de problemas para resolução extraclasse, simulações computacionais, com a estratégia Predizer-Observar-Explicar (DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2012) e demonstrações experimentais. A turma contava com 16 alunos no início do semestre e 13 ao final, sendo nove deles bacharelandos. Cabe ressaltar que a turma deste estudo foi composta por alunos repetentes (não necessariamente na disciplina na qual o estudo foi realizado). Assim como no Estudo 1, havia o auxílio de dois alunos de pós-graduação atuando como monitores presenciais, sendo um deles o autor do presente trabalho. Foram coletados resultados das votações às Questões Conceituais, resultados de desempenho em testes padronizados e opiniões dos alunos quanto à metodologia utilizada na disciplina, por meio de entrevistas, apesar de que, no Estudo 3 foram aplicados um teste padronizado não aplicado durante o Estudo 1 e, um número maior de questões conceituais.

5.3.1. Desempenho

Passamos agora a descrever os resultados de desempenho apresentados pelos alunos do estudo em relação às questões conceituais e testes padronizados utilizados.

5.3.1.1. Questões Conceituais

As questões conceituais foram analisados de maneira semelhante à realizada nos estudos 1 e 2. Contudo, foi realizado um número superior de questões conceituais ao longo desse estudo, a saber, 80 testes, dos quais 55 suscitaram discussões entre os alunos. Assim como no Estudo 1, foram analisadas os percentuais de respostas corretas e incorretas antes e após as discussões, as quais foram novamente classificadas em quatro categorias: i) correta na 1ª e 2ª votações; ii) incorreta na 1ª votação e correta na 2ª; iii) correta na 1ª votação e incorreta na 2ª; e iv) incorreta na 1ª e 2ª votações.

A Figura 11 apresenta a distribuição das respostas dos alunos para o conjunto de 55 questões. (Para cada uma das 55 questões são apresentadas na Figura 20 do Apêndice F). No Apêndice H são apresentados diagramas das interações entre os alunos durante a discussão de uma Questão Conceitual. A coluna da direita apresenta o percentual de respostas corretas após a segunda votação. Em relação a estas, 56% já estavam corretas antes das discussões e 44%, incorretas, porém as discussões levaram os alunos a mudar suas respostas para a alternativa correta. Percebe-se ainda da Figura 12, que respostas corretas foram apresentadas em 81% dos casos, dos quais 36% foram devidos a mudanças de respostas incorretas para corretas após as discussões. Por outro lado, as mudanças de respostas corretas para incorretas ocorreram em apenas 2% dos casos. Podemos interpretar o resultado como um indicativo dos benefícios das discussões para a aprendizagem conceitual dos alunos.

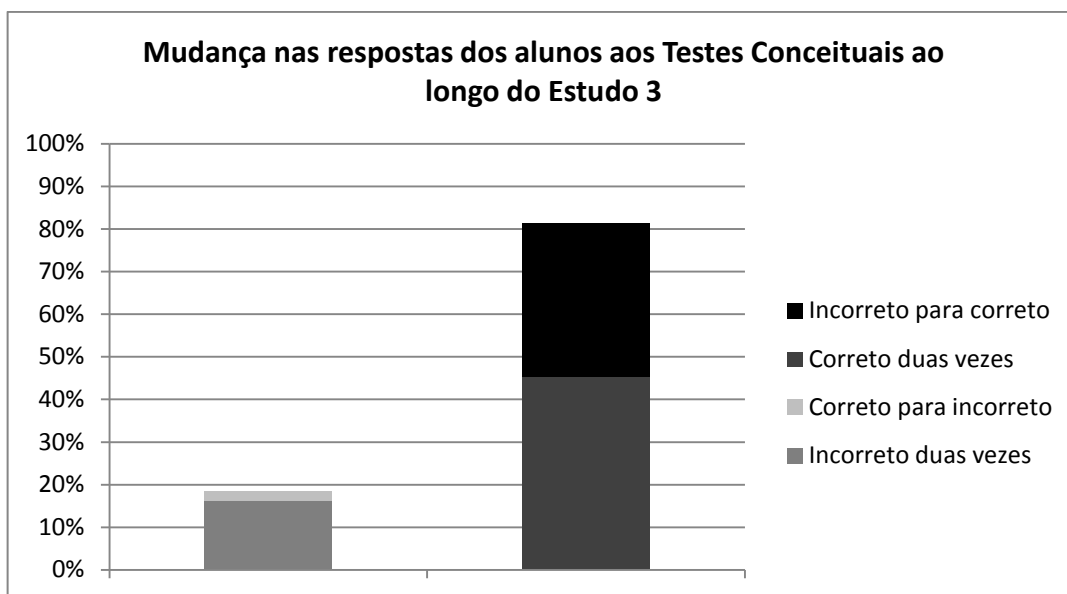


Figura 12: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 3, ao conjunto de 55 questões sujeitas à discussão ao longo do estudo.

Durante esse estudo também foram recolhidos dados da confiança dos alunos frente às alternativas selecionadas, para o conjunto de 46 das 55 questões³⁸. O aluno deveria selecionar o nível de confiança em cada votação, de tal forma que pode-se classificar tais dados em três categorias, à saber: i) aumento de confiança na 2ª votação em relação à 1ª; ii) sem alterações na confiança; e iii) diminuição da confiança na 2ª votação em relação à 1ª. Os resultados foram sintetizados na Figura 13, da qual pode-se perceber que em 50% dos casos a confiança dos alunos sobre suas respostas permaneceu inalterada. Em relação às alterações de confiança, em 42% dos casos houve aumento da confiança dos alunos em suas respostas após as discussões e em apenas 8% houve diminuição. Tais resultados estão em conformidade com os resultados do Estudo 2. (Os resultados individuais para cada uma das 46 questões são apresentados na Figura 21 do Apêndice F).

O aumento na confiança nas respostas pode ser associado com o fato do aluno se sentir confortável com os conceitos que adquiriu durante a leitura do livro-texto, com as aulas expositivas e durante as discussões, o que conseqüentemente está relacionado com a aprendizagem.

³⁸ Decidiu-se recolher os dados de confiança dos alunos sobre as respostas após as primeiras aulas. Devido a esse motivo não há dados para o conjunto das 55 questões.

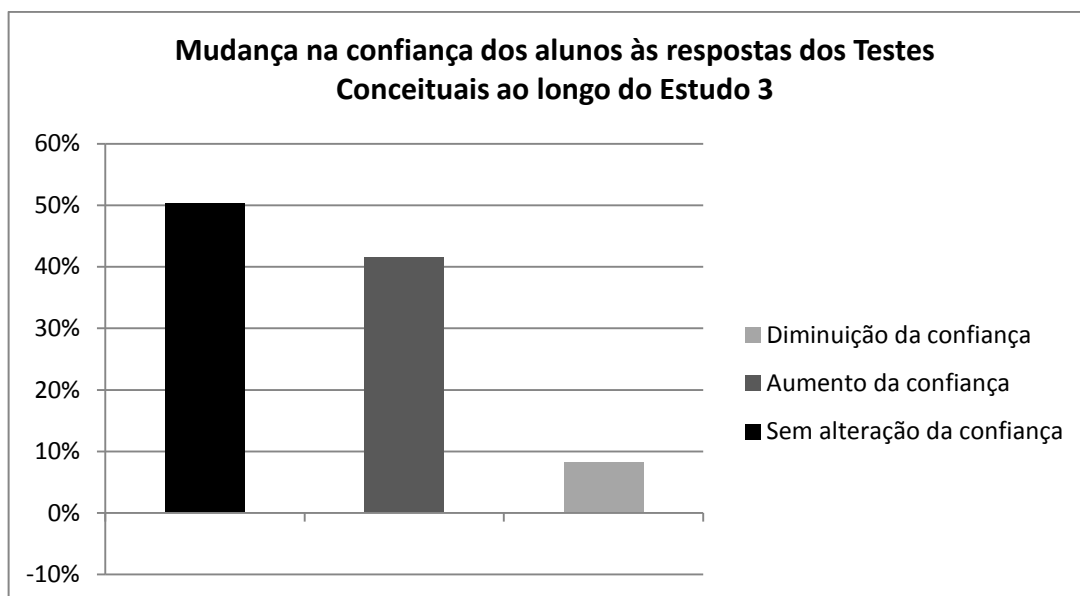


Figura 13: Mudanças na confiança sobre a resposta da primeira votação para a segunda, ou seja, antes e após as discussões, para o conjunto de 46 questões em que foi avaliada a confiança dos alunos no Estudo 3.

5.3.1.2. Resultados dos Testes Padronizados

Para o Estudo 3 foram utilizados os mesmos testes dos estudos anteriores, bem como os mesmos tipos de análise; ou seja, os alunos responderam ao BEMA, ao teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples e ao teste sobre a Lei de Faraday-Lenz, verificando-se, posteriormente, as distribuições de acertos ao início e ao final da unidade e/ou semestre e calculando-se o ganho normalizado médio da turma.

A frequência de respostas corretas para cada questão do BEMA no pré e pós-teste é apresentada na Figura 14, onde se pode ver que houve, em geral, um aumento de acertos. As médias de acertos no pré e pós-teste foram respectivamente 28% e 57%, com desvios padrão de 8% e 17%.

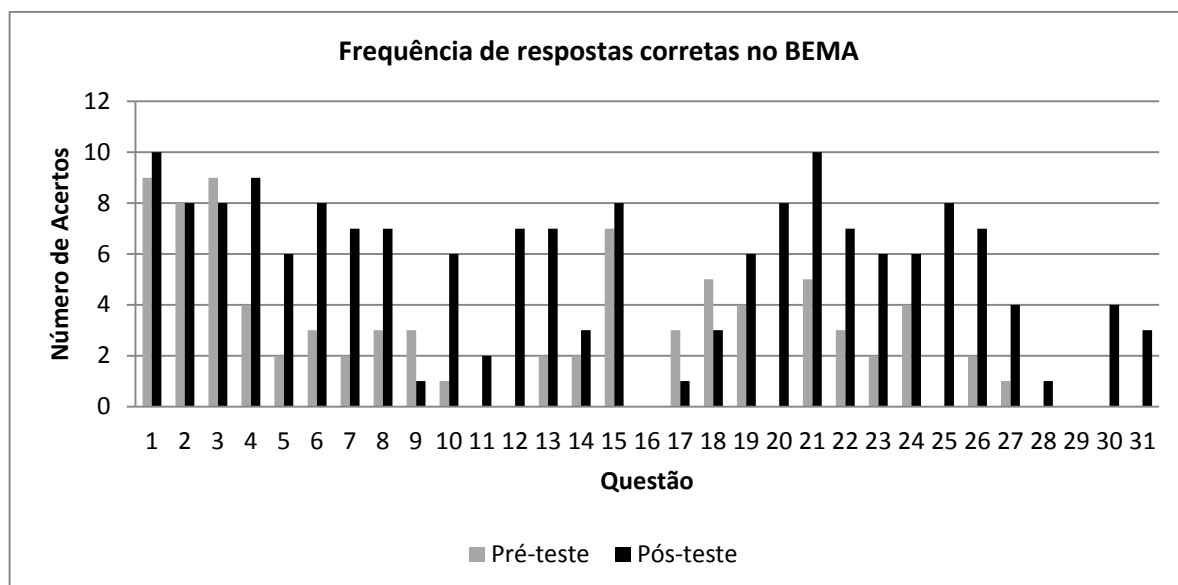


Figura 14: Frequência de acertos em cada uma das questões no BEMA obtida para 10 alunos do Estudo 3.

Observe-se, contudo, que as questões 3, 9, 17 e 18 tiveram um percentual de acertos menor após as aulas. Nossa única explicação, até o momento, é que as respostas corretas no pré-teste foram devidas ao acaso, compatível com a baixa frequência de acertos no pré-teste (exceto para a questão 3 que teve um alto índice de acertos no pré-teste). Porém, essas questões deverão ser reelaboradas em uma nova versão da aplicação desse teste. O ganho normalizado médio dos alunos foi de 40% com desvio padrão de aproximadamente 24%, assim como mostra a Tabela 4. Tal resultado não se apresenta tão expressivo quanto aquele apresentado no Estudo 1, porém, ainda é superior aos 30% apresentado por Kohlmyer, Caballero, Catrambone, Chabay et al. (2009) já citado durante o Estudo 1. Diferentemente da turma do Estudo 1, neste estudo houve alunos que ficaram abaixo da faixa de 30%, como pode ser melhor visualizado na Tabela 10 do Apêndice E.

Tabela 4: Estatísticas dos alunos no BEMA.

Ganho normalizado médio	Desvio padrão
0,40	0,24

O teste t foi novamente utilizado para avaliar se houve diferenças estatisticamente significativas entre as performances do grupo de alunos participantes do estudo antes e após o uso do IpC comparando-se as médias de ganho padronizado dos alunos no BEMA. Utilizou-se um nível de significância de 0,05, o que nos garante, quando $p < 0,05$, uma confiança de 95% nos resultados caso seja observada diferença entre as médias. O teste t resultou em um valor para t de 5,314 e o nível de significância obtido foi $p < 0,000$.

Já no teste de Corrente Elétrica em Circuitos Simples houve um aumento na frequência de acertos no pós-teste, em comparação com o pré-teste, como pode ser observado na Figura 15, cujas médias no pré e pós-teste foram 45% (desvio padrão = 18%) e 72% (desvio padrão = 20%), respectivamente. O coeficiente alfa para a turma foi de 0,79 no pós-teste.

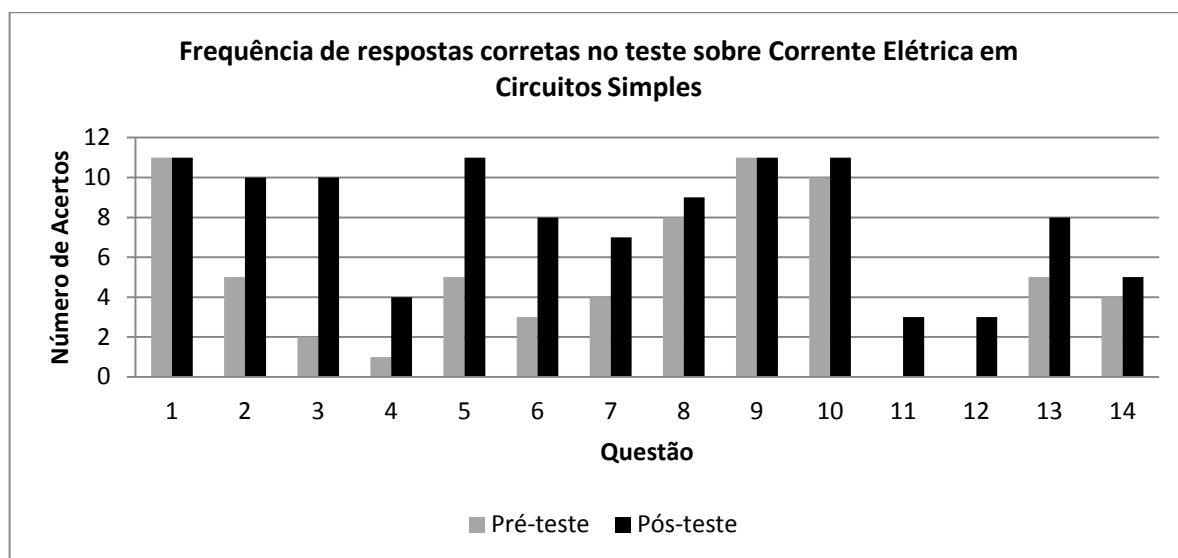


Figura 15: Frequência de acertos em cada uma das questões no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples.

Ao utilizar o teste t para comparar o ganho normalizado dos alunos sobre o teste, observou-se um ganho normalizado médio de 50% (desvio padrão de 35%), o qual foi superior ao apresentado no Estudo 1 e ao ganho normalizado médio de 9% obtido no estudo de Dorneles (2005) para um ensino tradicional. A maior parte dos alunos atingiu ganhos superiores à faixa de 30% - vide Tabela 11 do Apêndice E. A Tabela 5 mostra o ganho normalizado médio e o desvio padrão dos alunos sobre o teste. O valor de t encontrado foi de 4,497 e a significância alcançada foi $p = 0,001$.

Tabela 5: Estatísticas dos alunos no Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples.

Ganho normalizado médio	Desvio padrão
0,50	0,35

Por fim, a Figura 16 apresenta a frequência de acertos no pré e pós-teste dos alunos no teste sobre a Lei de Faraday-Lenz. Utilizou-se mais uma vez o teste t para comparar o desempenho dos alunos no início e ao final da unidade didática correspondente. As médias de acertos no pré e pós-testes foram de, respectivamente, 4,0 (com desvio padrão de 2,7) e 7,8

(com desvio padrão de 1,8). O ganho normalizado médio dos alunos foi de 50%, com desvio padrão de 25%, assim como apresentado na Tabela 6. O valor de t encontrado foi de 7,185 e significância alcançada foi $p < 0,000$. O coeficiente alfa para este grupo de alunos foi de 0,65 no pós-teste (eliminando o item um que apresentava uma correlação item-total negativa). (Dez de treze alunos atingiram ganhos normalizados acima da faixa de 30%, o que pode ser observado por meio da Tabela 12 do Apêndice E, já três alunos desse grupo apresentaram desempenho abaixo dos 30%).

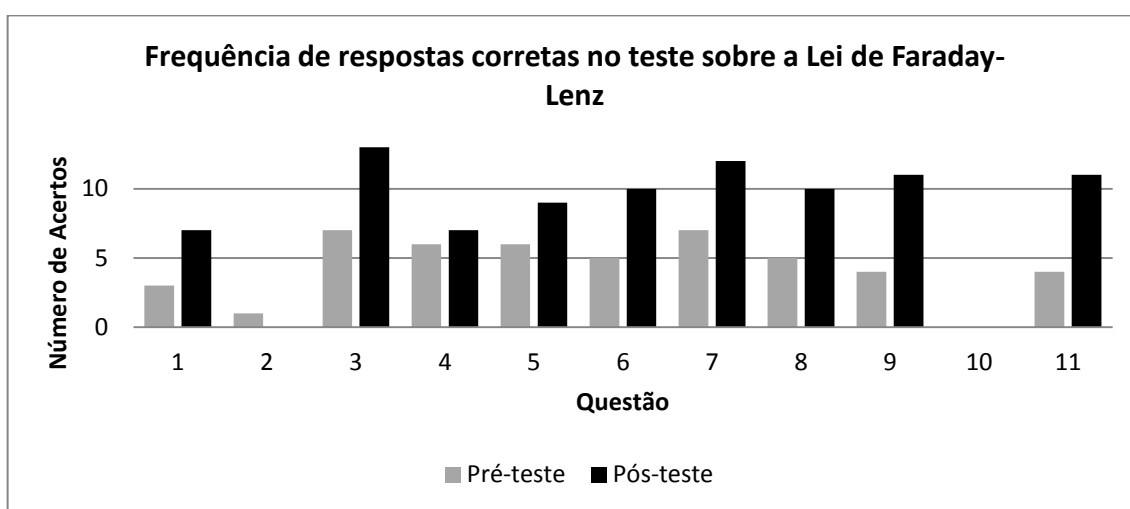


Figura 16: Frequência de acertos em cada uma das questões no teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos do Estudo 3. A questão 10 foi desconsiderada de modo a se manter o resultado para o coeficiente alfa obtido no Estudo 2.

Tabela 6: Estatísticas dos alunos no Teste sobre Lei de Faraday-Lenz.

Ganho normalizado médio	Desvio padrão
0,50	0,25

5.3.2. Atitudes dos alunos

Passamos agora a descrever os resultados das atitudes dos alunos frente à metodologia de ensino usada durante o estudo.

Ao final do Estudo 3, foram realizadas entrevistas semiestruturadas da mesma forma e sob o mesmo modelo daquelas apresentadas no Estudo 1 (Apêndice A). Onze alunos se dispuseram a participar da entrevista, sendo apresentados abaixo os eixos de análise e citações das opiniões dos alunos.

Tarefas de leitura

De maneira análoga ao Estudo 1, seis dos onze alunos do Estudo 3 destacaram que as tarefas de leitura prévia, realizadas aos moldes do EsM, fazem com que o estudo para as provas não se acumule. Nas palavras desses alunos:

“Eu acho bom. [...] Só que ficar fazendo, lembrar de fazer, é uma coisa boa, mas cansa. Acho que é bom porque o cara tem que ler o livro e fazer, e responder. O cara tem que ler, não é só marcar qualquer coisa tem que dar as dúvidas e justificar as respostas” (Aluno Mt).

“Tem uma coisa boa nesse método que [...] não tem como tu não saber a matéria, não tem como não acompanhar. Tem matérias em que tu fica pra trás e quando tu vai ver tá tão longe do professor que tu acaba ficando com vontade de desistir. Isso não tem como acontecer quando tu usa esse método. [...]Se tu fizer as TLs aí não tem como se atrasar e tu vai conseguir acompanhar e isso é muito bom. Não tem como ficar perdido na aula. Todo conteúdo vai fazer muito sentido” (Aluno Ra).

“As TLs eu achei muito bom porque foi o que ele falou: ‘vocês vão ter que ter o comprometimento de estudar em casa senão vocês não vão passar’, e eu achei isso muito interessante porque realmente faz o cara ficar em cima, então das TLs eu realmente gostei bastante. O cara realmente fica grudado toda semana. O cara não podia desgrudar do livro” (Aluno Ed).

“Eu acho bacana. Um método bem diferente. As TLs [*Tarefas de Leitura*], por exemplo, faz a gente sempre fica vendo a matéria. Eu sou meio desleixado pra essas coisas, então pra mim ajudou bastante” (Aluno Ma).

“[...] Pelo menos uma vez no dia a gente tinha que pegar assim, lê ali e estudar aquele conteúdo. Não era aquela coisa de ficar acumulando pra chegar na véspera da prova” (Aluno Fe).

“[...] Eu acho que foi um ótimo guia de estudos porque não fica tudo acumulado pra estudar na última semana antes da prova. Tu só decora pra fazer a prova e acabou, assim deu pra aprender, foi aos pouquinhos” (Aluno Ja).

Da mesma forma, quatro dos alunos entrevistados destacaram que conhecer os conteúdos que serão vistos em aula torna o ensino mais eficaz. Nas palavras dos próprios alunos:

“[...] Isso da gente já lê a matéria em casa, antes da aula já ajuda. Já tem uma base depois. [...] Os exercícios são simples geralmente [...] só pra gente ter uma base mesmo e não chegar boiando na aula” (Aluno Ma).

“Eu achei excelente o método porque tu é estimulado a pensar antes da aula ser jogada assim, até porque facilita um pouco o entendimento”(Aluno Fe).

“Eu achei muito bom porque realmente quando tu sabe o que o professor tá falando tu acaba aprendendo mais. [...] Eu achei esse método muito interessante” (Aluno Gu).

“Eu achei interessantes os testes de leitura, [...] dar uma olhada no que vai ter antes da aula, já ter uma ideia de que dúvida tu tem” (Aluno Lu).

O terceiro ponto destacado foram as dúvidas que surgiam durante tarefas de leitura. Dois alunos citaram a possibilidade de sanar tais dúvidas em aula, visto que a mesma é preparada conforme tais dúvidas, como um fator positivo ao uso das atividades prévias realizadas, dizendo:

“Eu acho que essa parte foi legal [...] porque a gente coloca as dúvidas.[...]A gente tinha que se preparar antes, então ele [*professor*] vê mais ou menos [...]e vai aplicando a matéria. Eu achei bem interessante. Já pergunta as dúvidas, surgem outras dúvidas e pergunta também” (Aluno An).

“[...] Tu já vai pra aula e você presta atenção na parte de Física que você já tenha dúvidas, então eu leio a aula antes, tenho dúvida em uma certa parte lá, no outro dia eu tenho aula e dou uma atenção maior naquela parte que eu não tinha entendido” (Aluno Lu).

Diferentemente do que ocorreu no primeiro estudo opiniões negativas, mas não necessariamente contrárias ao método, surgiram de maneira mais frequente. Um dos fatores desfavoráveis às atividades prévias é o volume de leitura exigido. Três alunos citaram sua dificuldade em acompanhar as leituras, visto o tempo necessário para tais, dizendo:

“A única coisa que eu achei meio complicado é que às vezes é muito, muito conteúdo pra gente ler e fazer as TL [*Tarefa de Leitura*] porque eu tinha outras cadeiras também que eu tinha que acompanhar. Acho que só isso que eu tenho de reclamação” (Aluno Fe).

“[...] Muito legal porque ele realmente faz tu estudar. Só que o problema é que te faz estudar, então acaba sendo um compromisso que nem sempre tu tem tempo de fazer esse compromisso e as outras coisas” (Aluno Gu).

“Eu acho bem cansativo ter que fazer. Chegar em casa e ficar lendo até tarde, fazer um resumo [...]” (Aluno Ja).

Como já mencionado anteriormente, uma das questões presentes nas tarefas de leitura solicita que os alunos apontem dúvidas, dificuldades ou pontos que despertassem seu interesse durante a leitura. Um estudante citou seu descontentamento em ter que destacar pontos de interesse durante a leitura. Segundo esse aluno:

“Eu não gostava muito das TLs [*Tarefas de Leitura*] pelo fato de que [...] primeiro tu tem que achar alguma coisa interessante. [...] Eu acho que era mais válido que fizesse tipo um resumo, por exemplo. Por que às vezes as pessoas enrolavam, as pessoas nem liam e colocavam: ah isso é mais interessante” (Aluno Iv).

Um dos onze alunos entrevistados manifestou-se de maneira contrária ao uso de tarefas de leitura prévia alegando dificuldades em destacar pontos importantes dos conteúdos de maneira independente. A relutância em relação ao aprender a aprender fica evidente na citação que segue:

“A questão de você lê primeiro o conteúdo e depois o professor explicar e tal, eu acho que pra mim não foi tão proveitoso porque eu prefiro que o professor explique primeiro. [...] Porque assim, parte que tem que ler o livro (...). Aprender sozinho o que você não sabe. Aí fica muita coisa que você não pegou na hora, que você não acha importante, mas é importante. O que você acha importante não era nada” (Aluno Dj).

Os resultados das atitudes dos alunos no Estudo 3 foram semelhantes aos resultados do Estudo 1. Por exemplo, os alunos citaram que realizar as leituras antes das aulas é importante, pois se chega à aula já com as dúvidas a serem dirimidas, além de se manter os estudos em dia. Contudo, atitudes negativas surgiram, e em sua maioria eram relativas ao grande volume de leituras exigido.

Questões Conceituais e discussões

As discussões incitadas pelas Questões Conceituais durante as aulas foram comentadas como um fator que leva ao aprendizado segundo quatro dos onze alunos entrevistados. As discussões são entendidas como responsáveis por fixar os conhecimentos obtidos. Os alunos falaram:

“Gostei muito do professor, da aula, do método [...] que ele trouxe, eu achei muito bom mesmo. Eu acho que realmente faz aprender porque durante a aula tu fazer um exercício tu mesmo se convence. Se tu vai explicar pro outro tu realmente te

convence do certo e do errado e isso eu achei muito interessante. O fato de tu tentar explicar pro outro, tu te convence dos pontos que tu tem na cabeça” (Aluno Ed).

“Eu achei ótimo. Muito bom por que [...] mostra que quando tu pensa sozinho tu não tem tanta certeza. Tu fala com alguém e tu acaba tendo uma certeza que isso tá errado ou do que tá certo, mas tu acaba tendo uma certeza. [...] Tu acaba acertando a tua opinião. [...] Pelo menos pra mim, quando eu exponho o que eu pensei eu acabo tendo mais certeza, mais precisão, então isso eu achei um ponto positivo. E a maioria das vezes quem tá certo acaba convencendo quem tá errado. E daí quando tu erra tu normalmente: ‘bah é verdade’” (Aluno Gu).

“Ajuda porque a gente debate com o outro depois e é bacana. Consegue trocar ideia. Ajuda a desenvolver o raciocínio” (Aluno Ma).

“Eu achava muito legal porque ele explicava tudo daí tu via se tu entendeu ou não depois de discutir com os colegas e justificar” (Aluno Mt).

As Questões Conceituais utilizadas em aula também são responsáveis pelo surgimento e resolução de dúvidas em aula, como exposto por dois dos alunos:

“Eu acho que a parte que eu mais gostei, a parte que eu mais aprendi, foram os teste conceituais. Acho que foram muito importantes.[...] Daí na hora de fazer o teste conceitual já vinha: ‘bah eu não entendi direito aquilo porque eu não sei responder’” (Aluno Ja).

“Os *clickers* são muito interessantes. Na hora da aula, a gente tem dúvidas e tudo [...]. Fica meio assim de perguntar. Com essas questões não, as dúvidas aparecem, ficavam aparecendo, e aí tu pergunta mais naturalmente.[...]A turma perde um pouco do medo. Fica uma aula mais dinâmica, mais legal. Facilita, facilita bastante. O professor não fica só falando a aula inteira [...], tu fica quieto [*e*] só chacoalha a cabeça” (Aluno Dj).

Por outro lado, tanto a citação anterior quanto a posterior demonstram a importância dada pelos alunos à participação ativa em aula, em oposição a uma aprendizagem passiva presente nas aulas tradicionais, como pode ser observado no trecho abaixo:

“Eu achei a técnica muito boa [...], principalmente dos *clickers*. Eu acho legal que a gente discute na aula. [...]Quando só o professor está falando a gente acaba perdendo um pouco” (Aluno An).

O aspecto conceitual das questões foi manifestado por um dos onze alunos como importante para o entendimento da Física. De acordo com esse aluno:

“Achei muito, muito bom porque tu pensa sem ter que tá pegando um lápis. Tu consegue ver ali mais ou menos como é que funciona a Física por trás do que tá acontecendo em tudo, só pela lógica, sem ter que pegar um lápis, pegar uma fórmula. [...] É bom porque daí fixa os conceitos muito bem” (Aluno Fe).

As Questões Conceituais também não se resumiram ao estudo em aula. Um dos alunos relatou que as dúvidas surgidas nas questões serviam como guia para estudos posteriores. Nas palavras do aluno:

“[...] Aí tinha uma instrução [...] que eu poderia estudar em casa depois. Foi isso que eu achei que melhor. Eu gostei bastante. Foi diferente” (Aluno Ja).

Apesar das atitudes positivas como:

“Eu achava que também aquelas perguntas que tem em aula com o *clicker* também bem legal” (Aluno Iv).

também foram apresentadas opiniões contrárias à essa estratégia didática. Um dos alunos citou que as discussões com colegas não permitem que se pense a respeito dos conceitos envolvidos nas questões, preferindo resolver os problemas de maneira independente. O aluno disse:

“Eu não gosto muito de discussão em grupo. [...] Se vem outra pessoa e dá a resposta eu acho que você não pensa. Eu prefiro ficar errado e pensar de novo. Prefiro aprender sozinho do que em grupo” (Aluno Lu).

De maneira mais incisiva, um dos alunos entrevistados alegou que as discussões não são úteis para o aprendizado, e que apenas modificam a confiança que o aluno tem sobre a sua resposta. Para o aluno em questão são as palavras do professor que determinam a “resposta correta”. Segundo o aluno:

“Aquilo é chato. Eu não acho que ajuda. [...] A única coisa que vai adiantar é que se tu tá com menos confiança, vai aumentar a confiança. Só que em questão de aprendizado tu já vai ver a resposta dali a dois segundos, então tu vai mudar a tua ideia. Se a tua ideia tiver errada tu já vai mudar. Se tu tiver com pouca confiança numa ideia que esteja certa, tu vai aumentar a confiança depois que o professor dá a resposta certa, então não muda muita coisa [...]se vai discutir ali ou se vai esperar o professor responder. [...] Eu sei que eu tava sendo avaliado por isso e isso me incomodou também porque tem que ficar interagindo” (Aluno Ra).

Em resumo, as discussões são proveitosas para os alunos de modo que suscitam dúvidas, as quais são sanadas em aula durante o processo de convencimento dos colegas. Por outro lado, há aqueles (dois de onze alunos) que não veem as discussões como uma forma de aprendizado e atribuem a essas, no máximo, a modificação na confiança sobre o seu próprio entendimento dos conceitos envolvidos nas Questões Conceituais.

Trabalhos em grupo

A maior parte das atitudes positivas frente ao uso de atividades em grupos diz respeito às discussões que surgem durante as tarefas de resolução de problemas, e simulações. Para três dos onze alunos as discussões acabam por promover seu aprendizado. Nas palavras dos alunos:

“Eu acho positivo fazer em grupo, porque daí a gente discute com a outra pessoa. Que ela tem um modo de ver e eu tenho um modo diferente e a gente acaba aprendendo com o modo com ela vê, assim” (Aluno Iv).

“Os trabalhos em grupo são muito bons [...], a gente acaba discutindo” (Aluno An).

“Eu achei as tarefas muito boas. No geral elas eram boas, só que eu nem sempre tava atualizado com o conteúdo então nem sempre eu entendia tanto do que era. Teve umas duas ou três que eu tava meio perdido e daí eu não compreendi muito bem. [...] Eu me lembro que teve uma que eu acompanhei o raciocínio, mas não entendi, então como não dava tempo pra estudar ali, eu só aceitei. [...] Mas quando tu tá com alguém tipo que tem um nível e tu tenha o conteúdo na cabeça, tu sabe mais ou menos o que tá fazendo lá. Falando ajuda bastante justamente pelo fato também da discussão. Eu acho que isso acaba acertando bastante a tua opinião” (Aluno Gu).

Outro ponto destacado é com relação à promoção da participação em aula e a possibilidade de fazer perguntas ao passo que dúvidas, referentes aos tópicos de estudo, surgem durante as atividades. Um dos alunos se posicionou a esse respeito:

“Eu acho que eu pegava as folhas e tinha umas questões e que sei lá, eu não sabia muito bem como responder. Mas em dupla, [...] eu acho que esse jeito dele combina exatamente com isso porque se a gente não tivesse a disposição de participar da aula, se a gente não tiver tarefa em grupo a gente vai ter muito menos disposição de se expor em aula, de perguntar. Eu acho que isso foi interessante. [...] Eu achei legais as simulações, isso eu achei tri porque a gente tava vendo que tava

entendendo. Mas o fato de fazer em grupo, de se expor mais, ajudou muito mais pra tirar as dúvidas na aula” (Aluno Ed).

Um aluno também se posicionou favorável às tarefas em grupo, mas apontou que um aluno acaba liderando o grupo e trabalhando mais do que os outros. Nas palavras dele:

“É bom, mas no grupo sempre tem uns que fazem mais. Por exemplo, tava eu o [Aluno A] e a [Aluno B], o [Aluno A] meio que coordenava assim. A gente só via o que ele fazia mudava alguma coisa, dava uma opinião: ‘ah isso acho que tá errado’, mas ele fazia mais. Acho que é um bom negativo porque sempre tem um que faz mais” (Aluno Mt).

Contudo, assim como nos tópicos da entrevista apresentados anteriormente, atitudes negativas foram apresentadas. Dois alunos citaram seu desagrado em resolver problemas selecionados a partir do livro-texto em aula, dizendo:

“A TG eu não acho interessante. Não tinha necessidade assim de fazer TG [*Tarefa de Grupo*] em aula assim. Eu digo as TG [*Tarefa de Grupo*] problemas, aquelas do computador eu acho que são legais” (Aluno Iv).

Mas as TGs [*Tarefas de Grupo*] eu não achei muito bom. Eu não gostei muito. Do exercício em si” (Aluno Ed).

Existem também aqueles que são desfavoráveis às tarefas ou por preferirem estudar sozinhos ou devido ao fato de não conseguirem ou quererem convencer o outro, bem como não ser convencido. Três dos onze alunos apresentaram opiniões como as que seguem:

“Com essas daí eu não tenho nenhum problema [...] porque [é] só resolver os exercícios ali. [...] Ter que te a obrigação de discutir, isso que eu não gosto. Eu prefiro ver se eu respondi errado e tentar pensar de novo um jeito do porque que aquilo tá errado, o que que pode estar e tal, mas eu prefiro estar sozinho. É melhor sozinho eu acho” (Aluno Lu).

“Essas eu não gostei tanto. Eu não sou muito de fazendo em grupos. [...] Achei complicado que nem quando tu tem que fazer a predição assim. Aí eu acho uma coisa e minha dupla acha outra. O que que a gente vai fazer então? Eu não consigo convencer ele que eu to certa, nem ele me convence” (Aluno Ja).

“Eu odeio trabalho de grupo. Trabalho de grupo é muito ruim porque eu não consigo confiar no que os outros pensam. Pra mim não tá certo nunca. Nem chego a escutar o que eles falam. [...]Tem um que é apressado demais e um que é lerdo

demais ou então tem um que não entende. Eu não quero ficar lidando com isso. É muito chato ter que lidar com esse tipo de coisa, então eu tenho o meu método, eu faço do meu jeito. Só que tinham trabalhos que eram grandes demais pra fazer sozinho, então tinha que ser em grupos que é o único jeito. Mas trabalho em grupo é muito chato” (Aluno Ra).

Em síntese, os alunos percebem as tarefas em grupo como mais uma oportunidade de interagirem, tanto com colegas quanto com o professor, e conseqüentemente aprenderem determinados conceitos. Entretanto, alguns alunos citam seu desagrado com relação à resolução de problemas em aula. Quanto às atitudes negativas à tarefa proposta, foi comentado que durante as atividades em grupo alunos dominavam as discussões. De outro lado, há aqueles que não davam credibilidade às explicações dos colegas e preferem trabalhar individualmente.

Simulações computacionais

Da mesma forma que no Estudo 1, os alunos dos Estudo 3 destacaram o efeito visual da simulações como um dos fatores responsáveis pelo entendimento dos conceitos trabalhos em aula. Nas palavras de quatro alunos:

“As simulações eu achei muito tri. Eu achei muito bom mesmo. Eu acho que a gente vê realmente o que tá estudando” (Aluno Ed).

“Eu achei legal porque tu vê funciona mesmo ali no caso da simulação. [...] Às vezes tu até entende, mas não tem a visão e ali tu consegue enxergar, não diretamente, mas pra tu enxergar um pouco de Física” (Aluno Fe).

“Eu acho válido porque é uma coisa diferente que a gente tá fazendo. A do computador a gente via o que [...] acontecia [...],então [...] seria quase uma experimental vamos dizer assim. Melhor porque na experimental não foi nada bom. O problema foi que a gente [...] não tinha visto a matéria ainda” (Aluno Iv).

“Eu achei muito legal. Muito bom porque antes era pedido pra gente fazer a previsão, e eu achei muito legal a gente ter disponível esses programas porque é bem difícil ver no livro com as imagens fixas e só uma flechinha apontando pra onde vai ser o movimento. É muito diferente de tu ver todo o movimento acontecendo e de tu ver o gráfico sendo feito e essas coisas. Isso acaba sendo muito mais fácil pra ti entender as coisas ” (Aluno Gu).

O aluno Gu citado no último trecho acima destacou o papel das discussões nas atividades em grupo realizadas. Segundo o aluno:

“[...] E também outra coisa é tu ver essas coisas e discutir com alguém, acaba ficando melhor” (Aluno Gu).

As atividades de simulação eram realizadas por meio da estratégia P. O. E. (predizer, observar e explicar). Um dos alunos destacou o método em si como um ponto positivo das tarefas. Nas palavras do aluno:

“Eu gostei. Eu achei bom porque explica bastante. Se você tem uma dúvida do que que vai acontecer e for ver e comparar o que que acontece e o que que espera que aconteça. Acho que ajudou” (Aluno Lu).

As simulações computacionais, também, acabaram por se tornar um fator motivador para os estudos segundo um dos alunos entrevistados, que disse:

“Eu gostei. Eu cheguei a fazer em casa também. Ficava no moodle antes da prova, aí pra estudar eu gostei daquilo. Eu gostei muito. Me empolgou muito. Achei muito legal, nunca tinha mexido nessas coisas nem conhecia como é que era. Eu tô mais empolgada agora” (Aluno Ja).

Outro ponto destacado foi com relação às simulações terem um papel de destaque para o entendimento dos conteúdos quando não se podem realizar experimentos ou demonstrações. Um dos onze alunos citou:

“As simulações são muito boas. Muito boas porque é uma cadeira que tu tem que pensar invés de observar. Física I tu pode jogar uma bolinha pra cima, tu pode arremessar. Física II tu pode ver um fluido lá, tu pode ver as coisas acontecerem em Física II. Física III não, então simulação é importante” (Aluno Ra).

Por último, um aluno destacou que a aprendizagem ocorre em um período posterior às atividades, ou seja, segundo o aluno pouco se aprende durante as atividades, mas ao relacionar conceitos estudados com os resultados obtidos na simulação se tem um entendimento melhor. O aluno falou:

“Por incrível que pareça eu tinha um receio de fazer porque tipo: tem a folhinha, tem que fazer [...]. Daí tá a gente faz a simulação e vê. Aí depois que tu vai ler aí tu pensa: ‘na simulação foi feito isso e aquilo’. [...] Na hora você não aprende muita

coisa. Poucas coisas podem ser relevantes, mas depois você vai ver [...]isso ajuda, ajuda bastante. A simulação foi o que mais me agradou” (Aluno Dj).

Resumidamente, as simulações computacionais realizadas foram essenciais para que os alunos pudessem “visualizar” determinados fenômenos, consolidando o aprendizado e se tornando até mesmo um fator motivador para os estudos.

Demonstrações experimentais

Assim como no Estudo 1, e como o citado para as simulações, o efeito visual sobre o aprendizado foi referido pelos alunos. Seis alunos citaram que o entendimento dos conteúdos é facilitado pelas observações realizadas durante os experimentos. Nas palavras dos alunos:

“Facilita [...]. O que mais me chamou a atenção foi aquela bomba de Gauss e aquela do ímã no cano [...]. Tipo se alguém falar você tenta imaginar o que que acontece, só que vendo é bem mais fácil. É bem mais fácil entender o que que tá acontecendo e facilita bastante essa demonstração prática” (Aluno Dj).

“Eu achei aquilo muito legal. [...] Os experimentos eles são legais porque normalmente tu não pensa nas coisas acontecendo. Tu vê a coisa parada e tu vê uma flechinha que alguma coisa tá se movimentando. Eu achei bem bacana” (Aluno Gu).

“Eu gostei. Foi muito bom porque tu conseguia ver as coisas, não ficava só no livro [...]” (Aluno Ja).

“Ver na prática o que que acontece aí o que a gente estuda. Achei legal” (Aluno Lu).

“Isso é interessante. Acho que é a única cadeira que teve que alguém levo [...].A maioria dos professores ninguém fazia e é interessante pra gente ter noção do que tá acontecendo, não ficar só no livro e lendo. Daí a gente, além de saber o que que acontece, a gente vê acontecendo” (Aluno Ma).

“Aquilo lá também é muito divertido. Eu ficava brincando sempre. É muito legal porque tu tinha que entender o que tava acontecendo. [...] A gente gosta de ver coisas explodindo ali, a gente gosta de ver saindo faísca, todo mundo tem interesse por isso, então é bem interessante também. Isso é uma coisa que tem que ficar na cadeira” (Aluno Ra).

Segundo dois alunos, o fato de que explicações eram fornecidas juntamente com as demonstrações, tornaram mais apropriadas as atividades. Nas entrevistas os alunos citaram

que esse fato não ocorria nas aulas de laboratório, visto que as disciplinas teóricas e experimental apresentavam-se defasadas. Os alunos disseram:

“Eu achei muito bom mesmo porque [...] geralmente tu vê isso só na Física Experimental, sendo que tu nem via, tu vai lá e faz uma coisa que nem sabe o que tá fazendo porque eles já estão mais adiantados. E ali é legal porque tu fazia a parte teórica e já vinha a aplicação. Via como funcionava e já via coisas que tu nem sabia que funcionava e tu via ali na prática e começava a entender. Achei diferente. Achei legal também porque mostra na prática não só aquela parte teórica” (Aluno Fe).

“E no laboratório também a gente sempre fazia no laboratório coisas que ainda não tinha aprendido no teórico. Aí todo mundo ficava se olhando assim: ‘bah, a gente não sabe o que que tá fazendo’. E ali era bom porque tu tinha uma explicação junto com o que tu via que tava acontecendo. Achei útil” (Aluno Ja).

Um último ponto mencionado pelos alunos diz respeito à retenção. De acordo com os alunos, é mais fácil recordar dos resultados de algum experimento do que de conceitos estudados sem tal recurso. Dois alunos apontaram esse fato ao falarem:

“[...] Às vezes é mais fácil de lembrar do experimento, tu lembrar do resultado do experimento que tu fez pra daí depois tu acabar acessando mais fácil a informação na cabeça” (Aluno Gu).

Acho que a gente lembra melhor o que a gente vê ali. Eu ainda me lembro daquelas experiências [...] lá no começo do semestre. [...] Acho que fica mais fácil de memoriza [...], lembrar o que que fez tal coisa lá tinha a ver com tal coisa” (Aluno Lu).

Em resumo, três pontos principais foram destacados pelos alunos no que se refere às demonstrações experimentais feitas em aula: o efeito visual sobre o aprendizado, o fato de que explicações eram fornecidas juntamente com as demonstrações e a retenção, todos os três apresentando atitudes positivas quanto ao uso de demonstrações.

Aulas expositivas

O ponto principal destacado pelos alunos, com relação às aulas expositivas, foi que as dúvidas eram discutidas em aula. Dúvidas estas, vindas tanto das leituras prévias realizadas orientadas por meio do método EsM e pelas Questões Conceituais utilizadas em aula. Quatro alunos se posicionaram a esse respeito:

“Esse eu acho que foi o ponto porque o fato da gente só estar estudando em casa, não desgrudar do livro. Tá é importante, mas se a gente não souber as nossas dúvidas ali. [...]Eu acho que elimina a parte desnecessária [*da aula*]. Pra ele seria desnecessário ele já dar o que a gente já tinha aprendido, então pelo fato dele ter pegado os pontos que a gente tinha dúvida ali foi a principal base porque ele pegava o que a gente não sabia explicar exatamente” (Aluno Ed).

“Perfeita. [...] O professor [...] falou que muitas vezes tem dúvida que o professor acha que os alunos não têm, e com isso ele podia sanar as dúvidas de todo mundo. Uma coisa que eu não entendi, eu tinha vergonha de perguntar na aula, tem muita gente que tem vergonha. Aí ele podia expor de um jeito que não ficasse exposto” (Aluno Fe).

“Tem que ter essa parte. Só com a tarefa de leitura a gente não consegue.[...]Só lendo o livro não é o suficiente pra gente aprender toda a matéria. Tem que ter o professor explicando e o fato da gente já botar as nossas dúvidas é melhor porque ele já sabe mais onde focar e tal. É mais fácil, mais rápido. Flui mais a aula e, ele não vai ficar falando sobre coisas que não interessa a ninguém” (Aluno Ma).

“Eu acho que o professor explica bem. [...] E ajudava o fato de ter lido antes, acho que isso ajudou muito [...],já saber o assunto e ele explicar. Tu lê antes e aí ele explicar, porque [...] se tu não entendeu, tu vai entender na aula e daí tu já sabe alguma coisa” (Aluno Iv).

O papel do professor é visto como fundamental para o entendimento dos conteúdos estudados. Um dos alunos mencionou que o professor, por meio das aulas, “confirma” (ou não) o aprendizado decorrente das leituras prévias realizadas. Nas palavras do aluno:

“Eu gostei. Foi muito útil, muito bom porque às vezes tu nem tinha se dado conta que não tinha entendido tão bem assim. Quando ele [*professor*] falava que daí tu não sabia responder daí caia a ficha, assim: ‘ah eu não aprendi’. Eu gostei” (Aluno Ja).

Da mesma forma, um dos alunos atribuiu ao professor um papel de destaque no seu aprendizado ao expor que quando a figura do professor passa segurança durante suas aulas os alunos não questionam as informações fornecidas. O aluno disse:

“Às vezes não sei se também a minha maturidade seja suficiente pra ter feito essa cadeira, mas tem que levar em consideração o professor que é muito bom. [...] O que passa mais segurança. Tudo ele passou mais segurança no que ele falou, então facilita, tu não questiona, tu aceita ele. Aí tu lê, tu vê que é verdade” (Aluno Dj).

Algumas atitudes negativas com relação às aulas também surgiram nas entrevistas. Um dos alunos citou a falta de aprofundamento durante as exposições orais do professor dizendo:

“A parte que eu achei que poderia ser melhor, acho que ele [*professor*] explicar algumas coisas mais profundamente. Mas não tem muito tempo, eu acho” (Aluno Mt).

O fato das aulas se basearem nas tarefas de leitura não agradou a totalidade dos alunos da turma. Um aluno alegou sua preferência por aulas tradicionais. Nas palavras do aluno:

“Eu sinto um pouco falta da aula, daquela aula que explica toda matéria que tem começo, meio e fim. Vai explicando passo-a-passo tudo. Sinto um pouco falta” (Aluno Lu).

Opiniões negativas mais extremadas foram apresentadas por um dos onze alunos do estudo. Segundo o aluno em questão, o professor deve saber quais as dúvidas dos alunos sem que sejam necessárias atividades de leitura prévia. Da mesma forma, o aluno nem sempre tem noção da importância de determinados pontos da matéria, os quais devem ser discutidos pelo professor, mesmo em caso de não despertarem dúvidas ou interesses da turma. Por fim, foi mencionado o desagrado em ter que assistir aulas nas quais dúvidas de colegas eram discutidas. Contudo, o mesmo aluno compreende que o método utilizado para as aulas faz com que alguns alunos aprendam melhor em comparação com métodos tradicionais de ensino. Nas palavras do aluno:

“Tem duas coisas: ela é boa por um ponto e ruim por outro. Primeiro ponto: eu tinha que ficar escrevendo as dúvidas que eu tinha. Às vezes eu não tinha nenhuma dúvida. A experiência do professor faz com que ele saiba. [...] Pode acontecer da gente não ter pensado numa coisa que deveria ter pensado, então como ele tem experiência, ele tem que incentivar e mostrar: ‘talvez tu não tenha dúvida porque não chegou a pensar nisso, então eu te mostro isso daqui e tenta ver se tu consegue resolver pra ver se tu realmente não tem dúvida’, então isso é importante na parte do professor que tem experiência justamente pra isso. Porque ler livro, eu já faço desde sempre. Então na hora de escrever dúvida eu não tinha porque tudo que tinha no livro eu entendia. E o que eu não conseguisse entender às vezes eu procurava por outra fonte e resolvia sozinho, então eu tinha que ganhar nota também por escrever dúvidas, mas eu não tinha dúvidas e isso me incomodava. Às vezes eu ia pra aula e ficava vendo o professor explicar coisas extremamente triviais e as pessoas não

sabiam de onde saia um cosseno, de onde saia uma integral porque não estudaram antes. Só que se eles não estudaram antes a culpa não era minha e eu podia ter aprendido outra coisa ou então melhorado o aprendizado em outras coisas do que tipo ficar vendo cálculo de novo. Isso é um pouco ruim porque talvez eu não tenha explorado tanto quanto pudesse ter explorado justamente porque os outros não foram capazes de chegar num mínimo. Só que claro eu to numa universidade que não to sozinho e tem um monte de gente. Aí aquela coisa: o professor ele não tem que dar aula pro mais da ponta ou o mais da outra ponta, ele tem que ir lá no meio. Isso eu também tenho consciência. [...] Eu sei que eu to sendo egocêntrico, só que é a minha opinião e eu tenho que dizer. Se eu concordo com minha própria opinião ou não é outra história. [...] Se eu fosse professor eu seguiria o mesmo método que o professor porque o objetivo dele é diferente do meu. O objetivo dele foi bem estabelecido. Que as pessoas que talvez não conseguissem aprender tão bem com outro método conseguiram aprender com esse depois de colocar a dúvida lá. Mas o problema é pra mim, como eu falei, as minhas dúvidas não eram iguais as dúvidas deles. E também tinha que ficar lá escutando coisas que não precisava” (Aluno Ra).

Em síntese, o fato das aulas se focarem nas dúvidas dos alunos é um dos fatores que torna as atitudes dos alunos favoráveis ao método, sendo este, o fechamento sobre as tarefas de leitura realizadas anteriormente. Assim, o papel do professor em sala de aula continua sendo fundamental para o aprendizado dos alunos, e em alguns casos deveria ter um peso ainda maior, ou seja, alguns alunos preferem estilos de aula mais tradicionais.

Atividades realizadas

Dois pontos positivos foram citados com relação às atividades realizadas: a variabilidade de avaliações e o fato de que as diferentes atividades faziam com que os alunos estudassem ao longo dos dias sem que os conteúdos se acumulassem. Quanto à avaliação das atividades, dois alunos se posicionaram favoravelmente, conforme pode-ser visto nos seus depoimentos:

“A respeito das TLs, TRP e TG também achei bom fazer mais avaliação do que só prova, porque só prova, eu não acho que tem como medir [*o aprendizado*]. [...] Eu acho que uma prova só, duas, três, quatro, eu não acho que [*seja*] suficiente pra medir o valor do que tu aprendeu durante cada área. Então as TRPs e TGs são também uma chance do aluno. Talvez na prova o aluno não tá bem, não estudou, sei lá” (Aluno Dj).

“[...] Geralmente o exercício é opcional e agora tu é obrigado a fazer. Tu realmente aprende” (Aluno Fe).

Já no que diz respeito ao estudo ao longo da disciplina, dois alunos alegaram que as atividades eram boas, pois permitiam que o estudo não se acumulasse, visto que continuamente necessitavam resolver problemas. Segundo os alunos:

“Eu achei que a parte mais positiva foi a TRP porque eu acho que daí obriga a gente a fazer pra valer nota e também faz a gente estudar bem antes [...]. Tem um monte de gente que às vezes deixa, acumula [...], tem gente que é mais organizado” (Aluno Iv).

“Pra mim também como eu não sou muito [...] de estudar em casa, é o jeito de eu fazer exercícios também. No meu caso ajuda bastante a treinar exercícios tirando as TRPs. Eu não entreguei quase TRP, mas não foi por causa do prazo. Tempo até tinha, é de desleixado mesmo. O prazo é bom, eu é que teria que ter me esforçado mais” (Aluno Ma).

Por outro lado, o tempo reduzido para algumas das atividades propostas foi o fator de maior desagrado dos alunos. Quatro alunos mencionaram tal fato ao falar:

“Eu acho que no mínimo tem que ser uma semana entre elas assim. [...] Agora no fim eram mais exercícios e menos tempo, daí ficava mais corrido” (Aluno An).

“No começo é ruim a adaptação, você não está acostumado a fazer isso [*tarefas de leitura*], então você vai achar estranho. Mas, conforme passou a primeira área já é normal... Quinta-feira e terça-feira e domingo tá lá, tem que ter a TL pra resolver. É um tempo bom dois dias. Pra fazer é um tempo bom. Agora a TRP, só nessa última área que eu achei que o tempo ficou meio espremido. Foi praticamente uma semana pra cada lista. As outras TRPs não, tinha uma semana, o professor dava uns dias aí não saía logo a outra. No começo tu terminava o conteúdo e daí vinha a TRP, nessa aqui foi diferente. A gente tava na metade, daí a TRP” (Aluno Dj).

“O prazo das TRPs tá tranquilo, as TL as vezes que era meio complicado. A TRP era tranquilo, dava pra fazer tranquilo. Dificultou um pouco, mas não muita coisa, mas às vezes fico meio complicado” (Aluno Fe).

“O tempo da TRP eu achei que era meio curto porque a gente tem outras listas das outras disciplinas, daí a gente tinha que às vezes parar com as outras pra fazer só as de Física. Mas sei lá, eu acho que tem que ser assim. A gente tem que saber controlar melhor o tempo. Das tarefas de leitura também tava pra fazer tranquilo. Às vezes só que escapava um pouco, no mais foi ótimo” (Aluno Ja).

Outro ponto ressaltado a respeito do tempo requerido pelas atividades tem relação com as tarefas em grupo. Segundo um dos onze alunos, as discussões tomavam tempo, devido a divergências de opiniões. Nas palavras do aluno:

“O das TRPs tava bom, acho que uma semana dá pra fazer. [...] A TL é que o prazo não tinha como dá ideal, é o prazo que tem. [...] Eu acho que as TG em aula faltava tempo. [...] As pessoas divergem. Tipo, se tu faz sozinho daí a gente faz mais rápido. Quando é em grupo: ‘ah eu acho que é isso, eu acho que é aquilo’, daí demora mais” (Aluno Iv).

Por outro lado, um aluno citou que apesar do tempo reduzido as tarefas de leitura permitiam que a aula fosse melhor aproveitada, já que era planejada sob as dúvidas da turma. O aluno falou:

“Eu acho que os prazos pra TL acabaram me incomodando bastante. Eu sei que não tem outro horário que possa se fazer essas TLs porque o professor precisa planejar as aulas e isso também é um ponto muito, muito bom. Tu tendo as tuas dúvidas tiradas em tempo real e elas são as dúvidas que tu vai ter depois, [*que*] iria ter depois se não tivesse feito a TL. Então tu faz elas e [...] tu é obrigado a tirar aquelas dúvidas ali, então isso é muito legal. [...] Acaba sendo uma carga bastante grande de coisa pra fazer. Mas só ajuda a cadeira” (Aluno Gu).

Um dos alunos citou que o número de questões nas tarefas era elevado o que contribuiu para que não realizasse todas as atividades. O aluno disse:

“A TL tem que ser aquele prazo porque tem que ser na próxima aula. Aqueles testes em grupo tinham que ser feitos na aula: prazo de uma aula. Não muito problema com o prazo, embora eu não tenha feita muita TRP, mas foi por vadiagem minha. Talvez se elas fossem um pouco menores também porque são treze, quatorze questões” (Aluno Lu).

Outro fator de desagrado dos alunos foi o volume de atividades realizadas ao longo da disciplina. Dois dos onze alunos foram incisivos ao criticar a quantidade de atividades avaliadas feitas, alegando consumir o tempo que dispunham para estudar para outras disciplinas. Nas palavras dos alunos:

“Às vezes atrapalha em algumas outras coisas que a gente tem que fazer. Ele [*professor*] fala que tem que se comprometer bastante com a cadeira, mas às vezes isso acaba atrapalhando em outras coisas que tu tem que fazer” (Aluno Gu).

“O problema é a quantidade de trabalho. Foram 27 TLs, 13 TRPs e mais os trabalhos em aula. Trabalho em aula não tem problema nenhum porque tu fazes em aula, então não tomas o resto do outro tempo. O problema é que eu estava sempre correndo atrás da matéria de Física III e não era a única matéria que eu tinha, tinha as outras, e por causa disso às vezes eu tinha de ficar dormindo às cinco da manhã para dar tempo de fazer o resto porque tinha outra coisa para fazer que era extremamente urgente. Só que se eu não fizesse a TL ou uma TRP eu não ia ficar com A. No fim eu tô correndo o risco de não ficar com A em Física III mesmo sabendo um monte da matéria. Esse é o maior problema desse método. Que ele não tá avaliando exatamente o quanto eu sou capaz de aprender porque isso é o que deveria ser avaliado. [...] Às vezes para um aluno é mais fácil que para outros porque a realidade aqui no Brasil é um pouco diferente de lá onde foi inventado o método. Porque lá todo mundo, provavelmente, é filho de papai e consegue ficar o dia inteiro só estudando sem se preocupar com outra coisa. Aqui tu tem um monte de coisa para se preocupar. Alguns nem tanto, da para ver já que tem uns alunos ali que vem de carro para aula. Provavelmente ele tem tempo para ficar pensando só nisso, só que para mim não foi assim, então eu tive que me esforçar um monte e mesmo me esforçando tanto eu não consegui. Esse é o maior problema, é por causa da quantidade de trabalho. Os trabalhos valem demais. Às vezes nem é pela quantidade de coisas que tem para fazer, mas pelo teu psicológico. Tu fica tão estressado com aquilo que tu não consegue. Tu fica com mais pressa e tu não consegue fazer tão bem quanto tu faria porque vale muita nota cada TRP. E tu fica pensando: ‘ah eu tenho que entregar, tenho que entregar’ e tu não fica pensando: ‘tenho que aprender, tenho que aprender’. Isso não é bom” (Aluno Ra).

Em resumo, as diversas tarefas realizadas ao longo da disciplina (TLs, TRPs, TGs), contribuem para o aprendizado, visto que mantinham os estudos “em dia”, eliminando a preocupação de se preparar para as provas. Entretanto, a carga de atividades foi considerada demasiada pelos estudantes, os quais muitas vezes citaram que o tempo destinado para a resolução de tais tarefas prejudicava ou era prejudicado pelo tempo destinado a outras disciplinas ao longo do semestre.

Livro texto utilizado

O livro-texto utilizado na disciplina foi considerado satisfatório por cinco dos onze alunos entrevistados. Os alunos citam que o livro é inteligível e ilustrativo. Nas palavras dos alunos:

“Eu nunca estudei por outro livro. Até agora eu nunca usei o Moises, nunca usei o Feynman, e até agora eu achei ele bem satisfatório [...]. Conceitualmente eu achei ele bem bom. [...] Se ficava alguma dúvida era tirada em aula, então eu achei que o Halliday foi um bom. Uma boa fonte de estudo” (Aluno Gu).

“O Halliday não é um livro bom. [...] Eu gosto bastante do Moises, só que eu acho que comparado com o Halliday ele seria ruim por causa das contas, porque ele faz bem” (Aluno Iv).

“Eu gosto de trabalhar com o Halliday. Tem sempre alguém pra ti falar mal, mas eu gosto. Eu acho que eu consigo entender. Que ele ilustra direitinho. Que ele é bem acessível. Eu gostei de trabalhar com o Halliday. Eu acho que se a gente usasse outro livro, em casa eu ia usar o Halliday igual” (Aluno Ja).

“Eu acho o Halliday bem didático. As coisas bem explicadinhas e tal” (Aluno Lu).

“Tem várias pessoas que reclamam do Halliday, que reclamam um monte, só que eu não tive essa dificuldade no Halliday. Eu achei bom” (Aluno Dj).

Um dos alunos destacou outro ponto considerado positivo no livro: as aplicações. Apesar da preferência citada por outro livro, o aluno considerou aquele que foi utilizado em aula acessível. O aluno disse:

“Acho o Halliday bom porque ele é direto ali nas coisas que ele dá a explicaçãozinha. Eu prefiro o Moises, mas o Moises é meio complicado [...]. Acho um pouco mais formal a matemática que ele trabalha e tal, mas eu acho que o Halliday é bem acessível, bem tranquilo. E ele mostra alguma coisa de aplicação ou uns casos da vida real” (Aluno Fe).

Da mesma forma, um aluno citou que, apesar do livro-texto utilizado na disciplina ser didático, faz uso de outra bibliografia para seus estudos, sendo a combinação do material melhor para seu aprendizado. Nas palavras do aluno:

“Eu, além do Halliday eu usei um pouco o do Moises, só que ele é bem mais complexo. Praticamente só deduções matemáticas. Como base o Halliday, eu acho, que é melhor por isso, ele é mais didático assim. [...] Depois que tu lê o Halliday dá uma lida nele até pra ver a diferença. Ele puxa mais. Acaba até aprendendo um pouco mais. Com ele direto tu até se assusta assim. Os exercícios até são bem mais complexos” (Aluno Ma).

Contudo, nem todas as atitudes dos alunos são positivas. Um dos alunos citou que a apresentação do conteúdo no livro continha pontos que o deixavam confuso, dizendo:

“Eu acho que o Halliday tem coisas que realmente deixam confuso, tanto que às vezes eu mandava: ‘eu acho que o livro me deixou confuso nessa parte’ [...], mas tem outros que: ‘ah tudo bem’” (Aluno Ed).

Outro ponto de descontentamento é com relação à falta de aprofundamento nas explicações fornecidas, como mencionado por um aluno:

A gente sempre usa o Halliday [...], mas as vezes eu acho que falta uma explicação, assim, mais aprofundada sobre algumas coisas” (Aluno Lu).

De maneira análoga ao Estudo 1, as diferentes edições do livro utilizado na disciplina foram alvo de desaprovação, por parte de um aluno:

[...] O professor sempre baseava tudo na sexta edição e eu sempre usava a oitava, [...] então pode ter mudado alguma coisa, mas a princípio tudo é a mesma coisa, o conteúdo é o mesmo” (Aluno Ed).

Há aqueles, entretanto, que consideraram o livro ruim, pois não apresentava deduções matemáticas de equações, ou ainda por apresentar uma quantidade excessiva de problemas considerados muito fáceis. Três alunos se posicionaram quanto a isto, dizendo:

“Eu não gosto muito do Halliday não. É que eu tinha o Typler [...]. Não é ruim também, tem algumas coisas que são boas, os exercícios são ótimos pra gente, mas também não é assim: ‘nossa, tem que usar o Halliday’. Foi o livro que eu comecei. Tem umas coisas do Halliday que ficam meio estranhas pra fazer a demonstração eu acho, por isso que eu prefiro o outro” (Aluno An).

[...] Só as vezes nas fórmulas ali, ele meio que joga. Ele joga muitas fórmulas só que é pra ser conceito inicial, então tem que ser assim. Só que na hora tu fica meio: ‘bah tá jogando conta aqui, não chega a interpretar praticamente nada’, e aí como tu tá primeiro lendo antes de o professor explicar, você fica naquela que você não sabe o que pensar, mas depois que o professor explica você entende o que que o Halliday diz. Às vezes nem tudo você presta atenção, tu lê por ler” (Aluno Dj).

“O Halliday é muito ruim porque embora eu já tenha entendido essa questão de conceitual, aprender conceitual. A gente também tem que saber matemática e não pode ter medo. E eu acho que o Halliday dá um pouco dessa coisa de medo de cálculo. Se a gente teve que passar por dois semestres de cálculo porque que não vai

usar o cálculo de uma vez? [...] Muito pobre a matemática dele. Claro se eu fosse ler o Moises eu não ia entender porque a matemática é rica demais. [...] E o Halliday ele é muito Disneylândia [...],ele tenta ter aquela ideia moderna de livro divertido que tem que atrair pelo visual, mas isso é um erro. O livro fica muito chato. Tu fica lendo coisa que não precisava ler, informação demais, e às vezes perde um pouco o foco. O Halliday é ruim por isso. Ele tem exercícios demais e extremamente fáceis. Então podia diminuir a quantidade de exercícios fazer uma coisa pra trabalhar um pouco mais conceitual. Mas não tem outra escolha também. Se for pegar lá o Moises ai é o outro extremo, então o Halliday é o único que se ajusta. Podia ter um pouquinho melhor que o Halliday, mas como não tem é o que mais se ajusta” (Aluno Ra).

Resumidamente, o livro-texto utilizado é considerado adequado e ruim ao mesmo tempo pelos alunos. A apresentação de aspectos conceituais e aplicações do conteúdo feitas pelo livro faz com que os alunos o vejam como uma boa opção de estudos. Todavia, a falta de detalhamento durante as deduções de equações faz com que os alunos pensem no livro como sendo ruim. Outro fato citado, assim como no Estudo 1 são as diversas edições do livro que tornam o estudo por meio deste confusas ao passo que seções mudam de nome.

5.3.3. Síntese dos resultados

Assim como no Estudo 1, os alunos do Estudo 3 apresentaram atitudes positivas em relação ao uso do IpC, salvo cinco alunos que não se sentiram confortáveis em atividades em grupo. Os resultados de desempenho dos alunos mostraram-se de acordo com aqueles apresentados na literatura, apesar dos escores e conseqüentemente dos ganhos normalizados desses alunos terem ficado pouco abaixo daqueles apresentados pelos alunos do Estudo 1.

Com relação ao teste BEMA, as médias de acertos no pré e pós-teste foram de 10,4 (desvio padrão de 3,8) e 21,2 (desvio padrão de 3,7), respectivamente, resultando em ganhos normalizados entre 8% e 70% (média de 40%). Já no teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples as médias no pré e pós-teste foram, respectivamente, 7,4 (desvio padrão = 3,0) e 10,3 (desvio padrão = 3,0). O ganho normalizado médio foi de 50% (máximo de 100%). Por fim, no teste sobre a Lei de Faraday-Lenz, o ganho normalizado médio foi de 50% (com valores entre 0%³⁹ e 86%), resultante de médias no pré-teste de 3,4 (desvio padrão de 2,3) e no pós-teste de 6,9 (desvio padrão de 1,6). Para alguns dos alunos do Estudo 3 os

³⁹Um ganho normalizado de 0% representa escores no pré e pós-teste idênticos, ou seja, um aluno que tenha acertado o mesmo número de questões no pré e pós-teste perfaz 0% em seu ganho normalizado.

ganhos normalizados ficaram abaixo de 30% (menores do que os obtidos por KOHLMYER, CABALLERO, CATRAMBONE, CHABAY et al., 2009), contudo uma possível explicação para esse fato se deve ao baixo número de alunos presentes nos estudos e à turma do Estudo 3, assim como dito anteriormente, ser composta por alunos repetentes (não necessariamente na disciplina na qual o estudo foi realizado).

Já em relação às Questões Conceituais, o Estudo 3 obteve resultados complementares àqueles apresentados no Estudo 1 ao avaliar a confiança dos alunos frente às suas respostas antes e após as discussões com os colegas. Assim como dito anteriormente, em 50% dos casos os alunos não alteram sua confiança sobre as respostas, cujos motivos podem ser explorados em estudos futuros. Ao longo do Estudo 3, também foram mapeadas as interações entre os alunos durante as discussões com os colegas, das quais um exemplo é apresentado no Apêndice H. Por fim, as entrevistas semiestruturadas abordaram um conjunto maior de pontos relacionados com as estratégias didáticas empregadas fornecendo um conjunto maior de informações para a análise das atitudes dos alunos frente ao IpC e as outras metodologias de ensino utilizadas em conjunto.

No próximo capítulo serão apresentadas as considerações finais quanto a essa pesquisa. Os objetivos da pesquisa serão retomados, uma síntese dos estudos e dos resultados obtidos serão expostas, bem como um breve discurso motivacional para o uso do IpC. Também serão apresentadas possibilidades de continuação do trabalho: questões não estudadas e/ou metodologias de estudo não utilizadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, há certo consenso sobre a baixa eficiência dos chamados métodos tradicionais de ensino, nos quais o professor apresenta aos alunos, de forma monológica, os conteúdos presentes em livro-texto para que eles posteriormente os reproduzam em avaliações. Entre as principais consequências indesejadas estão a falta de motivação para aprender e a aprendizagem mecânica dos conteúdos por parte dos alunos. Neste contexto, raras são as oportunidades oferecidas aos alunos para pensar conceitualmente e refletir de forma crítica sobre o que estão estudando. Reforça-se, desse modo, a ideia que o sucesso do ensino está em ser capaz de habilitar os alunos a resolverem equações em problemas de livro-texto. Contudo, mesmo quando isso é alcançado, os professores podem acabar por se iludir com os bons “resultados de aprendizagem” apresentados pela turma e os estudantes podem se frustrar ao descobrir que seus algoritmos para a resolução de problemas não funcionam em problemas diferentes dos originais propostos.

Em contraposição, o método Instrução pelos Colegas emprega uma técnica de engajamento interativo que leva o aluno a atingir uma maior compreensão conceitual em comparação com alunos de cursos tradicionais, ao mesmo tempo em que melhora a sua capacidade de resolução de problemas quantitativos (CROUCH e MAZUR, 2001; CROUCH, WATKINS, FAGEN et al. 2007; MAZUR, 1997). Para tal, os alunos são desafiados a responderem questões conceituais, em um primeiro momento individualmente, e em um segundo momento apresentando e explicando as suas respostas aos colegas, instigando-os a pensar em argumentos e avaliar a própria compreensão sobre os conceitos.

Conforme apontamos no Capítulo 2, os resultados de pesquisas internacionais têm apontado que alunos ensinados com o método IpC apresentam desempenho superior ao de alunos em turmas tradicionais. Além disso, outro consenso na literatura são as atitudes favoráveis ao método em geral por parte dos alunos, especialmente porque apreciam o *feedback* recebido durante as aulas, bem como percebem melhoras na sua compreensão do conteúdo.

O trabalho de pesquisa aqui descrito teve como objetivo geral analisar os resultados de desempenho e de atitudes de alunos, no contexto de uma universidade brasileira, quanto ao uso da Instrução pelos Colegas, visto que desconhecemos estudos sobre o uso desse método no sistema universitário brasileiro e não seria aceitável apenas “importar” os resultados

obtidos no exterior, já que o ensino é fortemente dependente de seu contexto. Em específico, o estudo visou responder à três questões de pesquisa, a saber:

1. Seriam os ganhos de aprendizagem por parte dos alunos semelhantes aos ganhos apresentados em estudos internacionais?
2. Quais as atitudes dos alunos com relação à uma mudança no método de ensino utilizado?
3. Que estratégia utilizada levaria a uma maior eficácia para promover a aprendizagem conceitual dos conteúdos: discussões entre os próprios alunos ou explicações por parte do professor?

Como descrito ao longo desta dissertação e, em especial, no Capítulo 4, o IpC é caracterizado pela promoção de discussões entre alunos a partir da apresentação de questões conceituais em sala de aula. Contudo, em dois dos três estudos (Estudo 1 e 3) realizados, o IpC foi combinado, assim como feito na Universidade de Harvard (EUA) e em outras instituições de ensino, com o Ensino sob Medida que se baseia na investigação prévia das dificuldades dos alunos em relação ao material a ser abordado em aula. Tal investigação é realizada por meio de respostas fornecidas pelos alunos às questões referentes à leitura de um material indicado pelo professor. Dessa forma, a etapa anterior ao IpC, ou seja, o EsM é o responsável por auxiliar o professor no planejamento das aulas e na escolha de Questões Conceituais a serem utilizadas naquela.

As três questões de pesquisa citadas acima foram investigadas a partir de três estudos de caso exploratórios. O Estudo 1 e o 3 tiveram como objetivo responder às duas primeiras questões de pesquisa, sendo que o primeiro deles também visava adquirir experiência no uso do IpC e organizar materiais e recursos. O Estudo 1 foi realizado ao longo do primeiro semestre de 2011 com uma turma de graduandos em Física⁴⁰, na qual o IpC foi usado em conjunto com o EsM, de listas de problemas para resolução extraclasse, de simulações computacionais (utilizando estratégias P.O.E. - Predizer-Observar-Explicar) e demonstrações experimentais. O Estudo 3 também realizado com graduandos em Física, teve como meta um aprofundamento tanto na coleta quanto na análise de dados no que se refere à investigação do desempenho e das atitudes de alunos frente ao uso do IpC como alternativa didática, comparando tais análises com resultados presentes na literatura.

⁴⁰ O estudo foi realizado em uma disciplina de Física Geral abordando tópicos de Eletromagnetismo.

O Estudo 2, realizado com duas turmas de graduandos em Engenharia, se focou na terceira das questões de pesquisa. Nesse estudo foi utilizado unicamente o IpC e uma variação deste, em que as discussões entre alunos foram substituídas por explicações mais detalhadas por parte do professor, de modo a convencer os alunos da resposta correta, a cada Questão Conceitual apresentada.

Cabe ressaltar que questões de pesquisa que focam no papel das discussões também foram propostas por outros autores. Conforme visto no Capítulo 2, Lasry et al. (2009) verificaram que discutir é mais favorável para a aprendizagem do aluno do que a realização de outras atividades (como pensar em silêncio ou realizar outra tarefa não ligada à questão proposta). Os autores sugerem, por isso, que as discussões são o ponto central do método. Assim, é de se esperar que se verifique uma diferença significativa no desempenho de alunos que discutiram em relação àqueles que não realizaram tal atividade.

De outra forma, Smith et al. (2009) verificaram que durante as discussões os alunos apresentam ganhos na compreensão conceitual e não são simplesmente influenciados pelos pares. Tal resultado foi obtido ao perceber que mesmo em grupos em que nenhum aluno detinha a resposta correta antes da discussão, o desempenho sofria uma melhora após discussão.

O processo de discussão para o entendimento conceitual dos alunos tem sido tomado como parte central do IpC. Entretanto, são raras as pesquisas que se destinam a avaliar a eficácia das discussões entre alunos em contraste com as que avaliam efeitos, sobre a aprendizagem dos alunos, das ações realizadas pelo professor. O trabalho de Smith et al. (ibidem), por exemplo, não verifica diretamente os benefícios da explicação do professor em contraste com a explicação de um colega. Essa foi nossa motivação para estipular a terceira questão de pesquisa, que pode ser enunciada mais detalhadamente como: qual das duas seguintes estratégias tem maiores benefícios sobre o desempenho dos alunos: i) alunos discutirem entre si e, após o professor apenas confirma sucintamente a resposta ao final do processo de votação ou ii) os alunos realizam a primeira votação e o professor explica detalhadamente cada erro associado com as alternativas, bem como a resposta correta.

As formas de coleta de dados adotadas nos estudos foram aquelas mais frequentes em estudos referentes ao IpC encontrados na literatura, a saber: resultados de desempenho em testes padronizados, opiniões dos alunos quanto à metodologia e resultados das votações às

Questões Conceituais. No Estudo 1 foram utilizados os testes padronizados BEMA - *Brief Electricity & Magnetism Assessment*⁴¹ e Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples⁴²; no Estudo 2 foi desenvolvido um teste para a avaliação sobre conhecimentos relacionados à Lei de Faraday-Lenz, já no Estudo 3 todos os três testes citados foram utilizados. As opiniões dos alunos foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas nos Estudos 1 e 3.

A análise com relação aos resultados dos testes padronizados foi a seguinte: foram verificadas as distribuições de acertos ao início e ao final do semestre e/ou unidade e, então, calculou-se o ganho normalizado, assim como descrito no Capítulo 4, de cada aluno de modo a analisar a influência do método sobre o desempenho dos alunos na disciplina. Esses resultados foram, então, comparados com os presentes na literatura. Já para as questões conceituais comparou-se os resultados antes e após as discussões realizadas entre os alunos, buscando indícios de uma aprendizagem colaborativa. De maneira complementar, foram obtidos nos Estudos 2 e 3 resultados da confiança dos alunos em sua resposta para cada uma das votações realizadas, de modo a estabelecer relações entre a confiança e a mudança de resposta. Por fim, as opiniões dos alunos com respeito à mudança no método didático, obtidas por meio das entrevistas semiestruturadas, foram transcritas, agrupadas quanto aos tópicos levantados pelo aluno para cada pergunta realizada e quanto às atitudes positivas e negativas.

Os resultados referentes às perguntas 1 e 2, são:

i) os alunos, (12 no Estudo 1 e 13 no Estudo 3) obtiveram desempenhos significativamente superiores após a instrução. No BEMA, os ganhos normalizados foram de 54% no Estudo 1 e 40% no Estudo 3. Os valores apresentados na literatura variam entre 30% e 44% (KOHLMYER, CABALLERO, CATRAMBONE, CHABAY et al., 2009; POLLOCK e FINKELSTEIN, 2008; POLLOCK, 2009). Os ganhos normalizados do Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples foram de 65% tanto no Estudo 1 e 50% no Estudo 3. Os resultados médios obtidos com este teste em turmas tradicionais é de 9% (Dorneles, 2005);

ii) No que se refere às atitudes dos alunos, o *feedback* obtido com as tarefas de leitura e com as questões conceituais utilizadas em aula foram recebidos de maneira positiva. Os

⁴¹ DING, L. et al., “Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: *Brief electricity and magnetism assessment*”, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. N° 2, 2006.

⁴² SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.

alunos apreciam as atividades que visavam a sua preparação para as aulas, pois essas os forçam a estudar, organizam os estudos e os mantêm em dia. Quanto às Questões Conceituais e consequentes discussões, os alunos destacam o aprendizado conceitual da Física, bem como a motivação e a interação em sala de aula, valorizando nas discussões a possibilidade de analisar seu próprio entendimento sobre a matéria através das argumentações com os colegas. No Estudo 3 houve cinco alunos que não se sentiram confortáveis em atividades em grupo.

Para responder à pergunta 3 desejávamos trabalhar com amostras maiores e por isso o Estudo foi realizado em turmas da Engenharia, que costumam ser mais numerosas. Porém, o número de alunos em cada turma foi pequeno (17), de forma que resultados mais conclusivos referentes à questão de pesquisa 3 só podem ser obtidos com uma replicação do estudo. Em resumo, o Estudo 2 mostrou que a turma experimental que realizou discussões entre os alunos obteve um desempenho melhor no teste padronizado utilizado em comparação com turmas tradicionais. Não foi possível observar diferenças estatisticamente significativas entre a turma em que o professor deu explicações detalhadas às alternativas das Questões Conceituais e a turma em que houve, no lugar disso, discussão entre os alunos. Desse modo, para uma resposta à questão 3, como dito anteriormente, uma replicação do estudo é necessária.

Em síntese, devemos ressaltar que os estudos realizados tiveram caráter exploratório, o que consequentemente requer que estudos descritivos e/ou explicativos venham ainda a ser realizados⁴³. De fato, tanto a coleta quanto a análise de dados qualitativos, que estão intimamente relacionados com os aspectos contextuais da população-alvo, foram pouco exploradas durante a pesquisa devido ao curto espaço de tempo em que foram realizadas e ao baixo número de alunos nas turmas. Por fim, uma questão de pesquisa que pode vir a ser considerada futuramente diz respeito ao número de alunos em sala de aula e as interações decorrentes das discussões: os alunos serão mais beneficiados pelas discussões em turmas com um número maior de colegas ou seriam as turmas pequenas, em que as discussões são mais centradas entre dois indivíduos de opiniões diferentes melhor para o aprendizado?

Finalizando, podemos dizer que o IpC requer modificações modestas nas aulas, não exige grandes investimentos e, como citado por McConnell, Steer, Owens et al. (2006), faz

⁴³ Enquanto estudos de caso exploratórios visam obter informações preliminares sobre determinado foco da pesquisa, um estudo descritivo visa descrever o estudo de caso e um estudo explicativo almeja produzir novas teorias resultando em avanços em conhecimentos na área.

com que os alunos criem laços sociais, se tornem ativos, participativos e engajados nas atividades de ensino. Isso ocorre em função do oferecimento de oportunidades para que eles testem sua compreensão sobre o material do curso durante as discussões com colegas e se tornem mais assíduos nas aulas, além de melhorem suas atitudes frente às ciências e seu nível de compreensão. Em outras palavras o IpC tras consigo um grande potencial para promover melhoras educacionais positivas.

Os resultados obtidos nos estudos descritos nessa pesquisa apontam o IpC como uma metodologia de ensino que tem chances de prosperar no ensino superior brasileiro, pois a implementação, de uma maneira geral, foi bem aceita pelos alunos e o desempenho em testes padronizados foi comparável, senão melhor, que aqueles apresentados em estudos internacionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, I. S. e 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, vol. 30, nº. 2. 2013.
- BARROS, J. A. D., REMOLD, J., SILVA, G. S. F. e TAGLIATI, J. R. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF (*Interactive engagement in Introductory Physics at UFJF*). Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 26, nº. 1, pp. 63-69. 2004.
- BUTCHART, S., HANDFIELD, T. e RESTALL, G. *Using Peer Instruction to Teach Philosophy, Logic and Critical Thinking*. Teaching Philosophy, vol. 32. nº. 1, pp.1-40. 2009.
- CHEN Y-FEN, LIN W-HSIN, CHANG S-BIN, LIU C-CHUNG e CHAN T-WAI. *TIPS: A JiTT and PI Pedagogical Method with Handheld Computer as Mediating Tools*. Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05), pp. 844-845. 2005.
- CHIN, C., e OSBORNE, J. *Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science*. Journal of Research in Science Teaching, vol. 47. nº. 7, pp. 883-908. 2010.
- CORTRIGHT, R. N., COLLINS, H. L. e DICARLO, S. E. *Peer instruction enhanced meaningful learning: ability to solve novel problems*. Advances in physiology education. vol. 29: pp. 107-111. 2005.
- CROSSGROVE, K. e CURRAN, K. L. *Using Clickers in Nonmajors - and Majors - Level Biology Courses: Student Opinion , Learning , and Long-Term Retention of Course Material*. CBE - Life Sciences Education, vol. 7. nº. 1 pp. 146-154. 2008.
- CROUCH, C. H. e MAZUR, E. *Peer Instruction: Ten years of experience and results*. American Journal of Physics. vol. 69. nº. 9, pp. 970-977. 2001.
- CROUCH, C. H., WATKINS, J., FAGEN, A. P. e MAZUR, E. *Peer Instruction: Engaging Students One-on-One , All At Once. Research-Based Reform of University Physics*. vol. 1, pp. 1-55. 2007.
- CUMMINGS, K., ROBERTS, S. G., HENDERSON, C., SABELLA, M. e HSU, L. *A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students*. Physics Education Research Conference, Edmonton, Canada. vol. 1064 of PER Conference, pp. 103-106. 2008

- DANCY, M. e HENDERSON, C. *Pedagogical practices and instructional change of physics faculty*. American Journal of Physics. vol. 78. n° 10, pp. 1056-1063. 2010.
- DEMAREE, D., LI S., SABELLA, M., HENDERSON, C. e SINGH C. *Promoting productive communities of practice: an instructor's perspective*. Physics Education Research Conference, Ann Arbor, Michigan: vol. 1179, pp. 125-128 of PER Conference. 2009.
- DING, L., CHABAY, R., SHERWOOD, B., e BEICHNER, R. *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment*. Physics Review Special Topics Physics Education Research. n° 2, 2006.
- DORNELES, P. F. T., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. *Integração entre atividades Computacionais e experimentais Como recurso instrucional no ensino de Eletromagnetismo em física geral*. Ciência & Educação. vol. 18, n° 1, pp. 99-122. 2012.
- FAGEN, A. P., CROUCH. C. e MAZUR, E. *Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms*. *The Physics Teacher*. vol. 40. n° 4, pp. 206-209. 2002.
- FROYD, J. E. *White Paper on Promising Practices in Undergraduate STEM Education*. The National Academies, Board on Science Education. 2005
- GASPAR, A. *Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor*. Artigo a ser apresentado no XV Encontro de Físicos do norte e Nordeste. 2005.
- GIULIODORI, M. J., LUJAN, H. L. e DICARLO, S. E. *Peer instruction enhanced student performance on qualitative problem-solving questions*. Advances in physiology education. vol. 30. n° 4, pp. 168-173. 2006.
- GIULIODORI, M. J., LUJAN, H. L. e DICARLO, S. E. *Collaborative group testing benefits high- and low-performing students*. Advances in physiology education. vol. 32. pp. 274–278. 2008.
- GOWIN, D. B. e ALVARAZ, M. C. *The Art of Educating with V Diagrams*. Cambridge University Press – The Edinburgh Building. 2005.
- HAKE, R. R. *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics, vol. 66. n° 1, pp. 64-74. 1998.
- HESTENES, D. e WELLS, M. *A Mechanics Baseline Test*. Physics Teacher. vol. 30, pp. 159–166. 1992.

- HESTENES, D., WELLS, M. e SWACKHAMER, G. *Force Concept Inventory*. *Physics Teacher*, vol. 30, pp. 141–158. 1992.
- HIGDON, J. e TOPAZ, C. *Blogs and Wikis as Instructional Tools: A Social Software Adaptation of Just-in-Time Teaching*. *College Teaching*, vol. 57 n°. 2, pp. 105-110. 2009.
- JAMES, M. C., BARBIERI, F. e GARCIA, P. *What Are They Talking About? Lessons Learned from a Study of Peer Instruction*. *Astronomy Education Review*, vol. 7. n°. 1, pp. 37-43. 2008.
- KAY, R. H. *Examining gender differences in attitudes toward interactive classroom communications systems (ICCS)*. *Computers & Education*, vol. 52. n°. 4, pp. 730–740. 2009.
- KAY, R. H., e LESAGE, A. *Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature*. *Computers & Education*, vol. 53. n°. 3, pp. 819–827. 2009.
- KING, S. O., e ROBINSON, C. L. *'Pretty Lights' and Maths! Increasing student engagement and enhancing learning through the use of electronic voting systems*. *Computers & Education*, vol. 53. n°. 1, pp. 189-199. 2009
- KNIGHT, J. K. e WOOD, W. B. *Article Teaching More by Lecturing Less*. *Cell Biology Education*, vol. 4 n°. 4: pp. 298-310. 2005.
- KOENIG, K. M., ENDORF, R. J., e BRAUN, G. A. *Effectiveness of different tutorial recitation teaching methods and its implications for TA training*. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, vol. 3. n°. 1, pp. 1–9. 2007.
- LASRY, N. *Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?* *The Physics Teacher*, vol. 46. n°. 4, pp. 242-244. 2008.
- LASRY, N., CHARLES, E., WHITTAKER, C., et al. *When Talking Is Better Than Staying Quiet*. *Physics Education Research Conference, Ann Arbor, Michigan*: vol. 1179 pp. 181-184. of PER Conference. 2009.
- LASRY, N., MAZUR, E. e WATKINS, J. *Peer instruction: From Harvard to the two-year college*. *American Journal of Physics*, vol. 76. n°. 11, pp. 1066-1069. 2008.
- LASRY, N., MAZUR, E., WATKINS, J. e WIEREN, D. V. *Students Response Times to Conceptual Questions*. Submetido para publicação.
- LENAERTS, J., WIEME, W. e ZELE, E. V. *Peer instruction: a case study for an introductory magnetism course*. *European Journal of Physics*, vol. 24. n°. 1, pp. 7-14. 2003.

- LIBARKIN, J. C., e ANDERSON, S. W. *Science concept inventory development in higher education: A mixed-methods approach in the geosciences*, In press, Journal of College Science Teaching. 2005.
- LORENZO, M., CROUCH, C. H. e MAZUR, E. *Reducing the gender gap in the physics classroom*. American Journal of Physics. vol. 74. n°. 2, pp. 118-122. 2006.
- MALONEY, D. P., O'KUMA, T. L., HIEGGELKE, C. J. e VAN HEUVELEN A. *Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism*. Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement. vol. 69, pp. 12–23. 2001.
- MAYO, A., SHARMA, M. D., e MULLER, D. A. *Qualitative Differences Between Learning Environments Using Videos in Small Groups and Whole Class Discussions: A Preliminary Study in Physics*. Research in Science Education, vol. 39. n°. 4, pp. 477–493. 2008.
- MARX, J., HENDERSON, C., SABELLA, M., e HSU, L. *The Effect of Initial Conditions and Discussion on Students' Predictions for Interactive Lecture Demonstrations*. AIP Conference Proceedings, pp. 143–146. 2008.
- MAZUR, E. *Peer Instruction: Wie man es schafft, Studenten zum Nachdenken zu bringen*. Praxis der Naturwissenschaften; Physik in der Schule, vol. 4. n°. 55, pp. 11-15. 2006.
- MAZUR, E. *Peer instruction: A user's manual*. American Series in Educational Innovation. Upper Saddle River: Prentice Hall, pp. 253. 1997.
- MAZUR, E. e WATKINS, J. *Just-in-Time Teaching and Peer Instruction*. Physics, pp. 39-62. 2007.
- MCCONNELL, D. A., STEER, D. N., OWENS, K. D., et al. *Using Conceptests to Assess and Improve Student Conceptual Understanding in Introductory Geoscience Courses*. Journal of Geoscience Education. vol. 54, pp. 61-68. 2006.
- MCKAGAN, S. B., PERKINS, K. K. e WIEMAN, C. E. *Reforming a large lecture modern physics course for engineering majors using a PER-based design*. Physics Education Research Conference, Syracuse, New York. vol. 883, pp. 34-37. of PER Conference Invited Paper. 2006.
- MELTZER, D. E. e MANIVANNAN, K. *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture*. American Journal of Physics. vol. 70. n°. 6, pp. 639-654. 2002.

- MILLER, K., LASRY, N., RESHEF, O., DOWD, J., ARAUJO, I., MAZUR, E. *Losing it : The Influence of Losses on Individuals' Normalized Gains*. Physics Education Research Conference 2010 (Part of the PER Conference series). vol. 1289, pp. 229-232. 2010.
- MILLER, R. L., SANTANA-VEGA, E., e TERRELL, M. S. *Can Good Questions and Peer Discussion Improve Calculus Instruction?* Primus, vol. 16. n°. 3, pp. 193–203. 2006.
- MONTEROLA, C., e ROXAS, R. M. *Characterizing the Effect of Seating arrangement on classroom learning using neural networks*. Complexity, vol. 14. n°. 4, pp. 26-33. 2008.
- MOSS, K., e CROWLEY, M. *Effective learning in science: The use of personal response systems with a wide range of audiences*. Computers e Education, vol. 56. n°. 1, pp. 36–43. 2011.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU. 1999.
- NICOL, D. J. e 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. vol. 28. n°. 4, pp. 457-473. 2003.
- NOVAK, G. M. e MIDDENDORF, J. “*Just-in-Time Teaching: 21st Century Pedagogies*”. What works, what matters, what lasts. Vol. 4. 2004.
- NOVAK, G. M., PATTERSON, E. T., GAVRIN, A. D., et al. *Just in Time Teaching*. American Journal of Physics. vol. 67, n°. 10, pp. 937. 1999.
- OLIVEIRA, A. W., e SADLER, T. D. “*Interactive patterns and conceptual convergence during student collaborations in science*”. Journal of Research in Science Teaching, vol. 45. n°. 5, pp. 634-658. 2008.
- PEREZ, K. E., STRAUSS, E. A., DOWNEY, N., et al. *Does Displaying the Class Results Affect Student Discussion during Peer Instruction?* Education. vol. 9, pp. 133-140. 2010.
- PERKINS, K. K., TURPEN, C., SABELLA, M., et al. *Student Perspectives on Using Clickers in Upper-division Physics Courses*. Physics Education Research Conference, Ann Arbor, Michigan. vol. 1179 pp. 225-228. of PER Conference. 2009.
- PIEPMEIER, E. JR. *Use of Conceptests in a Large Lecture Course to Provide Active Student Involvement and Peer Teaching*. American Journal of Pharmaceutical Education, vol. 62, pp. 347-351. 1998.
- PILZER, S. *Peer Instruction in Physics and Mathematics*. Primus, vol. 11, n°. 1, pp. 185-192. 2001.

- POLLOCK, S. *Longitudinal study of student conceptual understanding in electricity and magnetism*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, vol. 5. n°. 2, pp. 1-8. 2009.
- POLLOCK, S., e FINKELSTEIN, N. *Sustaining educational reforms in introductory physics*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, vol. 4(1), pp. 1–8. 2008.
- PRINCE, M. *Does Active Learning Work? A Review of the Research*. Journal of Engineering Education, vol. 93(July), pp. 223–231. 2004.
- RAO, S. P. e DICARLO, S. E. *Peer instruction improves performance on quizzes*. Advances in physiology education. vol. 24. n°. 1, pp. 51-55. 2000.
- RAO, S. P. e DICARLO, S. E. *Active learning of respiratory physiology improves performance on respiratory physiology examinations*. Advances in physiology education. vol. 25. n°. 2. pp. 55-61. 2001.
- ROSENBERG, J. L., LORENZO, M., e MAZUR, E. *Peer Instruction : Making Science Engaging*. Handbook of college science teaching, Ed. Joel J. Mintzes and William H. Leonard, pp. 77-85 (NSTA Press, Arlington, VA), 2006.
- ROZENSZAYN, R., e BEN-ZVI ASSARAF, O. *When Collaborative Learning Meets Nature: Collaborative Learning as a Meaningful Learning Tool in the Ecology Inquiry Based Project*. Research in Science Education, vol. 41. n°. 1, pp. 123–146. 2009.
- SCHRAW, G., CRIPPEN, K. J., e HARTLEY, K. *Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning*. Research in Science Education, vol. 36. n°. 1-2, pp. 111–139. 2006.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. *Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples*. Ciência e Cultura, São Paulo, vol. 41. n°. 11, pp. 1129–1133, nov. 1989.
- SMITH, M. K., WOOD, W. B., ADAMS, W. K., et al. *Why Peer Discussion Improves Concept Questions*. Science, pp. 122-125. Jan. 2009.
- STAMOVLASIS, D., DIMOS, A., e TSAPARLIS, G. *A Study of Group Interaction Processes in Learning Lower Secondary Physics*. Journal of Research in Science Teaching, vol. n°. 6, pp. 556–576. 2006.
- STUART, J. e RUTHERFORD, R. J. D. *Medical student concentration during lectures*. Lancet vol. 2 pp. 514–516. 1978.

- TAO, P-K. e GUNSTONE, R. F. *The Process of Conceptual Change in Force and Motion during Computer-Supported Physics Instruction*. Journal of Research in Science Teaching, vol. 36. n°. 7, pp. 859-882. 1999.
- Turning Technologies. Disponível em: <http://www.turningtechnologies.com/>. Acesso em: 19 de janeiro de 2014.
- TURPEN, C., e FINKELSTEIN, N. *Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, vol. 5. n°. 2, pp. 1-18. 2009.
- TURPEN, C., FINKELSTEIN, N. D., HSU, L., et al. *Understanding How Physics Faculty Use Peer Instruction*. AIP Conference Proceedings, pp. 204-207. 2007.
- WATKINS, E. P., SABELLA, M. S. *Examining the Effectiveness of Clickers on Promoting Learning by Tracking the Evolution of Student Responses*. Physics Education Research Conference, Edmonton, Canada. vol. 1064, pp. 223-226. of PER Conference. 2008.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman. 2001.
- ZHANG, P., e MAZUR, E. *Peer Instruction - 哈佛大学物理课程教学新方法* (Descrição de um novo método para o ensino de física em universidades – tradução livre). *中国大学教学* (Ensino em universidades chinesas – tradução livre), pp. 69-71. 2010.

APÊNDICE A

Roteiro para Entrevista Semiestruturada a Respeito do uso dos métodos IpC e EsM

- 1) Gostaria que comentasses um pouco sobre a tua experiência na disciplina (pontos positivos e negativos, o que achaste interessante, problemas, etc.).
- 2) Consideras que tenhas aprendido Física? Se sim, o que em tua opinião mais contribuiu (TLs, TRPs, as aulas, as demonstrações, as simulações, etc.?).
- 3) Em relação à tua dedicação para a disciplina, consideras que tenhas te dedicado? Quanto?
- 4) Procurando destacar os aspectos positivos e negativos que te ocorrem, qual a tua opinião sobre:
 - a. as tarefas de leitura?
 - b. as questões conceituais em sala de aula?
 - c. os trabalhos em grupo?
 - d. as simulações computacionais?
 - e. as demonstrações experimentais?
 - f. as aulas expositivas do professor?
 - g. o tempo para a realização das atividades?
 - h. o livro texto utilizado?
 - i. as aulas sobre a unidade de Faraday-Lenz?
- 5) Tem algum aspecto que gostarias de mencionar e que ainda não foi perguntado?

APÊNDICE B

Questões Conceituais utilizadas parcialmente no Estudo 1 e integralmente no Estudo 3.

As questões aqui apresentadas foram traduzidas do banco de questões de Mazur e colaboradores (presente em <https://galileo.harvard.edu>), exceto para as questões 67 a 71 que levam a citação consigo.

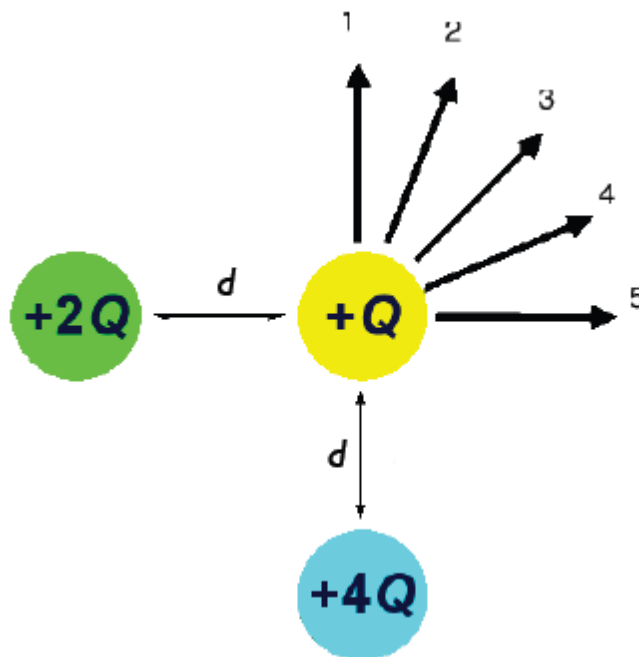
- 1) Três bolinhas leves feitas de um material não condutor estão suspensas por um fio isolante. Vários objetos são esfregados uns contra os outros (nylon e seda, vidro e polyester etc.). Em seguida, cada bolinha é posta em contato com um desses objetos e em seguida afastada. Após, se as bolinhas 1 e 2 se repelem, e 2 e 3 também, podemos concluir:
 - a) 1 e 3 estão carregadas com cargas de sinais opostos
 - b) 1 e 3 estão carregadas com cargas de mesmo sinal
 - c) as três bolinhas portam cargas de mesmo sinal
 - d) uma das bolinhas não está carregada
 - e) precisamos realizar mais experimentos para determinar o sinal das cargas

- 2) Três bolinhas leves feitas de um material não condutor estão suspensas por um fio isolante. Vários objetos são esfregados uns contra os outros (nylon e seda, vidro e polyester etc.). Em seguida, cada bolinha é posta em contato com um desses objetos e em seguida afastada. Após, se as bolinhas 1 e 2 se **atraem**, e 2 e 3 também, podemos concluir:
 - a) 1 e 3 estão carregadas com cargas de sinais opostos
 - b) 1 e 3 estão carregadas com cargas de mesmo sinal
 - c) as três bolinhas portam cargas de mesmo sinal
 - d) uma das bolinhas não está carregada
 - e) precisamos realizar mais experimentos para determinar o sinal das cargas

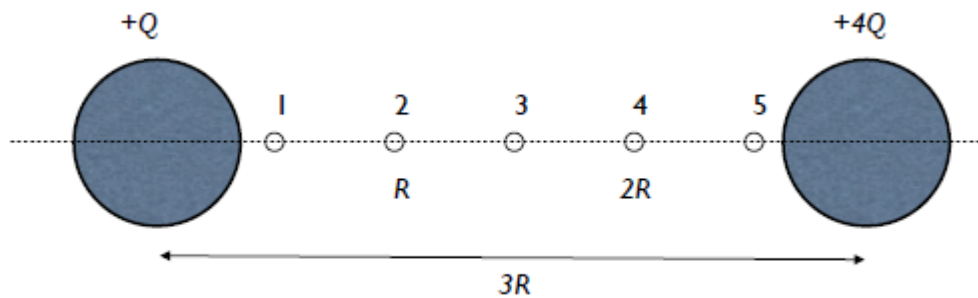
- 3) Uma esfera condutora, inicialmente neutra está sobre uma base isolante. Um bastão de vidro carregado negativamente é colocado próximo a ela, mas sem a tocar. Sem alterar essa configuração, uma extremidade de um fio condutor é conectada à esfera e a outra ponta é conectada ao solo. Se o bastão e o fio forem removidos simultaneamente, qual será a carga final da esfera?

- a) negativa
- b) positiva
- c) neutra
- d) 50% de chance de ser positiva e 50% de chance de ser negativa
- e) é preciso mais informações para determinar

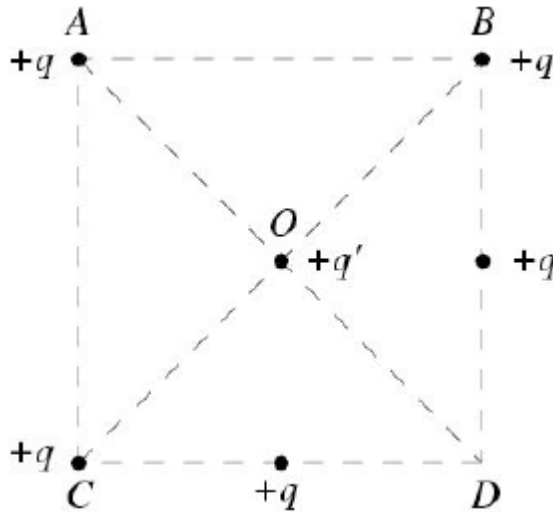
4) Quais das opções (1-5) mostradas na figura, representa melhor a orientação da resultante das forças sobre a carga $+Q$?



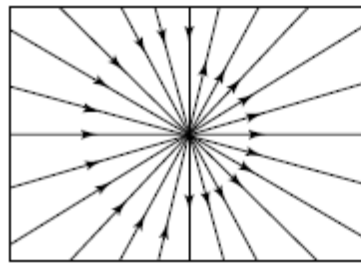
5) Duas esferas com cargas $+Q$ e $+4Q$ estão separadas por uma distância $3R$. Em que posição, mostrada na figura, você poderia colocar uma partícula com carga $+Q$ de forma que a resultante das forças sobre ela seja nula?



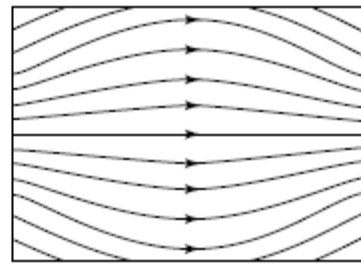
- 6) Cinco partículas com cargas iguais ($+q$) são fixadas conforme mostra a figura abaixo. Se uma sexta carga ($+q'$) for fixada na origem (O), qual será a orientação da resultante das forças elétricas sobre ela?



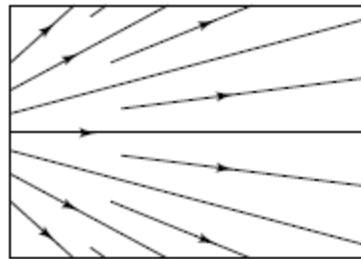
- a) O-A
b) O-B
c) O-C
d) O-D
e) nenhuma das opções acima
- 7) Lhe foi fornecida uma “partícula de teste” para mapear o campo elétrico produzido por um determinado objeto carregado. Para fazê-lo corretamente, você precisa saber:
- a) A magnitude e o sinal da carga da partícula de teste
b) A magnitude e o sinal da carga no objeto
c) Ambos itens acima
d) Somente o sinal da carga da partícula de teste
e) nenhuma das opções acima
- 8) Considere os quatro padrões de campo abaixo. Assumindo que não existem cargas elétricas nas regiões mostradas, qual(is) dele(s) representa(m) um possível campo eletrostático?



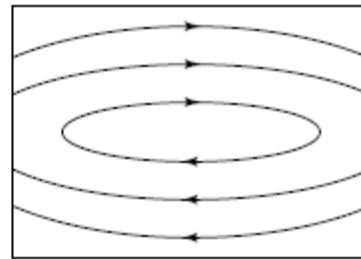
(a)



(b)



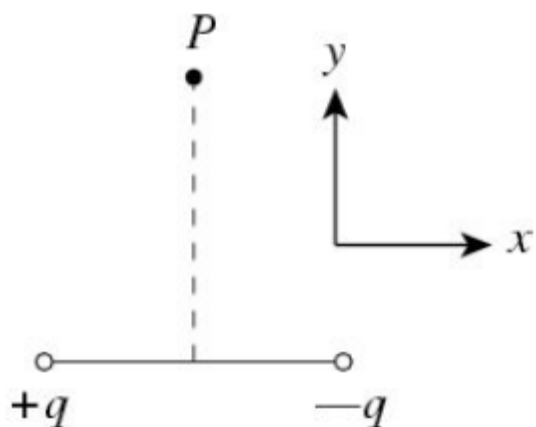
(c)



(d)

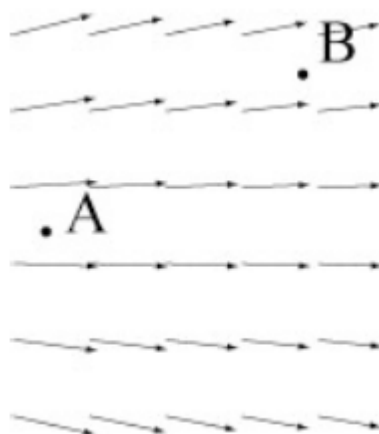
- a) (a)
- b) (b)
- c) (b) e (c)
- d) (a) e (c)
- e) (b) e (c)
- f) outra combinação
- g) nenhuma das opções acima

9) A figura abaixo mostra uma configuração de dipólo elétrico. O campo elétrico no ponto P está orientado para



- a) $+x$
- b) $-x$
- c) $+y$
- d) $-y$
- e) outra orientação não mencionada acima
- f) O campo elétrico no ponto P é nulo.

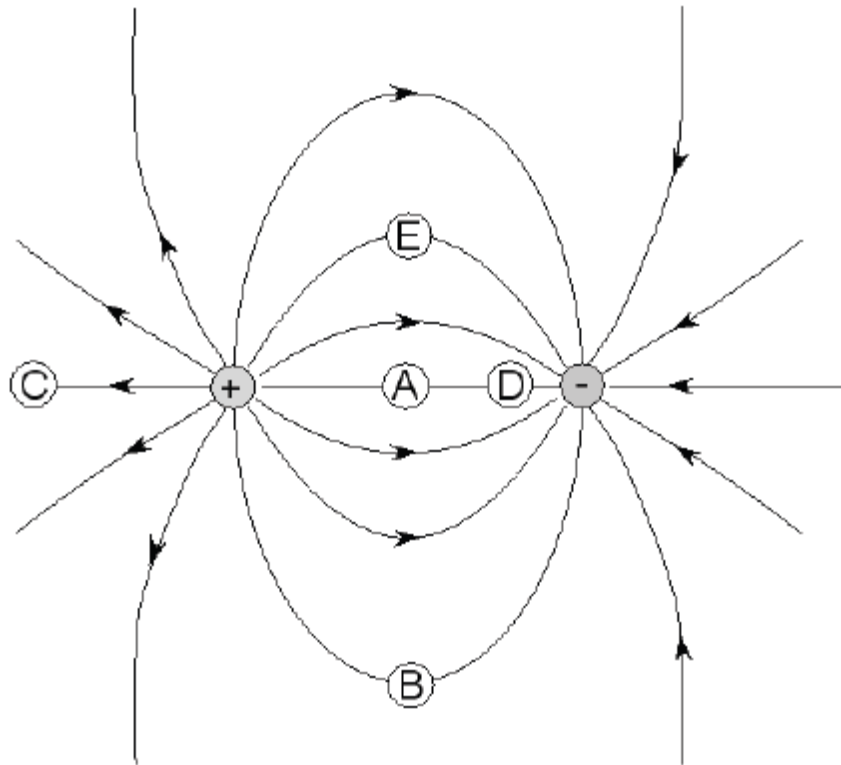
10) Duas partículas idênticas e com mesma carga são colocadas nos pontos A e B em uma região com um campo eletrostático presente, como mostra a figura abaixo. Qual das partículas experimentará maior aceleração?



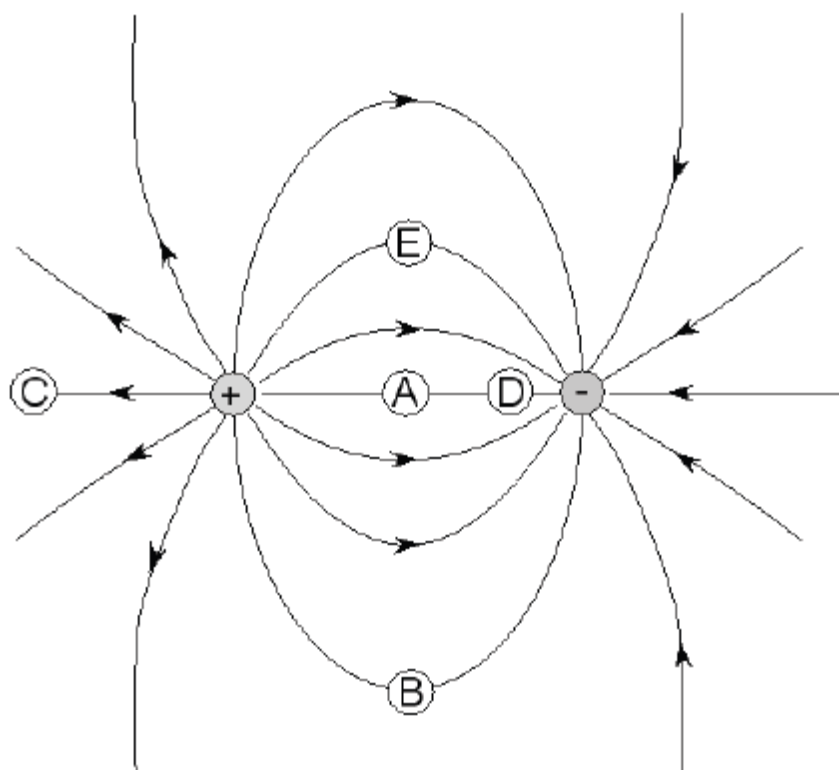
- a) Ambas experimentarão a mesma aceleração, pois possuem cargas iguais
- b) a partícula no ponto A

- c) a partícula no ponto B
- d) Impossível de determinar sem saber o sinal das cargas

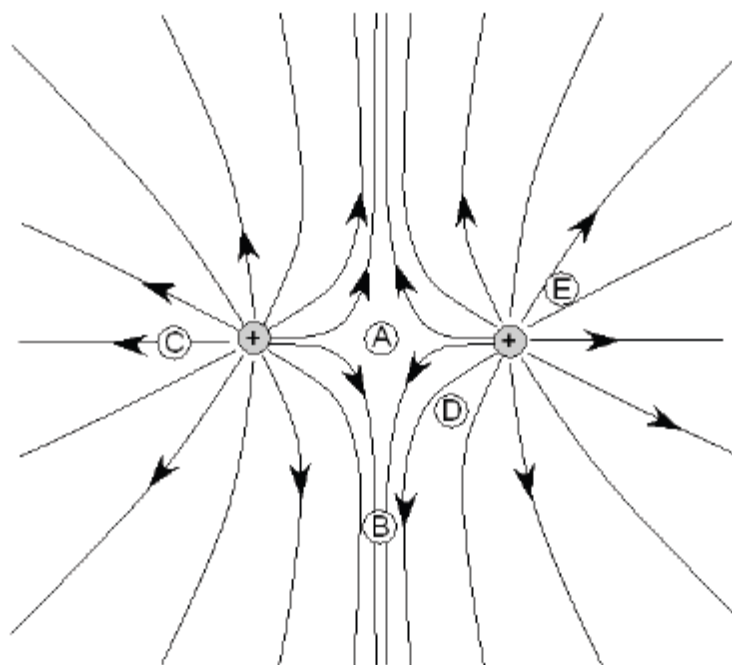
11) Em qual dos pontos abaixo o campo elétrico é mais intenso?



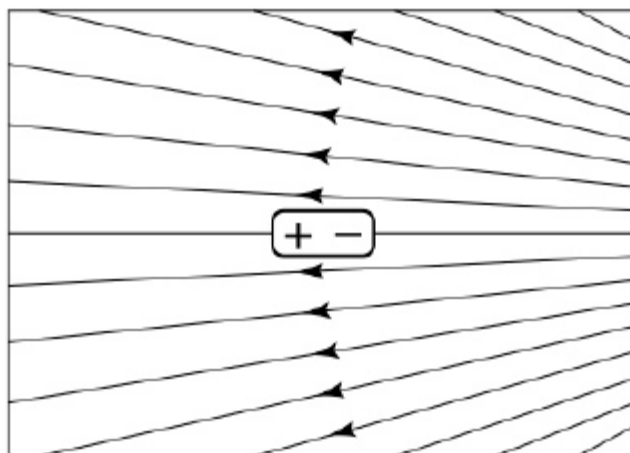
12) Em qual dos pontos abaixo o campo elétrico é menos intenso?



13) Em qual dos pontos abaixo o campo elétrico é mais intenso?

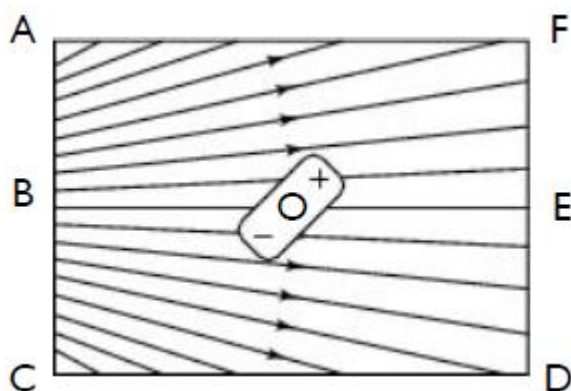


14) Considere um dipolo em um campo elétrico externo, conforme a figura abaixo. Em que direção o dipolo acelera?



- a) não acelera
- b) apenas gira em torno do centro de massa, sem acelerar
- c) acelera da esquerda para a direita
- d) acelera da direita para a esquerda
- e) nenhuma das opções acima

15) Considere um dipolo em um campo elétrico externo, conforme a figura abaixo. Qual das opções abaixo melhor representa a orientação da resultante das forças eletrostáticas sobre o dipolo?



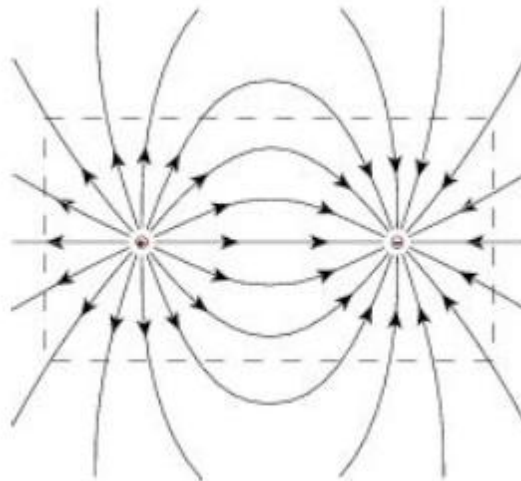
- a) OA
- b) OB
- c) OC
- d) OD
- e) OE

- f) OF
- g) outra orientação não englobada pelas anteriores

16) Um objeto neutro sofre a ação de uma força resultante em um campo elétrico?

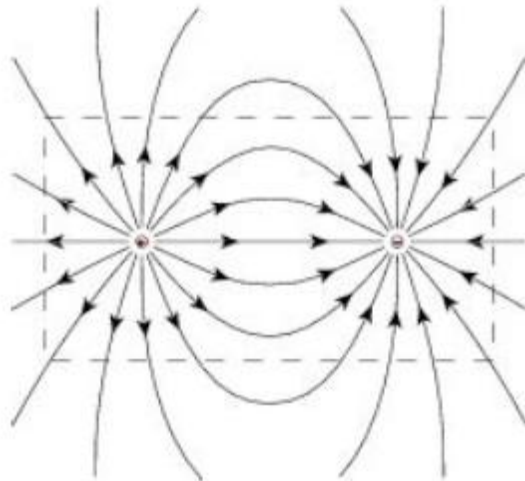
- a) não
- b) somente em um campo uniforme
- c) somente em um campo nãouniforme
- d) sim, pois o campo polariza o objeto

17) Considere uma superfície gaussiana retangular envolvendo um dipolo elétrico. Do terminal positivo saem 16 linhas de campo. Movendo a gaussiana para qualquer região no plano, o fluxo de linhas através dela pode ser:



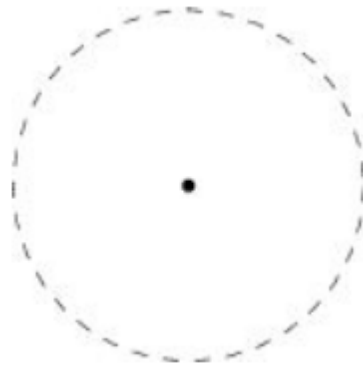
- a) permanece sempre zero
- b) -32 ou +32
- c) -16 ou +16
- d) -16, zero, +16
- e) nenhuma das opções acima

18) Considere uma superfície gaussiana retangular envolvendo um dipolo elétrico. Se substituirmos a carga negativa do dipolo por uma carga positiva de mesma magnitude, o fluxo através da gaussiana será:



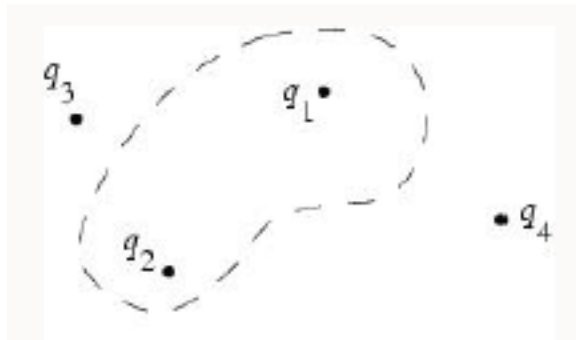
- a) o dobro
- b) zero
- c) diferente de zero
- d) nenhuma das opções acima

19) Considere uma partícula carregada no centro de uma superfície gaussiana esférica. Se a partícula é movimentada para outro ponto dentro da gaussiana, o que mudará?



- a) o campo elétrico na superfície e o fluxo através da gaussiana
- b) somente o campo elétrico na superfície
- c) somente o fluxo através da gaussiana
- d) nada muda, pois a carga líquida é a mesma no interior da gaussiana.
- e) nenhuma das opções acima

20) Considere que as quatro partículas carregadas ilustradas abaixo. Imagine uma superfície Gaussiana englobando duas das quatro partículas (q_1 e q_2).



Quais partículas carregadas contribuem para o fluxo do campo elétrico na superfície gaussiana?

- a) Só q_1 e q_2
- b) Só q_3 e q_4
- c) Todas as quatro contribuem
- d) Alguma outra combinação de partículas
- e) O número de partículas carregadas que contribuem dependem da forma da superfície gaussiana

21) Considere um par de esferas metálicas carregadas conectadas por um longo e fino fio condutor. O raio da esfera A é maior do que da esfera B. Comparada com a carga na esfera B, a carga na esfera A é:



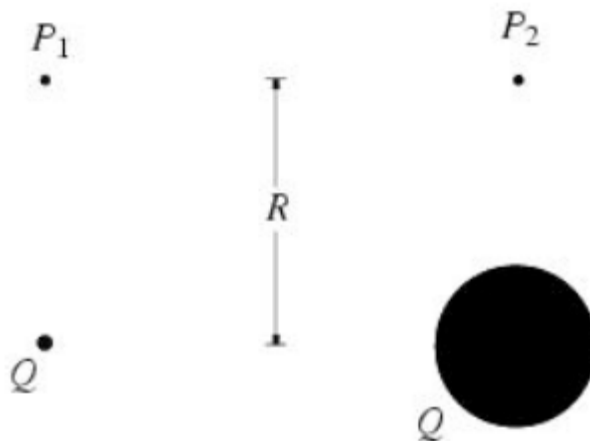
- a) maior
- b) a mesma
- c) menor

22) Considere um par de esferas metálicas carregadas conectadas por um longo e fino fio condutor. O raio da esfera A é maior do que da esfera B. Comparada com a densidade superficial de cargas da esfera B, a densidade superf. de cargas na esfera A é:



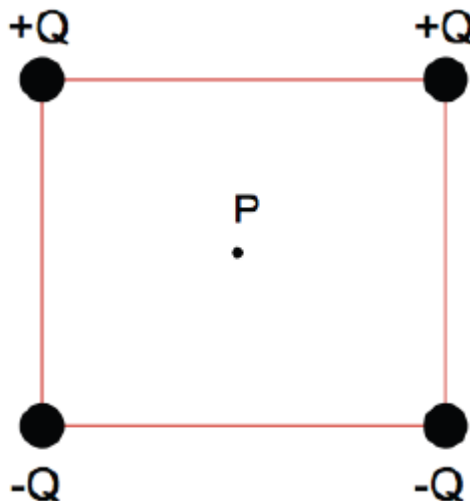
- a) maior
- b) a mesma
- c) menor

23) Considere um ponto P1 a uma distância R de uma carga pontual Q e um ponto P2 a uma distância R do centro de uma esfera de metal de raio $r < R$ com carga Q. Se escolhêssemos $V(\infty) = 0$ para ambos os sistemas, qual dos dois pontos, P1 e P2, teria um potencial elétrico maior?



- a) P1
- b) P2
- c) ambos tem o mesmo potencial elétrico

- d) a respostas somente pode ser determinada integrando o potencial sobre a superfície carregada
- 24) Um campo elétrico uniforme está orientado no sentido negativo do eixo x . Se uma partícula carregada fosse deslocada no sentido positivo de x , a energia total do sistema:
- a) aumentaria
 - b) diminuiria
 - c) permaneceria a mesma
 - d) é necessário mais informações para definir
- 25) Dois elétrons estão separados por uma distância R . Se a distância entre eles for duplicada, o que acontecerá com a energia elétrica potencial total do sistema?
- a) aumentará 4 vezes seu valor inicial
 - b) duplicará
 - c) permanecerá a mesma
 - d) cairá pela metade
 - e) será $1/4$ de seu valor inicial
- 26) Qual o valor do campo elétrico e do potencial elétrico no ponto P ?

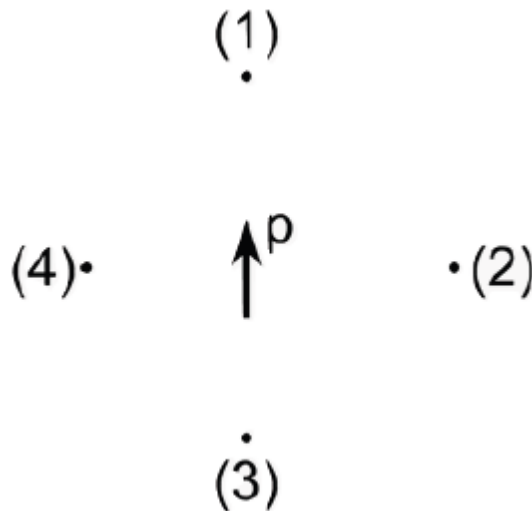


- a) ambos são zero
- b) diferente de zero; zero
- c) ambos são diferentes de zero
- d) zero; diferente de zero

27) Um campo elétrico uniforme está orientado no sentido negativo do eixo x . Se uma partícula carregada fosse deslocada no sentido positivo de x , a energia total do sistema:

- a) aumentaria
- b) diminuiria
- c) permaneceria a mesma
- d) é necessário mais informações para definir

28) A figura abaixo mostra quatro pontos ao redor de um dipolo elétrico. Qual das seguintes expressões melhor classifica o potencial elétrico para os quatro pontos?



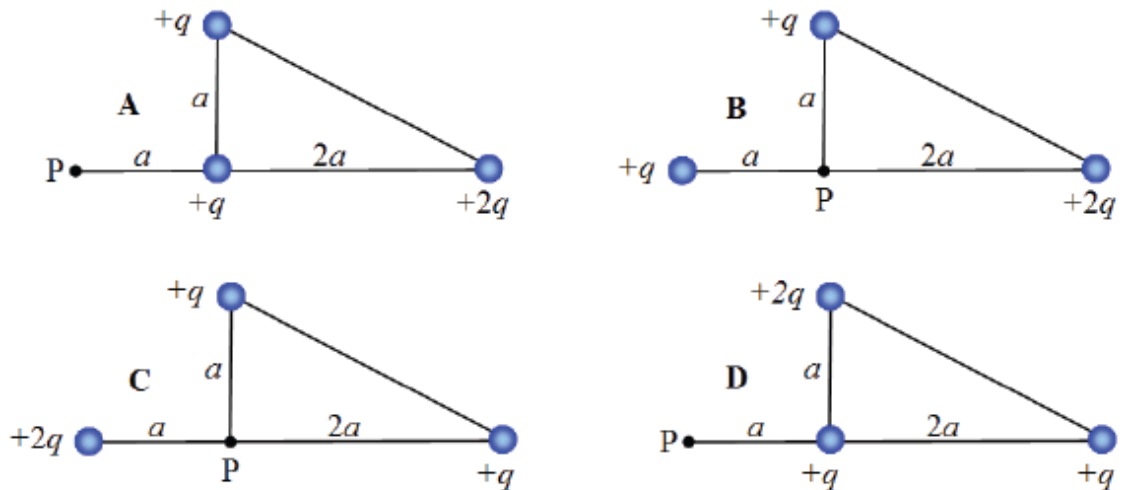
- a) $1 > 2 > 3 > 4$
- b) $1 > 2 = 4 > 3$
- c) $3 = 2 = 4 = 1$
- d) $3 > 2 = 4 > 1$
- e) $2 = 4 > 1 = 3$

29) Dois elétrons estão separados por uma distância R . Se a distância entre eles for duplicada, o que acontecerá com a energia elétrica potencial total do sistema?

- a) aumentará 4 vezes seu valor inicial
- b) duplicará
- c) permanecerá a mesma

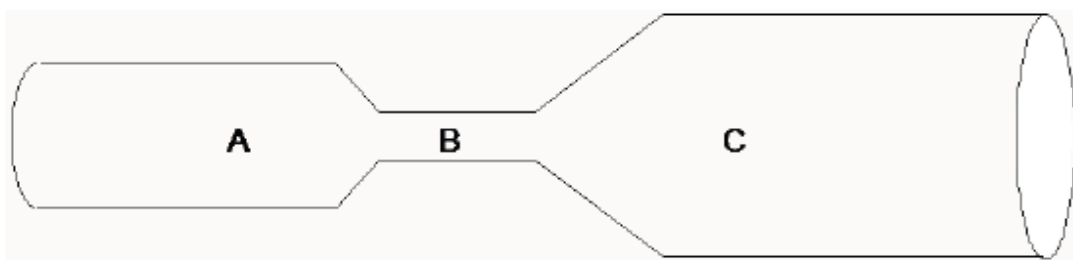
- d) cairá pela metade
- e) será 1/4 de seu valor inicial

30) Considere os quadros arranjos (A-D) para três cargas pontuais. Em ordem decrescente qual das opções abaixo melhor expressa o potencial elétrico total para cada arranjo:



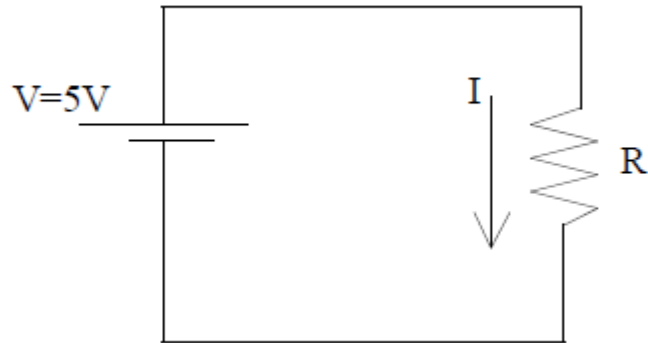
- a) $V_A > V_D > V_C > V_B$
- b) $V_C > V_B > V_D > V_A$
- c) $V_C > V_D > V_A > V_B$
- d) $V_B > V_C > V_B > V_A$
- e) $V_D > V_B > V_A > V_C$

31) Um cilindro de cobre foi usinado para ter a forma abaixo. As extremidades estão conectadas a uma bateria. Em que região a condutividade elétrica é maior?



- d) é a mesma em todo o objeto

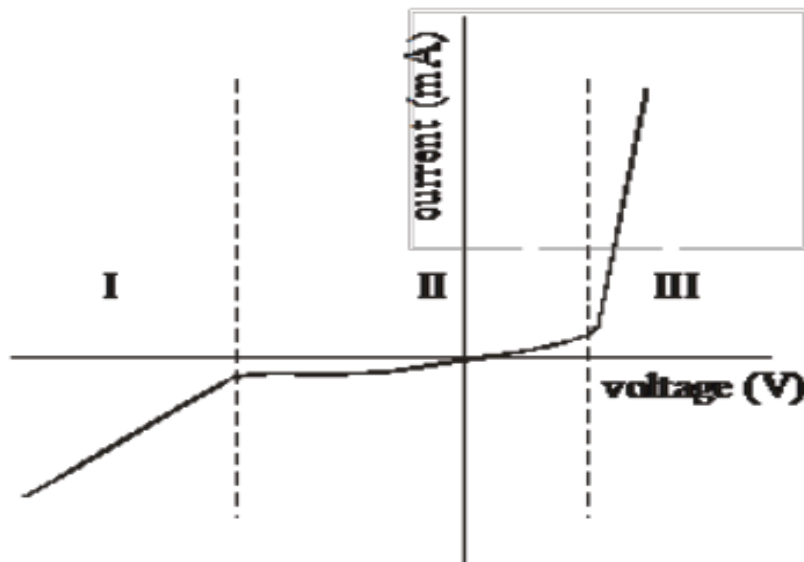
- 34) Uma lâmpada com resistência R foi conectada a uma bateria que fornece uma ddp constante V . Assim que a lâmpada acende, o filamento aquece rapidamente. Considerando a lâmpada como um resistor não-ohmico, o que acontece o que ocorrerá com a corrente I ?



- a) aumentará
b) diminuirá
c) permanecerá a mesma
d) é necessário maiores informações para responder
- 35) Um fio de resistência R é espichado uniformemente até que tenha duas vezes seu tamanho original. O que acontecerá com sua resistência elétrica?
- a) permanecerá a mesma
b) irá dobrar
c) irá quadruplicar
d) irá cair pela metade
e) nenhuma das alternativas anteriores
- 36) Qual(is) da(s) seguintes afirmações se mantêm verdadeira(s), considerando o interior de um material condutor, quando uma diferença de potencial é mantida constante entre suas extremidades?
- (a) Um campo elétrico acelera os elétrons, aumentando suas velocidades
(b) Elétrons movem-se com velocidade média constante
(c) Não existem cargas se movendo no interior de um condutor, apenas em sua superfície

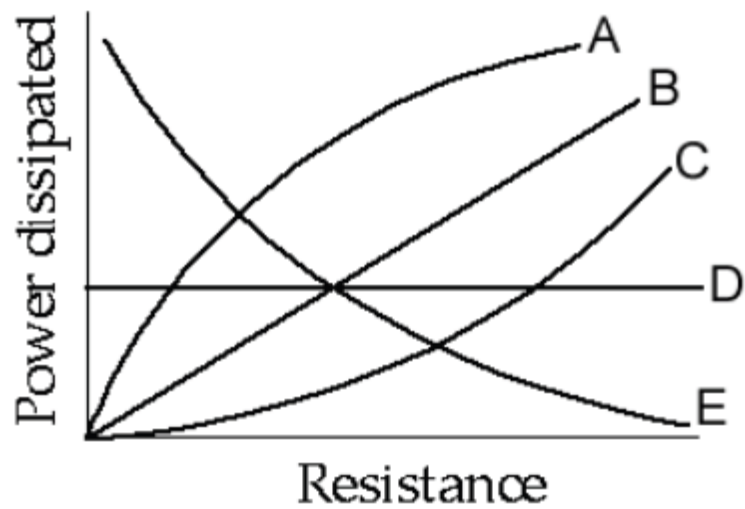
- a) somente (a) é verdadeira
- b) somente (b) é verdadeira
- c) somente (c) é verdadeira
- d) (a), (b) e (c) são verdadeiras
- e) nenhuma das alternativas anteriores

37) O diagrama mostra a corrente elétrica versus a diferença de potencial entre as extremidades de um diodo. A região do diagrama que apresenta a menor resistência elétrica é:

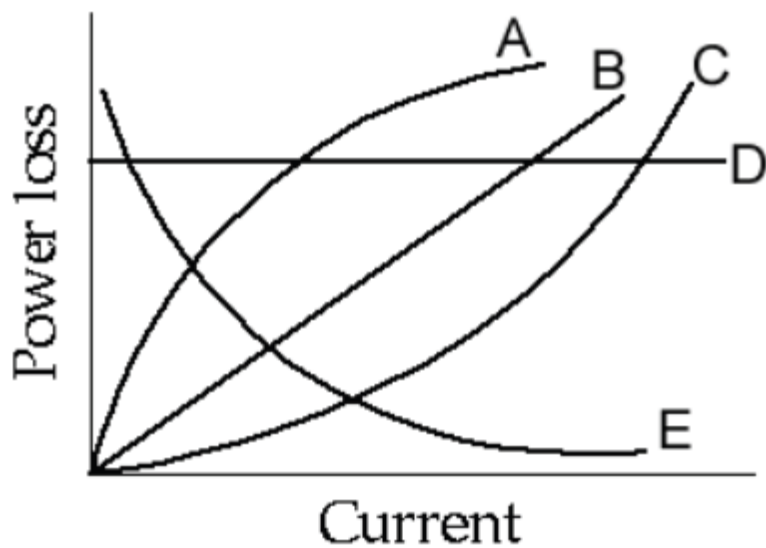


- a) I
- b) II
- c) III

38) Um resistor variável é conectado através dos terminais de uma bateria. Qual das curvas abaixo melhor representa a potência dissipada pelo resistor em função da magnitude da resistência elétrica?



39) Qual curva melhor representa a potência dissipada em um resistor como função da corrente elétrica que o atravessa?

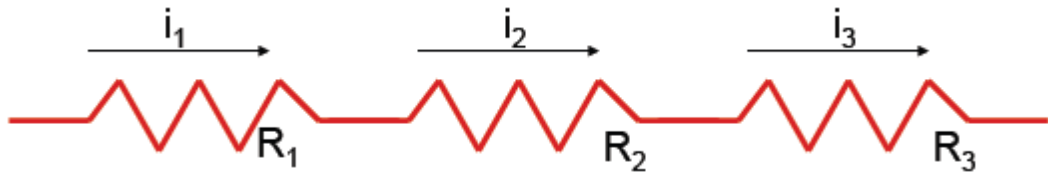


40) Um arame é usado como um resistor em um aquecedor elétrico. Quando um corrente i atravessa o arame, a energia dissipada pelo aquecedor seja E a cada minuto, supondo que dentro da faixa de operação do aparelho sua resistência elétrica não varie com a temperatura, qual a intensidade de corrente elétrica necessária para a energia dissipada pelo aquecedor seja $4E$ por minuto?

- a) $2i$
- b) $4i$

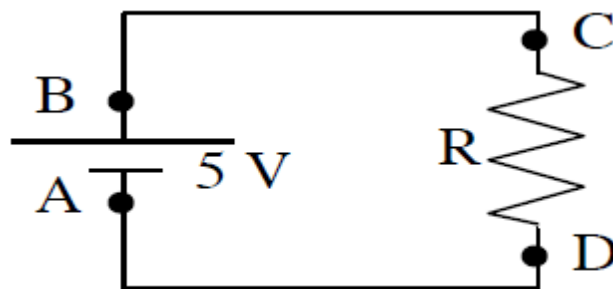
- c) $0,5i$
- d) $0,25i$
- e) $8i$

41) Sendo $R_1 = 5$ ohms, $R_2 = 10$ ohms, $R_3 = 20$ ohms e $i_1 = 5$ A, quais serão os valores para i_2 e i_3 ?



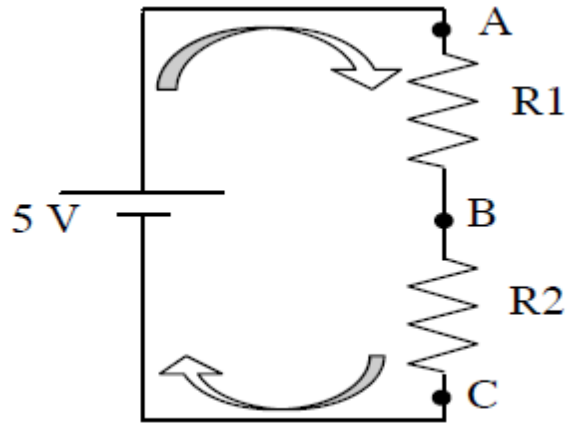
- a) $i_2 = 10$ A, $i_3 = 20$ A
- b) $i_2 = 2,5$ A, $i_3 = 1,25$ A
- c) $i_2 = 1,25$ A, $i_3 = 0,30$ A
- d) $i_2 = 0$ A, $i_3 = 0,0$ A
- e) Nenhuma das alternativas anteriores

42) Dado o circuito abaixo e assumindo que o potencial elétrico no ponto A é zero volts, podemos dizer que os potenciais nos outros pontos indicados no circuito são:



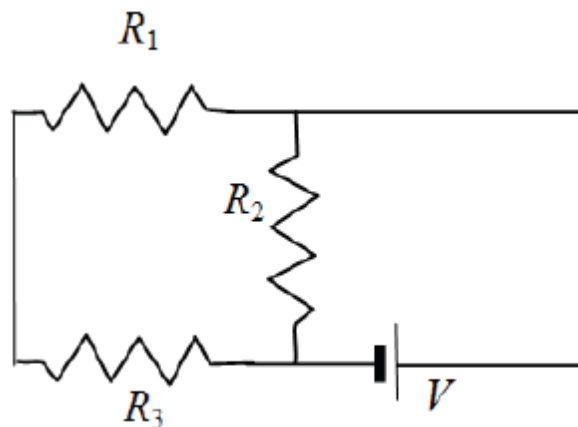
- a) $V_B = 0$, $V_C = 5$, $V_D = 0$
- b) $V_B = 5$, $V_C < 5$, $V_D > 0$
- c) $V_B = 5$, $V_C < 5$, $V_D = 0$
- d) $V_B = 5$, $V_C = 5$, $V_D = 0$
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

43) Para o circuito abaixo, o que você pode dizer sobre a intensidade da corrente elétrica passando pelos pontos A e C? Os resistores R_1 e R_2 não possuem a mesma resistência elétrica.



- a) $I_A = I_C$
- b) $I_A > I_C$
- c) $I_A < I_C$
- d) É preciso mais informações para responder

44) No circuito abaixo os três resistores são idênticos. Qual das alternativas melhor representa a relação entre as correntes elétricas que os atravessam?

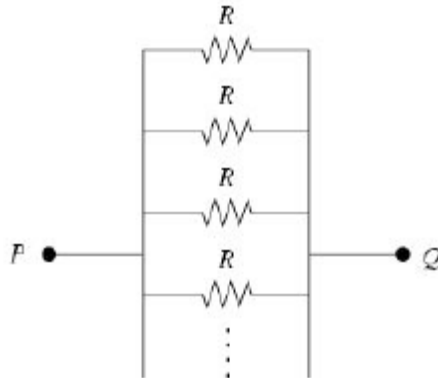


- a) $i_3 < i_1$
- b) $i_3 = i_1$

c) $i_3 > i_1$

d) É preciso conhecer a corrente em i_2 para poder comparar i_1 e i_3 .

45) Conforme mais resistores idênticos R forem acrescentados no circuito abaixo, a resistência elétrica entre os pontos P e Q irá:



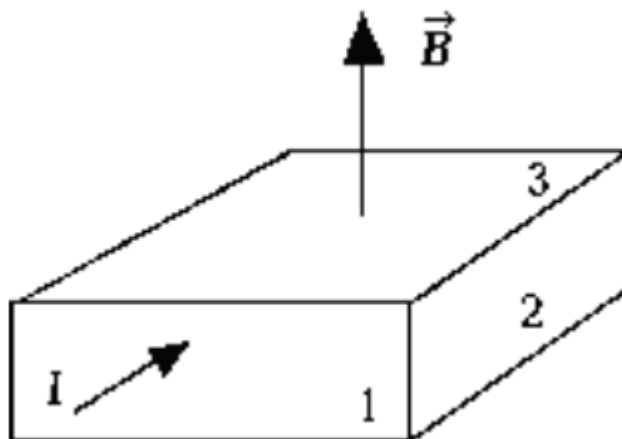
a) aumentar

b) diminuir

c) permanecerá a mesma

d) são necessárias informações adicionais para completar a afirmação.

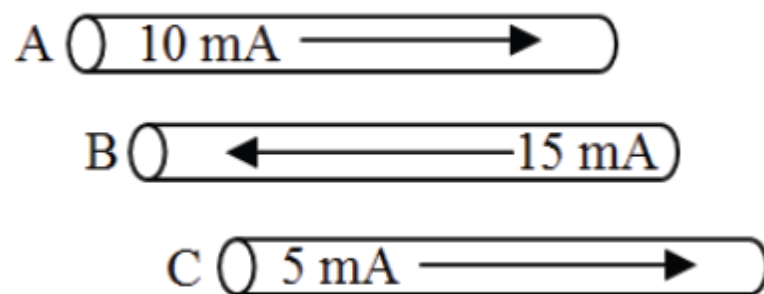
46) Uma tira retangular de alumínio está portando corrente elétrica numa região com campo magnético uniforme, conforme mostra a figura. Onde se acumularão as cargas positivas



a) superfície 1

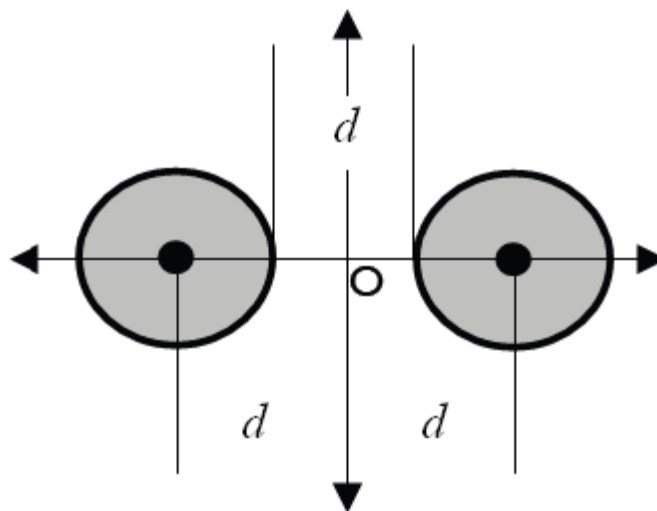
- b) superfície 2
- c) superfície 3
- d) na superfície oposta a 2
- e) nenhuma das alternativas acima

47) Ordene os fios de acordo com a intensidade da resultante das forças magnéticas atuando sobre eles. Suponha que são fios bastante longos e que apenas parte deles está sendo mostrada na figura.



- a) $A > B > C$
- b) $B > A > C$
- c) $C > B > A$
- d) $A > C > B$
- e) $B > C > A$

48) A figura abaixo mostra dois fios longos e paralelos, conduzindo uma corrente i em sua direção. Quais das seguintes alternativas representa a magnitude do campo magnético resultante na origem (O)?



- a) $\frac{\mu_0 i}{2d}$
- b) $\frac{\mu_0 i}{\sqrt{2}d}$
- c) $\frac{\mu_0 i}{2\pi d}$
- d) $\frac{\mu_0 i}{\pi d}$
- e) zero tesla
- f) É necessário mais informações para responder

49) A lei de Ampère é válida...

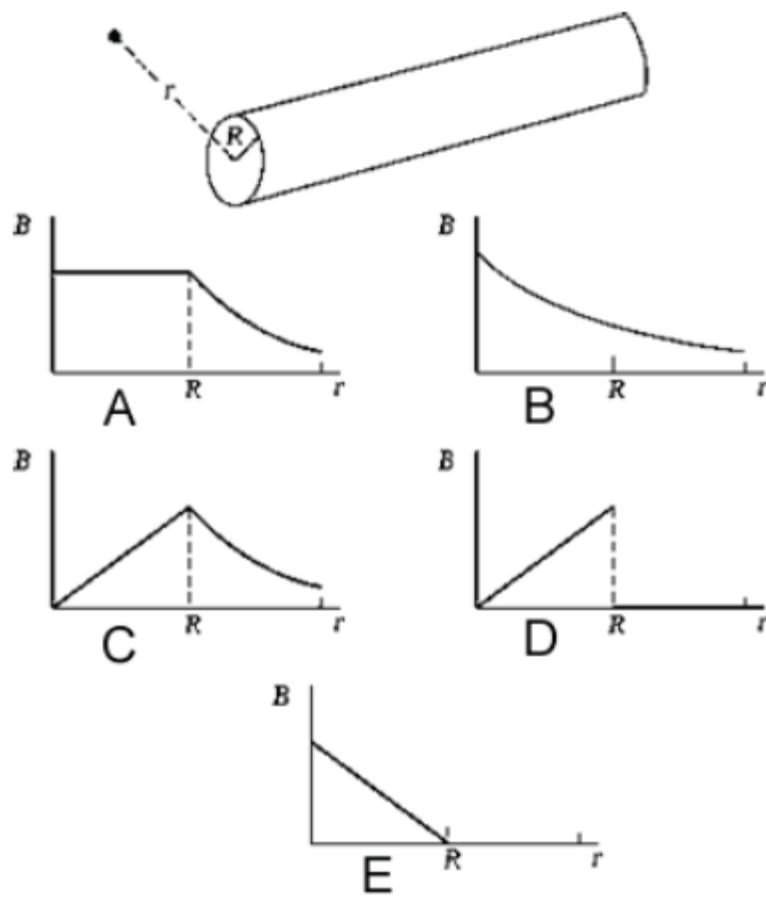
- a) quando existe um alto grau de simetria das linhas de campo magnético
- b) quando não existe simetria das linhas de campo magnético
- c) quando a(s) corrente(s) elétrica(s) é/são constante(s)
- d) quando o campo magnético é constante
- e) todas as opções acima
- f) nenhuma das opções acima
- g) para opções a); c) e d)

50) Considere o campo magnético uniforme mostrado na figura abaixo. Partindo do ponto P, sem deixar a região com campo magnético, é possível escolher um caminho fechado para o qual a integral de linha do campo magnético seja diferente de zero?

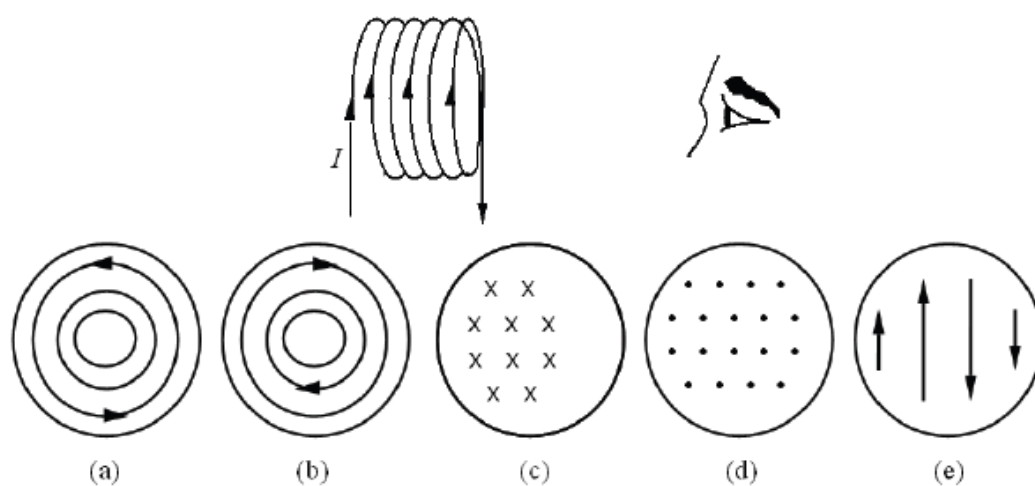


- a) sim, mas somente para valores positivos da integral
- b) sim, mas somente para valores negativos da integral
- c) sim, pois o sentido do percurso integrativo é arbitrário
- d) não.

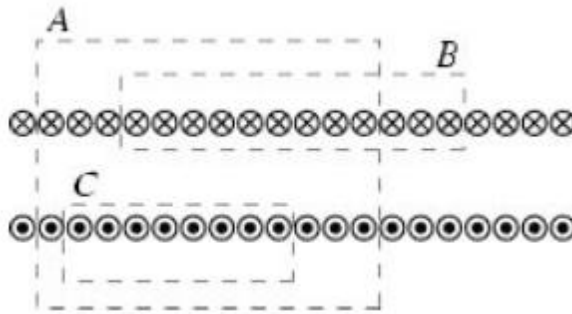
51) Qual dos gráficos ao lado melhor representam $B(r)$, se $J=cte$?



52) Um solenóide conduz uma corrente I conforme mostra a figura. Se um observador pudesse “ver” o campo magnético no interior do solenóide, como ele pareceria?

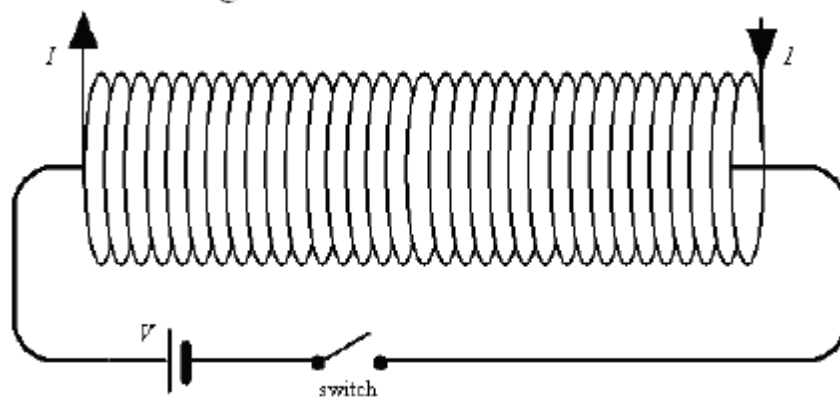


53) Considere os três laços amperianos A, B e C na figura abaixo, interseccionando um longo solenóide que porta uma corrente i . Para qual dos três a circulação do campo magnético é maior?



- a) A
- b) B
- c) C
- d) $A = B < C$
- e) $A = B > C$

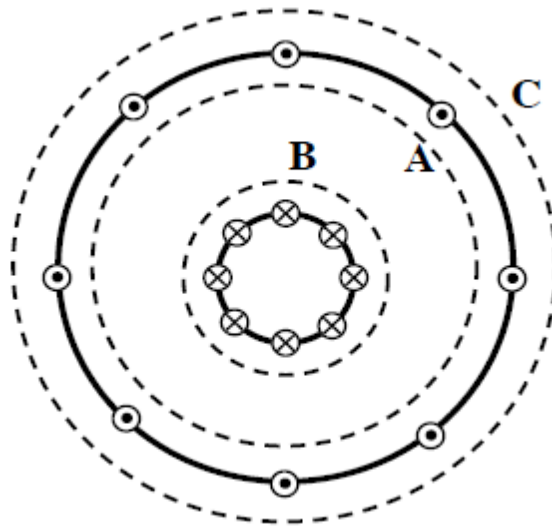
54) Um fio, conectado a uma bateria e a uma chave, passa através do centro de um longo solenóide conduzindo corrente. Quando a chave é fechada e passa corrente também pelo fio, o que acontece com a parte dele que está no interior do solenóide?



- a) é empurrada para baixo
- b) é empurrada para cima
- c) é empurrada para a esquerda

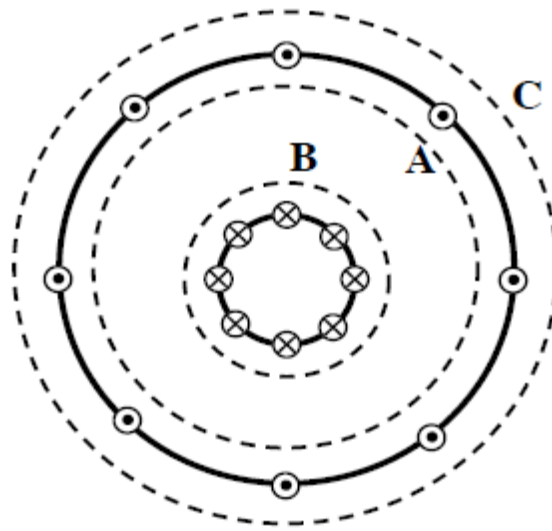
- d) é empurrada para a direita
- e) é empurrada em uma direção diferente das mencionadas acima
- f) não é empurrado para direção alguma

55) Uma bobina toroidal tem um número N de voltas e conduz um corrente I . A direção da corrente é mostrada na figura. Três laços amperianos (A, B e C) são mostrados. Para qual laço a corrente envolvida é maior?



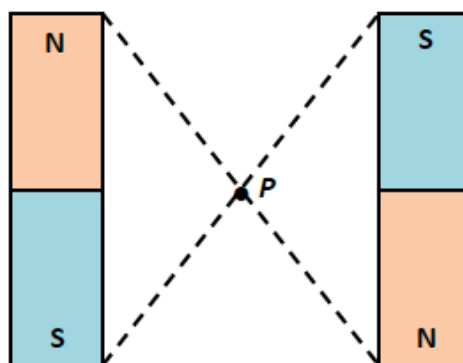
- a) A
- b) B
- c) C
- d) $A = B < C$
- e) $A = B > C$

56) Uma bobina toroidal tem um número N de voltas e conduz um corrente I . A direção da corrente é mostrada na figura. Três laços amperianos (A, B e C) são mostrados. Para qual laço a magnitude campo magnético é maior?



- a) A
- b) B
- c) C
- d) $A = B < C$
- e) $A = B > C$

57) Dois ímãs idênticos, em forma de barra, são fixados paralelamente.

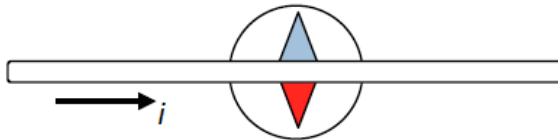


No ponto médio P, equidistante dos dois ímãs, como mostra a figura, o vetor indução magnética deve ser representado pelo vetor:

- a) \rightarrow
- b) \leftarrow
- c) \uparrow

- d) ↓
- e) nulo

58) A figura abaixo representa uma vista superior de um fio retilíneo, horizontal, conduzindo corrente elétrica i no sentido indicado. Uma bússola, que foi colocada abaixo do fio, orientou-se na direção perpendicular a ele, conforme indica a figura.



Imagine, agora que se deseje, sem mover a bússola, fazer sua agulha inverter a orientação indicada na figura. Para obter esse efeito, considere os seguintes procedimentos.

- I. Inverte o sentido da corrente elétrica i , mantendo o fio na posição em que se encontra na figura.
- II. Efetuar a translação do fio para uma posição abaixo da bússola, mantendo a corrente elétrica i no sentido indicado na figura.
- III. Efetuar a translação do fio para uma posição abaixo da bússola e, ao mesmo tempo, inverter o sentido da corrente elétrica i .

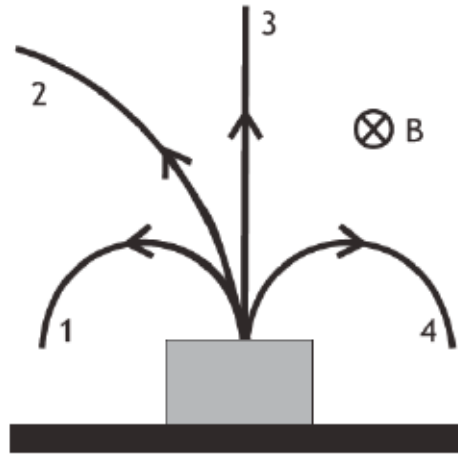
Desconsiderando-se a ação do campo magnético terrestre, quais desses procedimentos conduzem ao efeito desejado?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) I, II e III

59) A radioatividade é um fenômeno em que átomos com núcleos instáveis emitem partículas ou radiação eletromagnética para se estabilizarem uma configuração de menos energia.

O esquema abaixo ilustra as trajetórias das emissões radioativas α , β^+ , β^- e γ quando penetram em uma região do espaço onde existe um campo magnético uniforme \mathbf{B} que aponta

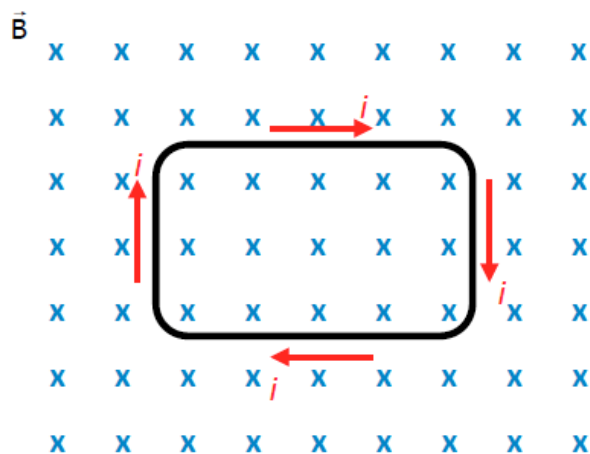
perpendicularmente para dentro da página. Essas trajetórias se acham numeradas de 1 a 4 na figura.



Sendo α um núcleo de hélio, β^+ um elétron de carga positiva (pósitron), β^- um elétron e γ um fóton de alta energia (não possui carga elétrica), assinale a alternativa que identifica corretamente os números correspondentes às trajetórias das referidas emissões, na ordem em que foram citadas

- a) I, II, IV, III
- b) II, I, IV, III
- c) III, IV, I, II
- d) IV, III, II, I
- e) I, II, III, IV

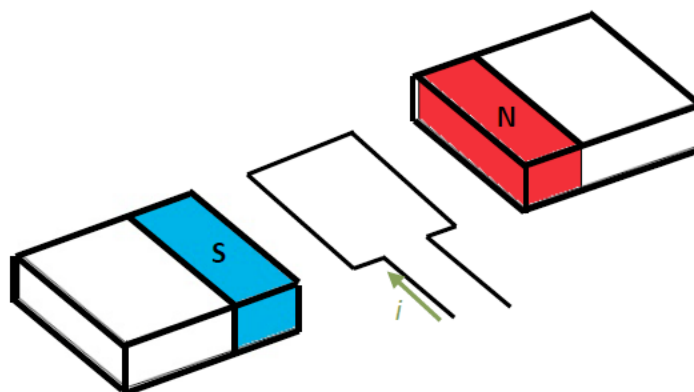
60) Uma espira metálica retângula está imersa em um campo magnético uniforme, conforme figura abaixo:



Quando a espira for percorrida por uma corrente elétrica de intensidade i , no sentido horário, as forças magnéticas que atuam sobre ela tenderão a produzir:

- a) Deslocamento de toda a espira para a esquerda.
- b) Movimento circular no sentido horário, através de um eixo vertical que passa pelo centro da espira.
- c) Alargamento da espira.
- d) Encolhimento da espira.

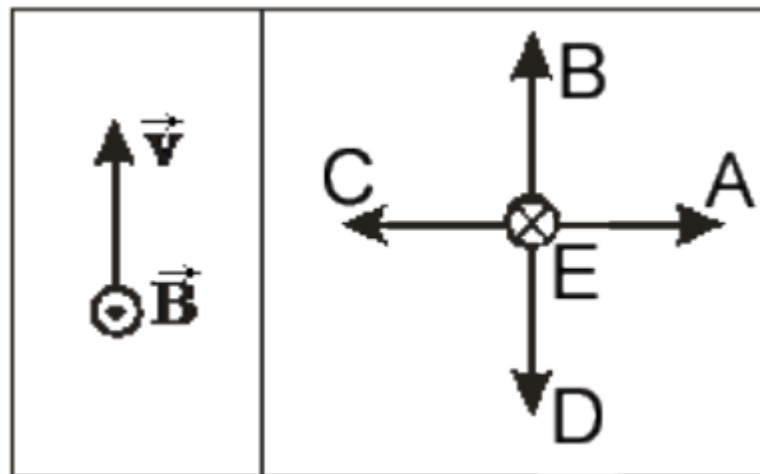
61) A figura abaixo mostra uma espira retangular, inicialmente em repouso, colocada entre dois ímãs em forma de barra.



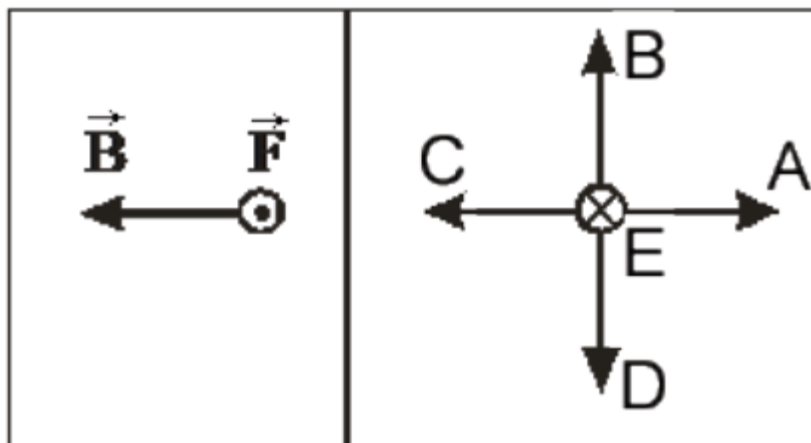
Quando corrente elétrica passar pela espira, no sentido indicado acima, podemos afirmar corretamente que:

- a) A força magnética sobre a espira será nula, porque o campo magnética está no mesmo plano da corrente elétrica.
- b) A força magnética que atua sobre a espira fará com que ela gire alternadamente, ora no sentido horário, ora no anti-horário.
- c) A força magnética que atua sobre a espira fará com que ela gire continuamente no sentido anti-horário.
- d) A força magnética que atua sobre a espira fará com que ela gire continuamente no sentido horário.

62) O diagrama abaixo mostra uma partícula carregada positivamente se movendo em um campo magnético. Qual das seguintes orientações melhor representa a orientação da força magnética que atua sobre a partícula?



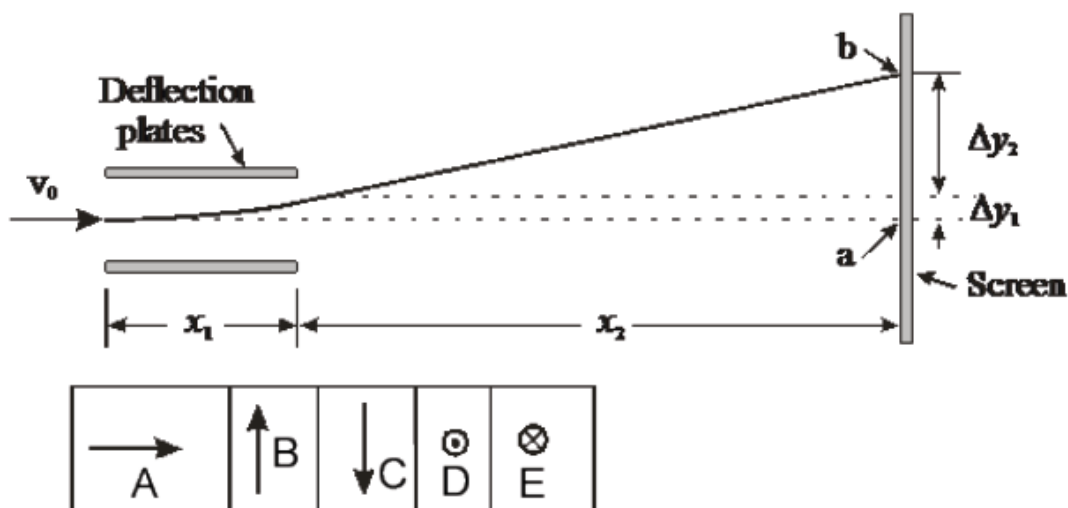
63) O diagrama abaixo mostra uma partícula carregada negativamente sob a ação e uma força magnética. Qual das seguintes orientações melhor representa a orientação da velocidade da partícula?



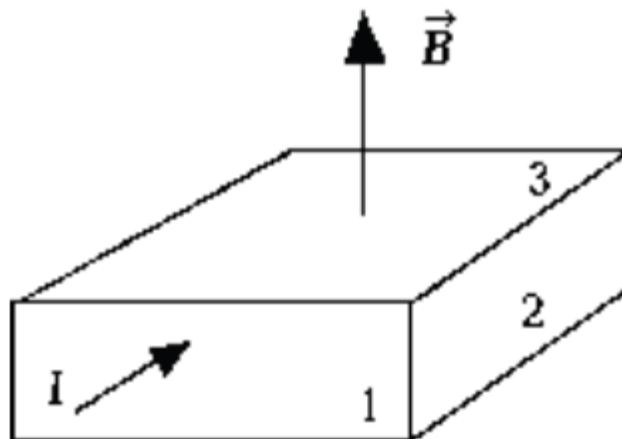
64) Um elétron move-se horizontalmente para leste no campo magnético da Terra, próximo ao equador. A orientação da força magnética sobre o elétron é:

- a) zero
- b) norte geográfico
- c) sul geográfico
- d) para cima
- e) para baixo

65) Que orientação deveria ter o campo magnético na região entre as placas defletoras para que os elétrons chegassem sem serem refletidos no ponto a na tela?

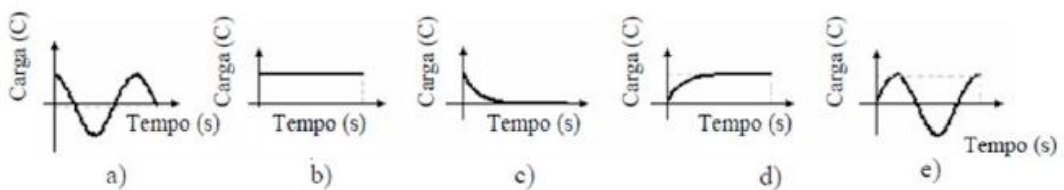
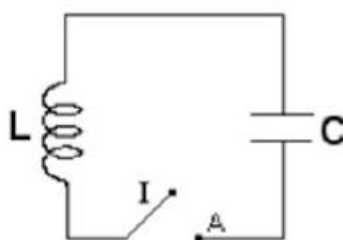


66) Uma tira retangular de alumínio está portando corrente elétrica numa região com campo magnético uniforme, conforme mostra a figura. Onde se acumularão as cargas positivas

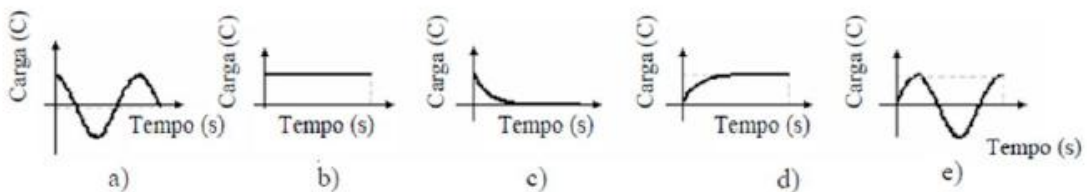
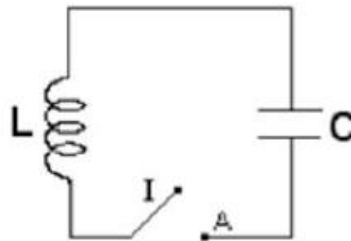


- a) superfície 1
- b) superfície 2
- c) superfície 3
- d) na superfície oposta a 2
- e) nenhuma das alternativas acima

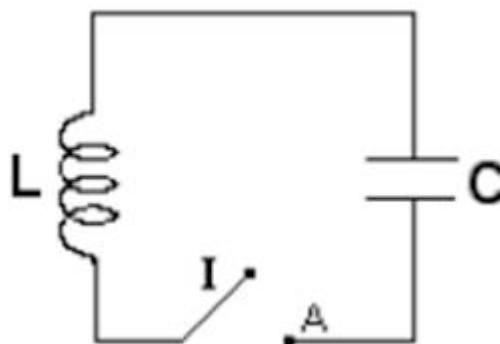
67) (DORNELES, 2005) O capacitor C está inicialmente carregado. Qual gráfico representa a quantidade de carga $Q(t)$ armazenada no capacitor em função do tempo, quando I é fechado na posição A?



68) (DORNELES, 2005) O capacitor C está inicialmente carregado. Qual gráfico poderia representar a corrente elétrica no circuito em função do tempo $i(t)$, quando I é fechado na posição A?

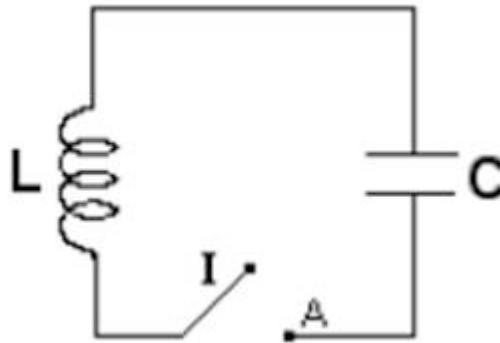


69) (DORNELES, 2005) Quando a quantidade de carga armazenada no capacitor C estiver diminuindo com o tempo, qual das alternativas melhor representa o comportamento do campo magnético (B) no indutor L ?



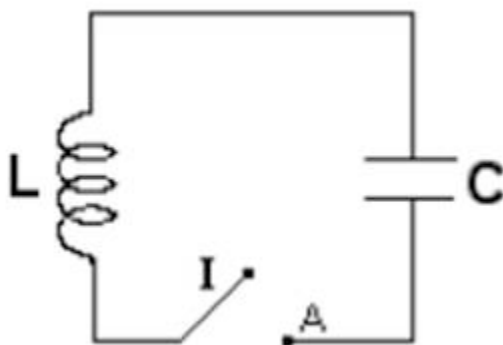
- a) Diminui com o tempo
- b) Aumenta com o tempo
- c) Mantém-se constante em um intervalo de tempo inicial e depois cresce com o tempo
- d) Mantém-se constante em um intervalo de tempo inicial e depois decresce com o tempo
- e) Mantém-se constante com o tempo

70) (DORNELES, 2005) Quando a intensidade da corrente elétrica no circuito estiver aumentando com o tempo, qual das alternativas melhor representa o comportamento do campo elétrico (E) entre as placas do capacitor C ?



- a) Mantém-se constante com o tempo
- b) Mantém-se constante em um intervalo de tempo inicial e depois decresce com o tempo
- c) Aumenta com o tempo
- d) Diminui com o tempo
- e) Mantém-se constante em um intervalo de tempo inicial e depois cresce com o tempo

71) (DORNELES, 2005) O capacitor C é removido do circuito mostrado na figura, em um instante de tempo em que o mesmo se encontra totalmente carregado, e mantido isolado. Pode-se afirmar que:



- a) O capacitor C se descarregará imediatamente
- b) O capacitor C permanecerá carregado
- c) A diferença de potencial entre as placas do capacitor C será nula

- d) A carga líquida no capacitor C será não-nula
- e) As alternativas b e d estão corretas.

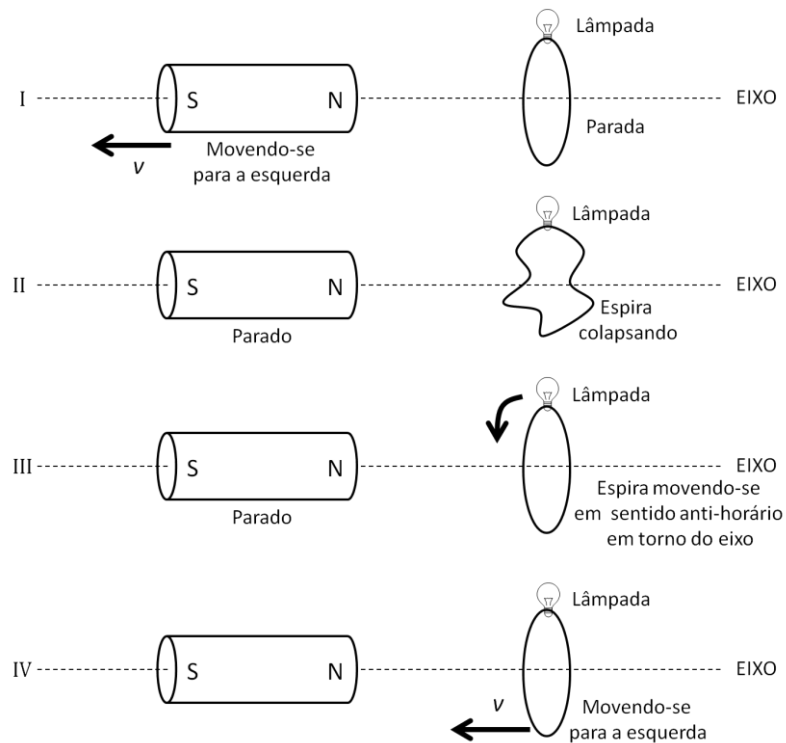
APÊNDICE C

Avaliação sobre Conhecimentos Relacionados à Lei de Faraday-Lenz

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 11 questões de múltipla escolha (com até 5 alternativas).
- Para cada questão do teste, escolha apenas uma opção, a que melhor corresponde à sua resposta.

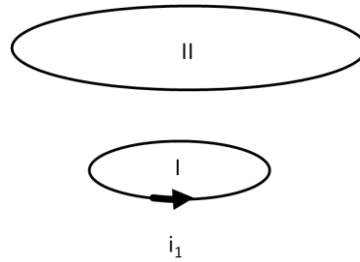
1. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) As quatro figuras abaixo apresentam um ímã cilíndrico e uma pequena lâmpada ligada às extremidades de uma espira de fio de cobre. O plano da espira é perpendicular ao eixo de referência. A velocidade do ímã e da espira, quando diferente de zero, são indicadas, sendo o módulo da velocidade representado por v . Em qual das figuras a lâmpada poderá brilhar?



- a) I, III e IV
b) I e IV
c) I, II e IV

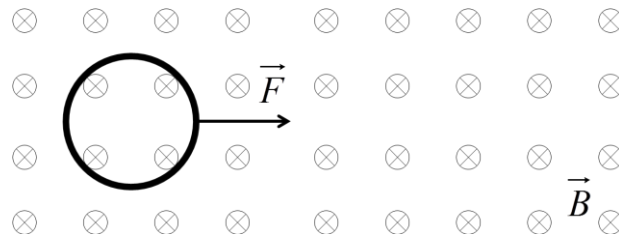
- d) IV
- e) Nenhuma das anteriores.

2. (UFPI) As duas espiras de corrente, mostradas na figura, são planas e paralelas entre si. Há uma corrente i_1 na espira I, no sentido mostrado na figura. Se essa corrente está aumentando com o tempo, pode-se afirmar que a corrente induzida na espira II é:



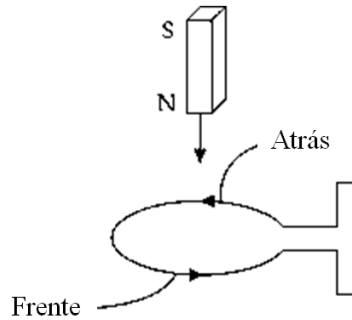
- a) no mesmo sentido de i_1
- b) no sentido contrário ao de i_1
- c) nula
- d) preciso mais informações para responder

3. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Uma espira metálica circular rígida é posta em repouso em um campo magnético uniforme (entrando na página). A espira é então puxada através do campo para a direita, mas não sai do campo. Caso exista, qual será o sentido da corrente elétrica induzida na espira?

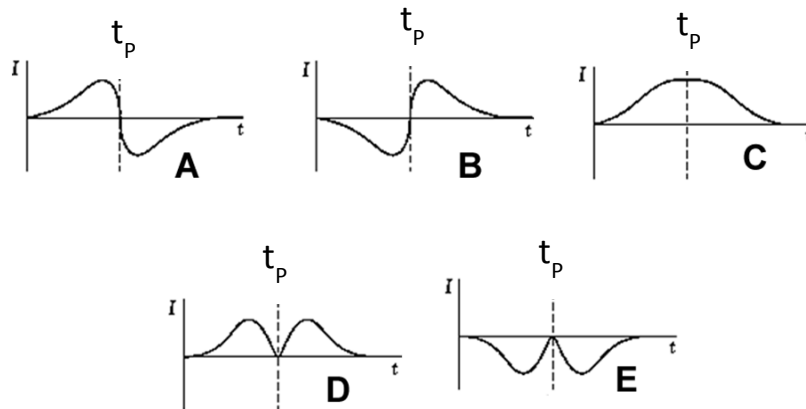


- a) Horário
- b) Anti-horário
- c) Não há corrente induzida

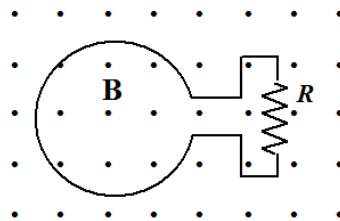
4. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Se o sentido positivo da corrente induzida i na espira é como mostrado pelas setas na espira, qual dos seguintes gráficos representa melhor, qualitativamente, a variação de I no tempo, quando o ímã em barra cai através da espira?



O momento em que o ponto médio do ímã passa através do laço é indicado por t_p .

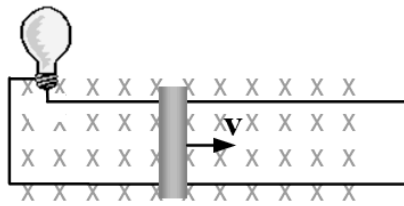


5. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Considere a situação mostrada no desenho. Uma espira condutora é conectada a um resistor. O resistor e a espira estão em repouso em um campo magnético que aponta para fora da página. Dentro de um curto período de tempo, o campo magnético é reduzido à metade do seu valor inicial. Qual das seguintes afirmações sobre uma possível corrente induzida no circuito é verdadeira?



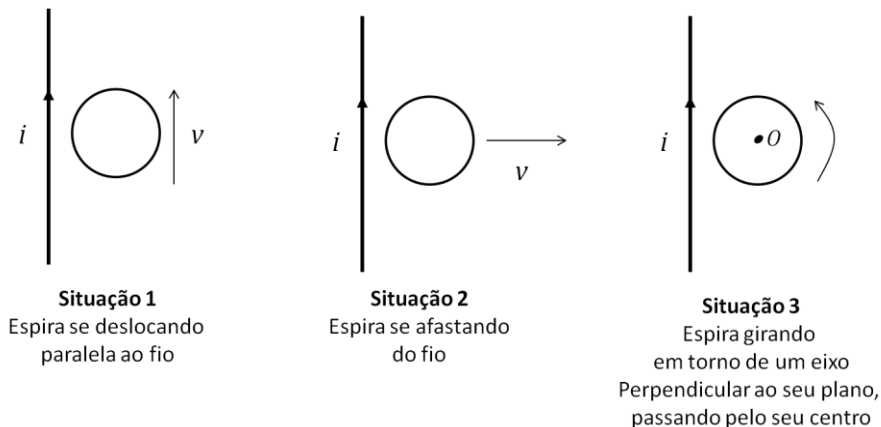
- Durante o tempo em que o campo magnético está diminuindo, uma corrente é induzida no circuito no sentido anti-horário.
- Durante o tempo em que o campo magnético está diminuindo, uma corrente é induzida no circuito no sentido horário.
- Nenhuma corrente é induzida na espira em qualquer momento.
- Uma corrente é induzida, no sentido horário em torno da espira. A corrente continua após o campo magnético atingir um valor constante.

- e) Uma corrente é induzida, no sentido anti-horário em torno da espira. A corrente continua após o campo magnético atingir um valor constante.
6. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Uma barra condutora desliza com uma velocidade em módulo v para a direita sobre os trilhos condutores em uma região com campo magnético orientado para dentro do plano da página. A lâmpada poderá acender nesse caso? O que acontecerá com o fluxo magnético através da espira se a barra deslizar para a direita?



- a) Não poderá acender e o fluxo magnético permanecerá constante.
 b) Poderá acender e o fluxo magnético diminuirá.
 c) Não poderá acender e o fluxo magnético aumentará.
 d) Poderá acender e o fluxo magnético aumentará.
 e) Poderá acender e o fluxo magnético permanecerá constante.

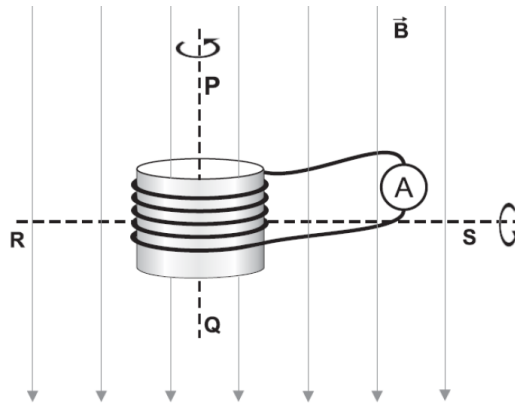
7. (UFMG) Observe as figuras:



Cada uma das situações representadas mostra uma espira circular que se movimenta nas proximidades de um fio longo e reto, no qual há uma corrente elétrica constante i . Em todas as situações o fio e a espira estão no mesmo plano. Haverá corrente elétrica induzida na espira circular:

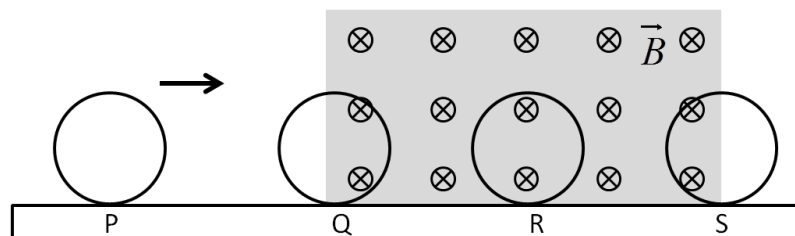
- a) apenas na situação 3.
 b) apenas nas situações 1 e 3.
 c) apenas na situação 2.
 d) apenas na situação 1.
 e) em todas as situações.

8. (UFMG) Uma bobina condutora, ligada a um amperímetro, é colocada em uma região onde há um campo magnético uniforme, vertical, paralelo ao eixo da bobina, como representado na figura:



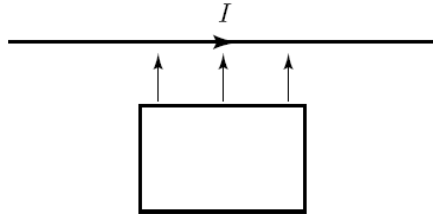
Essa bobina pode ser deslocada horizontal ou verticalmente ou, ainda, ser girada em torno do eixo **PQ** da bobina ou da direção **RS**, perpendicular a esse eixo, permanecendo, sempre, na região do campo. Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que o amperímetro indica uma corrente elétrica quando a bobina é

- deslocada horizontalmente, mantendo-se seu eixo perpendicular ao campo magnético.
 - deslocada verticalmente, mantendo-se seu eixo paralelo ao campo magnético.
 - girada em torno do eixo **PQ**.
 - girada em torno da direção **RS**.
9. -(UFMG) Um anel metálico rola sobre uma mesa, passando, sucessivamente, pelas posições P, Q, R e S, como representado na figura. Na região indicada pela parte sombreada na figura, existe um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano do anel apontando para dentro do plano da página. Considerando-se essa situação, é correto afirmar que, quando o anel passa pelas posições Q, R e S, a corrente elétrica nele:



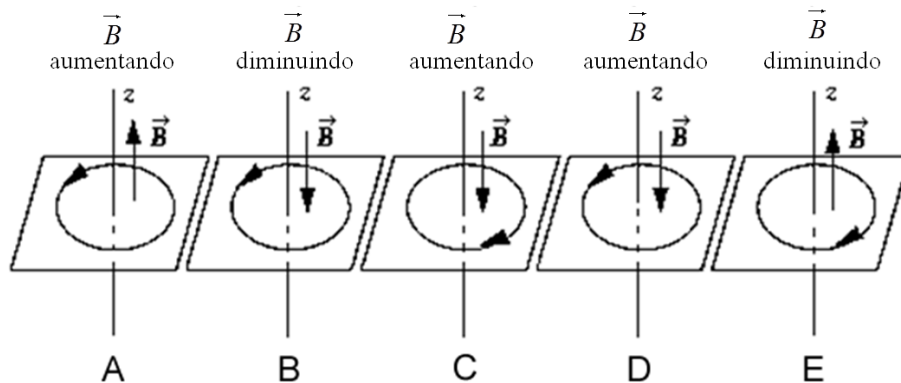
- é nula apenas em R e tem sentidos opostos em Q e em S.
- tem o mesmo sentido em Q, em R e em S.
- é nula apenas em R e tem o mesmo sentido em Q e em S.
- tem o mesmo sentido em Q e em S e sentido oposto em R.

10. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Um fio longo e reto é percorrido por uma corrente elétrica constante I . Uma espira condutora retangular encontra-se no mesmo plano que o fio, com dois lados paralelos ao fio e dois lados perpendiculares. Suponha que a espira é empurrada no sentido do fio, como mostrado na figura. Dado o sentido de I , a corrente induzida no circuito é no sentido:



- a) horário.
 b) anti-horário.
 c) é preciso mais informações para responder.

11. (Banco de dados de Mazur e colaboradores) Uma espira é posta sobre o plano xy com o eixo z normal ao plano e positivo para cima. A orientação do fluxo e a sua mudança são indicadas na figura. Qual diagrama mostra corretamente o sentido da corrente resultante induzida na espira?



GRADE DE RESPOSTAS

Nome: _____

Turma: _____ Curso: _____ Data: ____/____/2011

Resposta Questão	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

GABARITO

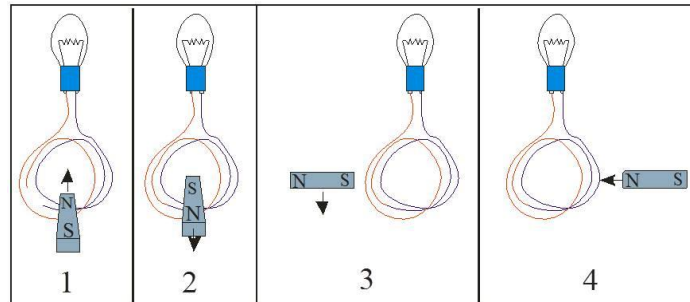
Resposta Questão	a	b	c	d	e
1			X		
2				X	
3			X		
4	X				
5	X				
6				X	
7			X		
8				X	
9	X				
10		X			
11				X	

APÊNDICE D

Questões Conceituais utilizadas no Estudos 2.

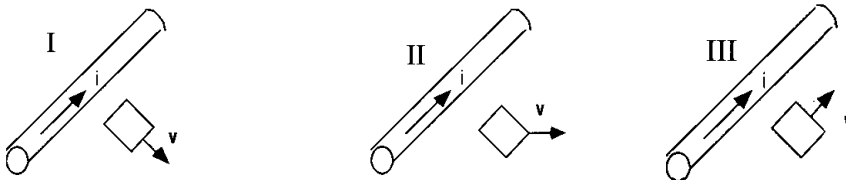
1.2) Em qual(is) do(s) diagrama(s) a corrente fluirá através da lâmpada?

Obs.: Em 3 e 4 assuma que os ímãs se movem no plano da espira.



1. 1
2. 2
3. 3
4. 4
5. 1 e 2
6. 3 e 4

1.4) Um fio muito longo e reto carrega uma grande corrente elétrica constante i . Algumas espiras metálicas retangulares, no mesmo plano que o fio, movem-se com velocidades de módulos v nas direções e sentidos mostrados. Em qual (is) espira(s) haverá uma corrente induzida?



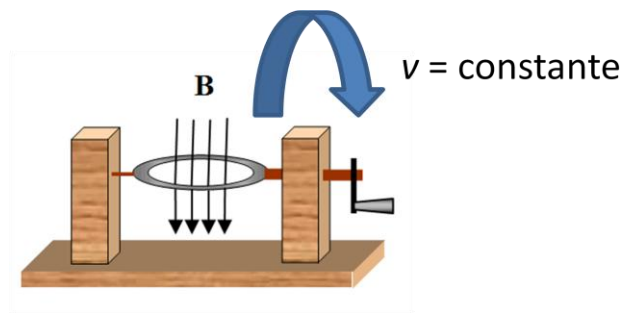
1. Apenas I e II
2. Apenas I e III
3. Apenas II e III

4. I, II e III
5. Nenhuma das anteriores

1.6) O plano de uma espira condutora é orientado paralelamente ao plano xy . Existe um campo magnético orientado em $-z$. Qual das seguintes ações **não** alterará o fluxo magnético através da espira?

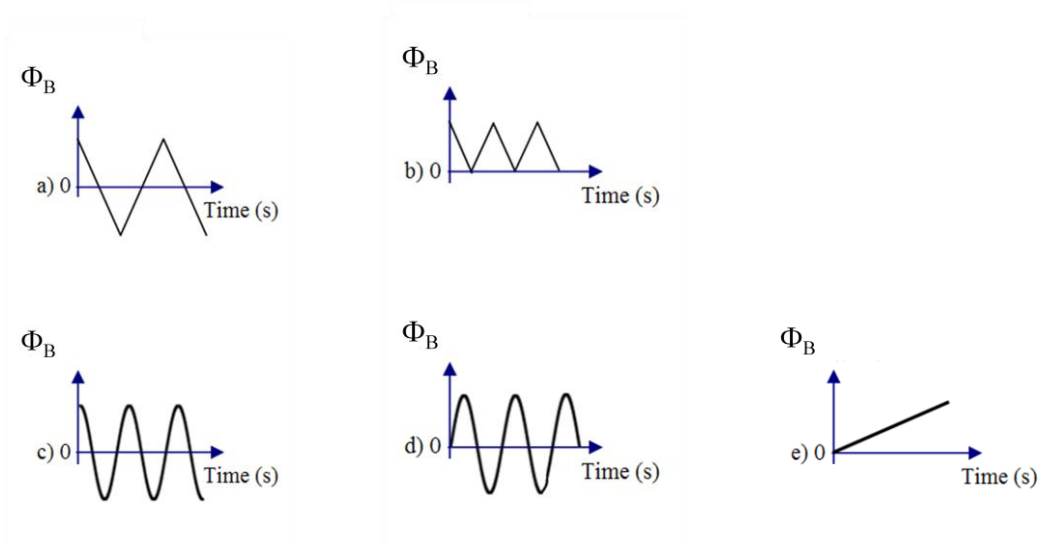
1. Diminuir a área do espira.
2. Diminuir a intensidade do campo magnético.
3. Aumentar a intensidade do campo magnético.
4. Girar a espira em torno de um eixo orientado na direção z e que passa pelo centro da espira.
5. Girar a espira em torno de um eixo orientado na direção y e que passa pelo centro da espira.

1.7) Usando o aparelho mostrado abaixo, um anel circular é girado no sentido horário a uma taxa constante por um longo período de tempo. Qual dos gráficos mostra corretamente o fluxo magnético através do anel em função do tempo?

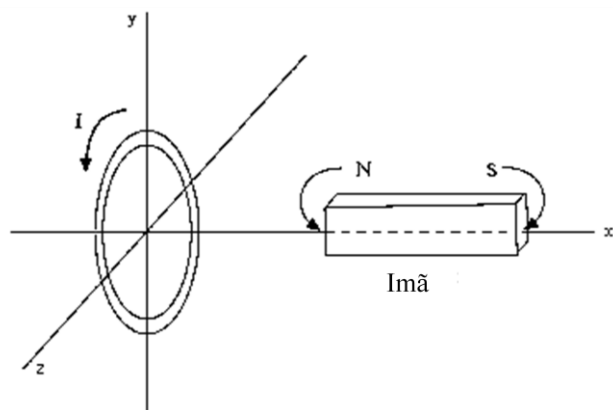


Nota: No tempo $t = 0s$, o plano do anel é perpendicular à direção do campo magnético.

Qual dos gráficos mostra corretamente o fluxo magnético através do anel em função do tempo?

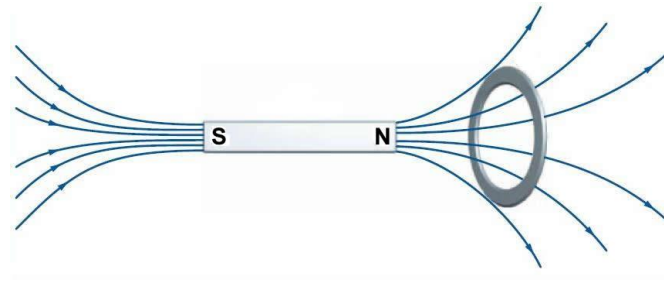


1.9) Uma espira de cobre está no plano yz , como mostrado. Um extenso ímã se encontra ao longo do eixo x . Para que uma corrente induzida flua através do anel como indicado, o ímã deve:



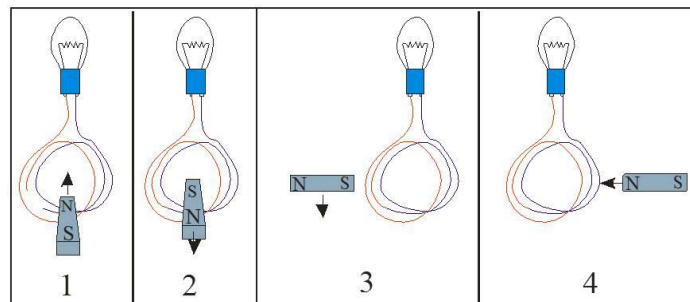
1. afastar-se da espira.
2. aproximar-se da espira.
3. permanecer estacionário para que a corrente continue fluindo.

1.10) Sabendo do enunciado da lei de Lenz, encontre o sentido da corrente induzida na espira, mostrada abaixo, se o ímã está se movendo para a esquerda (para longe da espira).



1. Sentido horário
2. Sentido anti-horário
3. Não há corrente induzida

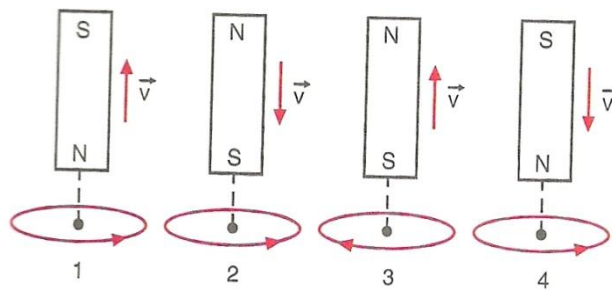
1.12) Em qual dos seguintes diagramas a corrente fluirá no sentido horário?



1. 1 e 2
2. 3 e 4
3. 1 e 3
4. 2 e 4
5. 2 e 3

1.13) Um aluno desenhou as figuras 1, 2, 3 e 4, indicando a velocidade do ímã em relação ao anel de alumínio e o sentido da corrente nele induzida, para representar um fenômeno de indução eletromagnética.

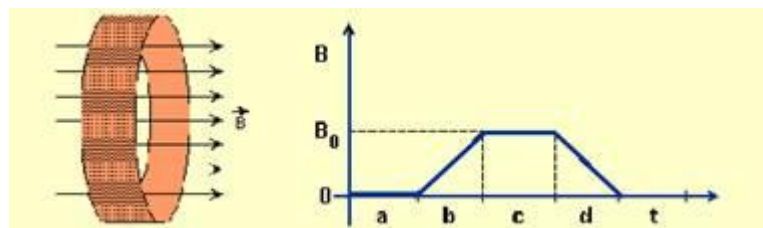
A alternativa que representa uma situação fisicamente coerente é:



1.20) Em tempos de guerra, soldados costumam usar um artifício para obter energia elétrica de fios de transmissão usando uma bobina “coletora”. A tática consiste em aproximar uma bobina de um fio do cabo para ocasionar a geração de uma corrente elétrica induzida que é então utilizada para alimentar dispositivos eletrônicos. Como a espira deve ser orientada para obter o máximo rendimento?

1. Ao redor do cabo de modo que ele atravesse a bobina, se alinhando com o eixo maior da espira.
2. Ao lado do cabo, com o plano da espira perpendicular ao cabo.
3. Ao lado do cabo, com o plano da espira paralelo ao cabo.
4. Desconsiderando a orientação, só será possível coletar energia enquanto a espira estiver em movimento.
5. Nenhuma das alternativas anteriores.

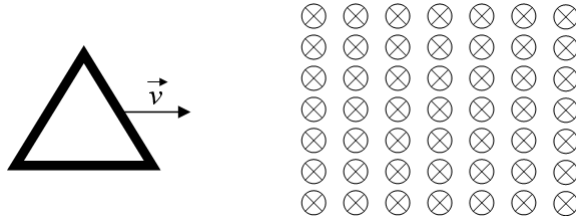
1.30) -(UFPE-PR) Um anel está numa região do espaço onde existe uma densidade de campo magnético que varia com o tempo. A densidade de campo magnético é uniforme em toda a região e perpendicular ao plano do anel. O gráfico mostra a magnitude de B em função do tempo. Observando o gráfico, assinale a afirmação correta com relação às forças eletromotrizes induzidas, ”a”, ”b”, ”c” e ”d”, durante os respectivos intervalos de tempo a, b, c e d.



1. $\epsilon_a = \text{constante} \neq 0$.
2. $\epsilon_b = 0$.
3. $\epsilon_c = \text{constante} \neq 0$.
4. $\epsilon_d = 0$.

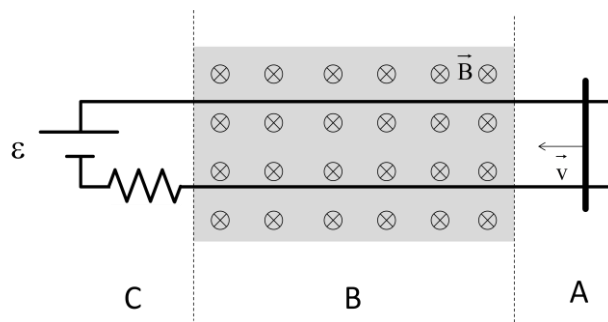
5. $\varepsilon_d = \text{constante} \neq 0$.

4.7) Uma espira triangular de alumínio se move lentamente para a direita. Em certo momento, ela vai entrar e passar pela região de campo magnético uniforme representado (entrando na tela). Inicialmente, não há corrente no circuito. Quando a espira entrar no campo magnético, qual será o sentido da corrente elétrica induzida no circuito (se existir)?



1. Horário
2. Anti-horário
3. Não há corrente induzida

4.1) (adaptada de Halliday) O que acontecerá com a corrente elétrica no circuito durante o movimento do fio ao se deslocar na região A, ao entrar na região B e ao entrar na região C?



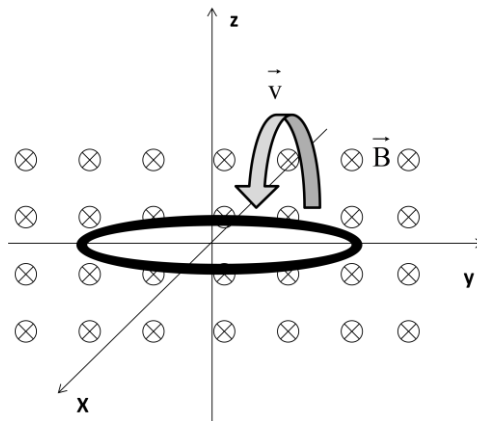
1. A corrente permanece a mesma. Diminui de intensidade. Permanece com a mesma intensidade de corrente que tinha imediatamente antes de sair de B.
2. A corrente aumenta de valor. Permanece com a mesma intensidade de corrente que tinha imediatamente antes de sair de A. Aumenta de intensidade novamente.
3. Permanece a mesma. Aumenta de intensidade. Diminui de intensidade para o mesmo valor que tinha em A.
4. Permanece a mesma. Aumenta de intensidade. Permanece com a mesma intensidade de corrente que tinha imediatamente antes de sair de B.

4.2) (Elaborada para o Estudo 2) A figura abaixo mostra um circuito formado por um led (light emitting diode – diodo emissor de luz) – o qual é um dispositivo que emite luz ao ser percorrido por uma corrente elétrica no sentido de seu polo positivo para o negativo, mas não o contrário – conectado a dois trilhos e um bastão que pode deslizar livremente sobre os trilhos. Durante o movimento do bastão sobre os trilhos, devido a velocidade inicial mostrada na figura:



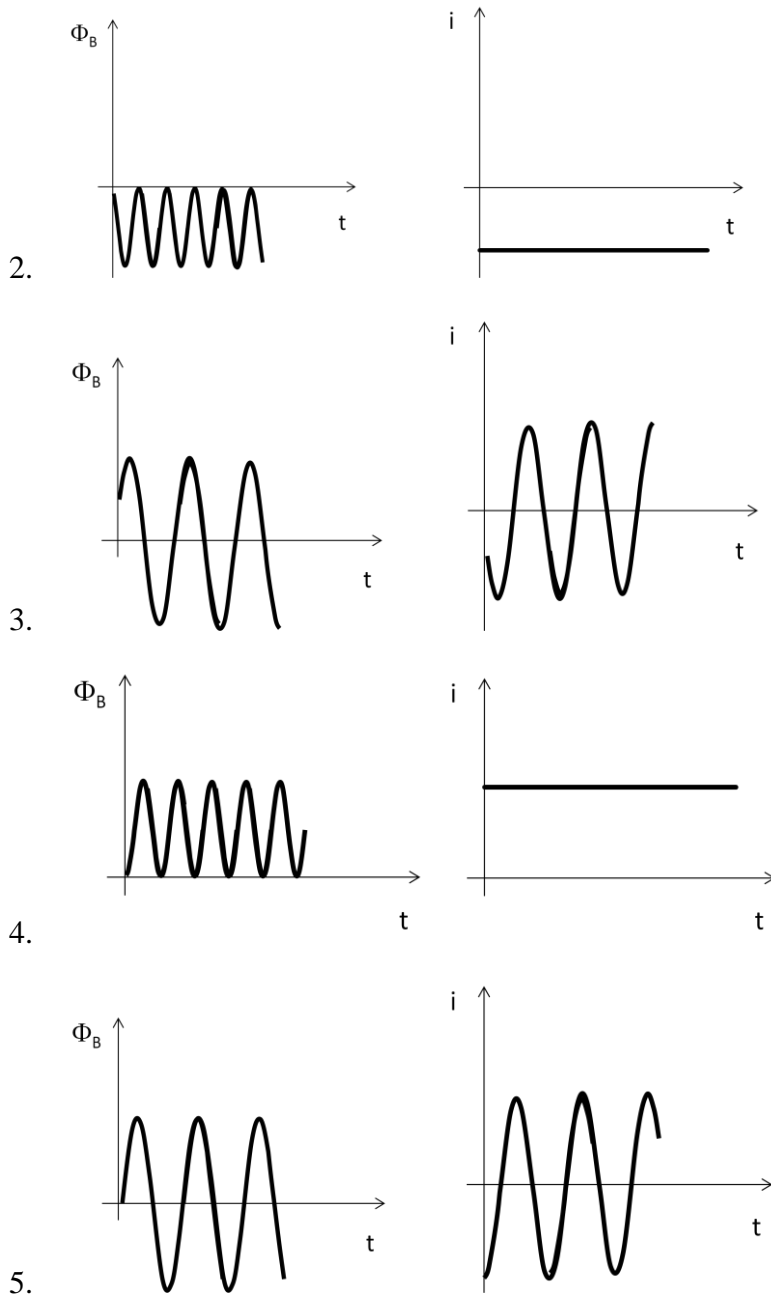
1. surge uma força que empurra o bastão no sentido do diodo;
2. o led poderá acender devido ao surgimento de uma força eletromotriz no circuito;
3. surge uma corrente elétrica induzida no circuito à qual circula em sentido anti-horário;
4. o led não acende, pois o campo magnético permanece com o mesmo módulo e consequentemente nenhuma corrente elétrica é induzida;

4.4) (Elaborada para o Estudo 2) Qual dos gráficos melhor representa o fluxo magnético e a força eletromotriz na espira durante o seu movimento?

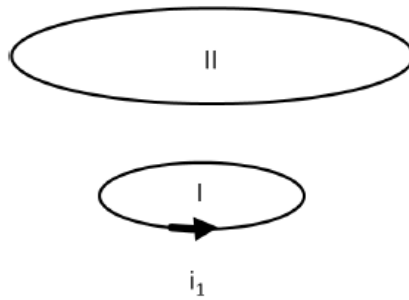


1.

The first graph shows magnetic flux Φ_B on the vertical axis and time t on the horizontal axis. The flux is represented by a sine wave starting at a positive value at $t=0$. The second graph shows induced current i on the vertical axis and time t on the horizontal axis. The current is represented by a sine wave starting at a negative value at $t=0$.

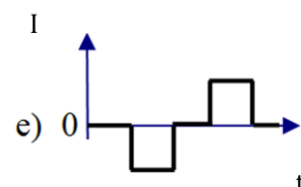
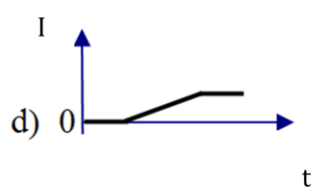
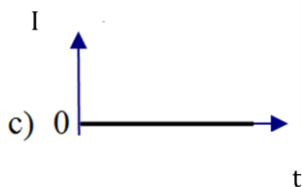
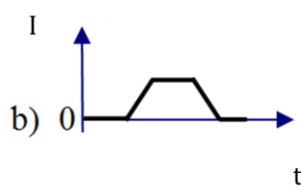
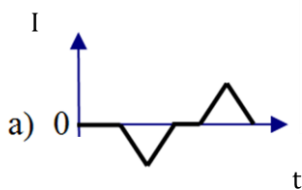


4.6) (adaptado de UFPI) Duas espiras condutoras são dispostas paralelamente. Há uma corrente i_1 na espira I, no sentido mostrado na figura. Se essa corrente diminuir ao longo do tempo e posteriormente inverter de sentido, pode-se afirmar que a corrente induzida na espira II é:



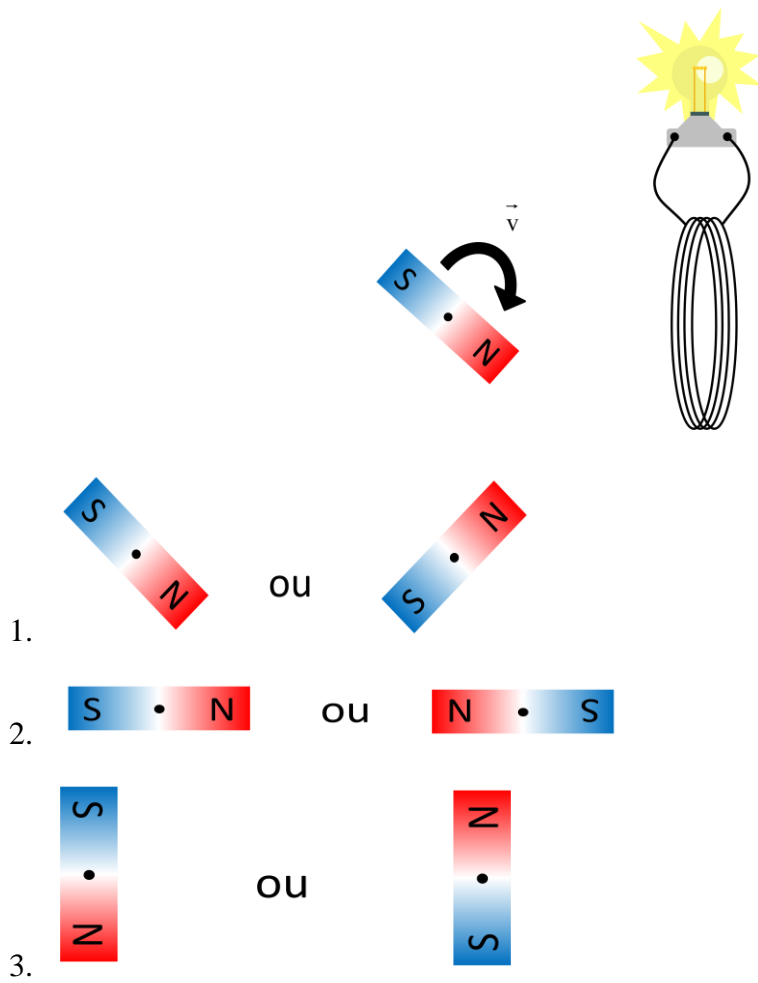
1. no mesmo sentido de i_1 e posteriormente no sentido contrário de i_1 .
2. no sentido contrário ao de i_1 e posteriormente no mesmo sentido de i_1 .
3. nula durante todo o tempo.
4. preciso mais informações para responder.

4.9) Qual dos gráficos abaixo mostra o comportamento da corrente, se houver, na espira com o passar do tempo?

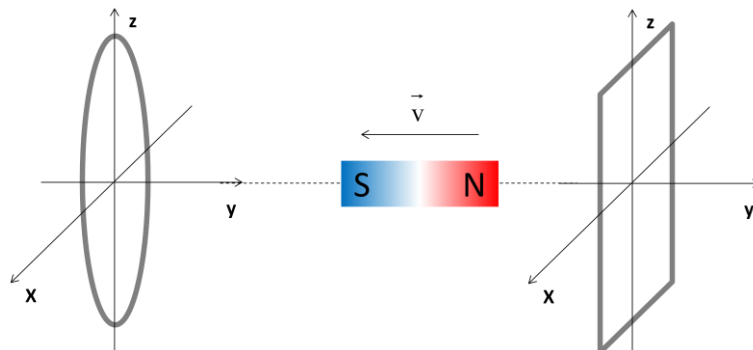


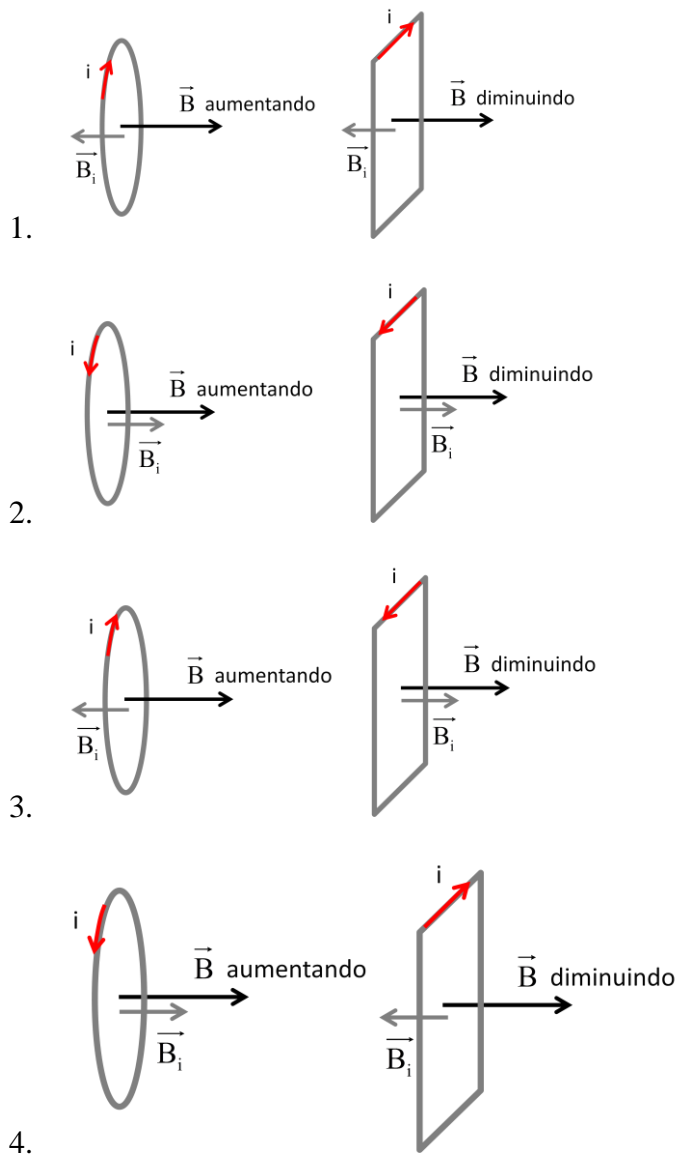
4.3) (Elaborada para o Estudo 2) Um ímã que gira em sentido horário, com uma velocidade em módulo constante. E em um plano perpendicular em que se encontra o ímã encontra-se

uma bobina associada a uma lâmpada. A lâmpada em questão pode brilhar. Para qual posição do ímã a lâmpada dissipará uma potência maior?



4.5) (Elaborada para o Estudo 2) Um ímã move-se sobre o eixo y , próximo a duas espiras. Qual a representação correta para tal situação? ($B \rightarrow$ ímã; $B_i \rightarrow$ espira)





APÊNDICE E

Resultados obtidos com a aplicação dos testes padronizados nos três estudos

Tabela 7: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o BEMA para os alunos no Estudo 1.

Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho normalizado
Ca	27%	60%	45%
Cd	7%	57%	54%
Ed	27%	80%	73%
Fe	23%	83%	78%
Gc	50%	70%	40%
Gs	37%	73%	58%
Je	33%	60%	40%
Jo	47%	70%	44%
La	37%	63%	42%
Lu	43%	97%	94%
Ma	43%	57%	24%
Ro	43%	77%	59%

Tabela 8: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos do Estudo 1.

Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho normalizado
Ca	57%	71%	33%
Cd	29%	71%	60%
Ed	71%	86%	50%
Fe	43%	93%	88%
Gc	29%	7%	-
Je	50%	71%	43%
Lu	86%	100%	100%
Ma	36%	64%	44%
Ro	79%	100%	100%

Tabela 9: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos do Estudo 2.

Turma	Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho Normalizado
	Experimental 1	E1 – A	36,4%	54,5%
E1 – B		27,3%	90,9%	87,50%
E1 – C		0,0%	54,5%	54,55%
E1 – D		18,2%	54,5%	44,44%
E1 – E		0,0%	45,5%	45,45%
E1 – F		27,3%	63,6%	50,00%

Experimental 2	E1 – G	27,3%	90,9%	87,50%
	E1 – H	54,5%	90,9%	80,00%
	E1 – I	45,5%	72,7%	50,00%
	E1 – J	18,2%	72,7%	66,67%
	E1 – K	18,2%	72,7%	66,67%
	E1 – L	9,1%	72,7%	70,00%
	E1 – M	18,2%	63,6%	55,56%
	E1 – N	36,4%	90,9%	85,71%
	E1 – O	9,1%	90,9%	90,00%
	E1 – P	36,4%	72,7%	57,14%
	E1 – Q	0,0%	18,2%	18,18%
	Experimental 2	E2 – A	36,4%	81,8%
E2 – B		27,3%	45,5%	25,00%
E2 – C		18,2%	45,5%	33,33%
E2 – D		18,2%	72,7%	66,67%
E2 – E		9,1%	63,6%	60,00%
E2 – F		0,0%	45,5%	45,45%
E2 – G		27,3%	45,5%	25,00%
E2 – H		18,2%	72,7%	66,67%
E2 – I		9,1%	63,6%	60,00%
E2 – J		45,5%	72,7%	50,00%
E2 – K		45,5%	72,7%	50,00%
E2 – L		36,4%	36,4%	0,00%
E2 – M		27,3%	63,6%	50,00%
E2 – N		18,2%	63,6%	55,56%
E2 – O		36,4%	63,6%	42,86%
E2 – P		27,3%	63,6%	50,00%
E2 – Q		63,6%	72,7%	25,00%
Controle	E3 – A	54,5%	90,9%	80,00%
	E3 – B	27,3%	81,8%	75,00%
	E3 – C	9,1%	18,2%	10,00%
	E3 – D	54,5%	72,7%	40,00%
	E3 – E	9,1%	54,5%	50,00%
	E3 – F	27,3%	18,2%	-
	E3 – G	9,1%	45,5%	40,00%
	E3 – H	27,3%	81,8%	75,00%
	E3 – I	45,5%	54,5%	16,67%
	E3 – J	27,3%	18,2%	-
	E3 – K	27,3%	72,7%	62,50%
	E3 – L	9,1%	45,5%	40,00%
	E3 – M	9,1%	54,5%	50,00%
	E3 – N	63,6%	54,5%	-
	E3 – O	63,6%	63,6%	0,00%
	E3 – P	27,3%	81,8%	75,00%
	E3 – Q	36,4%	81,8%	71,43%

Tabela 10: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o BEMA para os alunos do Estudo 3.

Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho normalizado
Ed	27%	57%	41%
Ja	27%	43%	23%
Gu	27%	67%	55%
Na	20%	27%	8%
Mp	23%	77%	70%
Fe	40%	70%	50%
Lu	17%	67%	60%
Iv	30%	37%	10%
Ra	30%	77%	67%
Mt	40%	50%	17%

Tabela 11: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples para os alunos no Estudo 3.

Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho normalizado
Ja	29%	71%	60%
Ra	50%	100%	100%
Fe	36%	43%	11%
Iv	21%	100%	100%
Lu	36%	43%	11%
An	29%	79%	70%
Ed	64%	64%	0%
Dj	29%	71%	60%
Mt	64%	57%	-
Jo	71%	86%	50%
Ma	64%	79%	40%

Tabela 12: Resultados no pré-teste, pós-teste e ganho normalizado para o teste sobre a Lei de Faraday-Lenz para os alunos no Estudo 3.

Aluno	Resultado no pré-teste	Resultado no Pós-teste	Ganho normalizado
Ra	72,7%	72,7%	0,00
Gu	18,2%	54,5%	0,44
Ed	36,4%	90,9%	0,86
Mp	54,5%	81,8%	0,60
Dj	18,2%	81,8%	0,78
Fe	36,4%	72,7%	0,57
Já	63,6%	81,8%	0,50

Iv	0,0%	54,5%	0,55
Na	18,2%	27,3%	0,11
Lu	9,1%	72,7%	0,70
Ma	63,6%	72,7%	0,25
Jo	63,6%	81,8%	0,50
Mt	18,2%	72,7%	0,67

APÊNDICE F

Resultados para as Questões Conceituais utilizadas em Aula nos Estudos 1, 2 e 3.

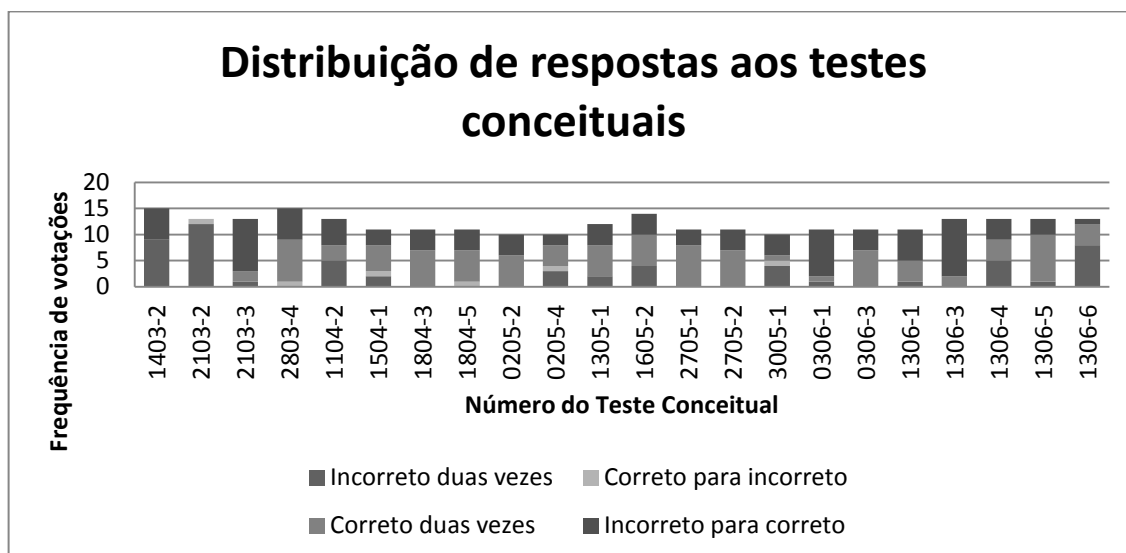


Figura 17: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 1. As questões foram codificadas segundo o dia, mês e ordem de apresentação em que foram realizadas, ou seja, a questão 1804-5 indica que essa foi a quinta questão feita no dia 18 de abril.

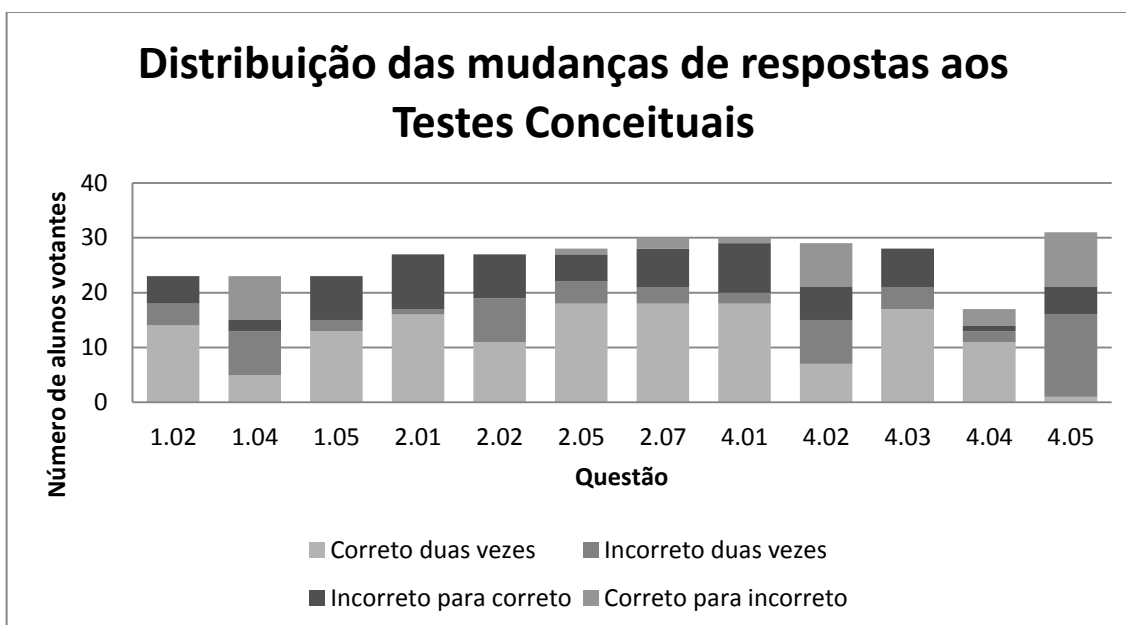


Figura 18: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 2. As questões foram codificadas segundo a aula e a ordem em que foram apresentadas aos alunos, assim, a questão 2.05 foi a quinta questão apresentada no segundo dia de aula.

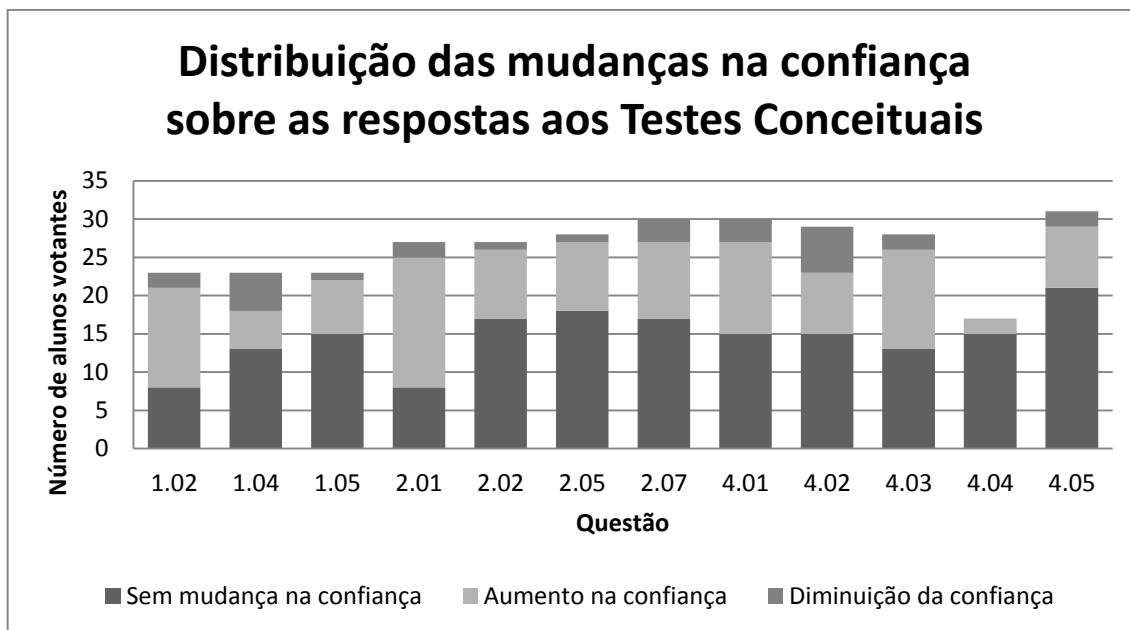


Figura 19: Distribuição da confiança dos alunos nas respostas aos testes conceituais no Estudo 2. As questões foram codificadas segundo a aula e a ordem em que foram apresentadas aos alunos; assim, a questão 2.05 foi a quinta questão apresentada no segundo dia de aula.

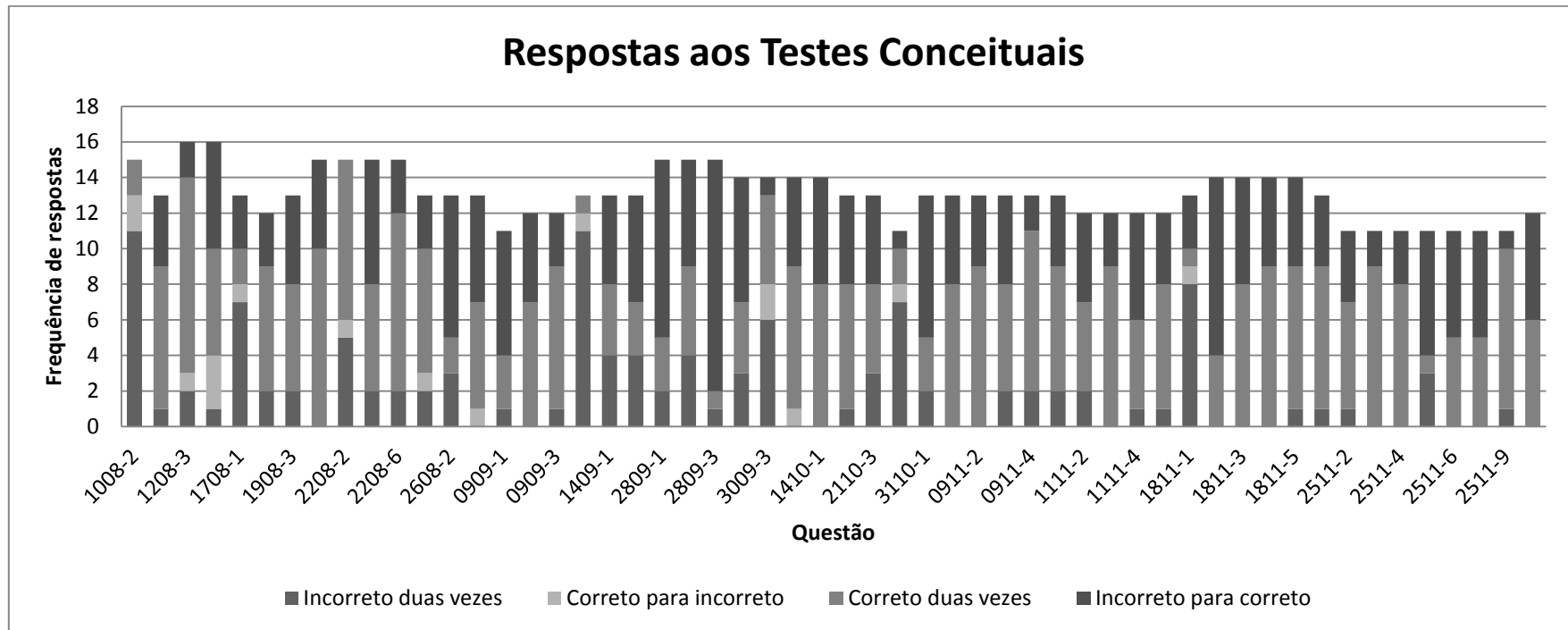


Figura 20: Distribuição da mudança de respostas dos alunos do Estudo 3. As questões foram codificadas segundo o dia, mês e ordem de apresentação em que foram realizadas, ou seja, a questão 2809-3 indica que essa foi a terceira questão feita no dia 28 de setembro.

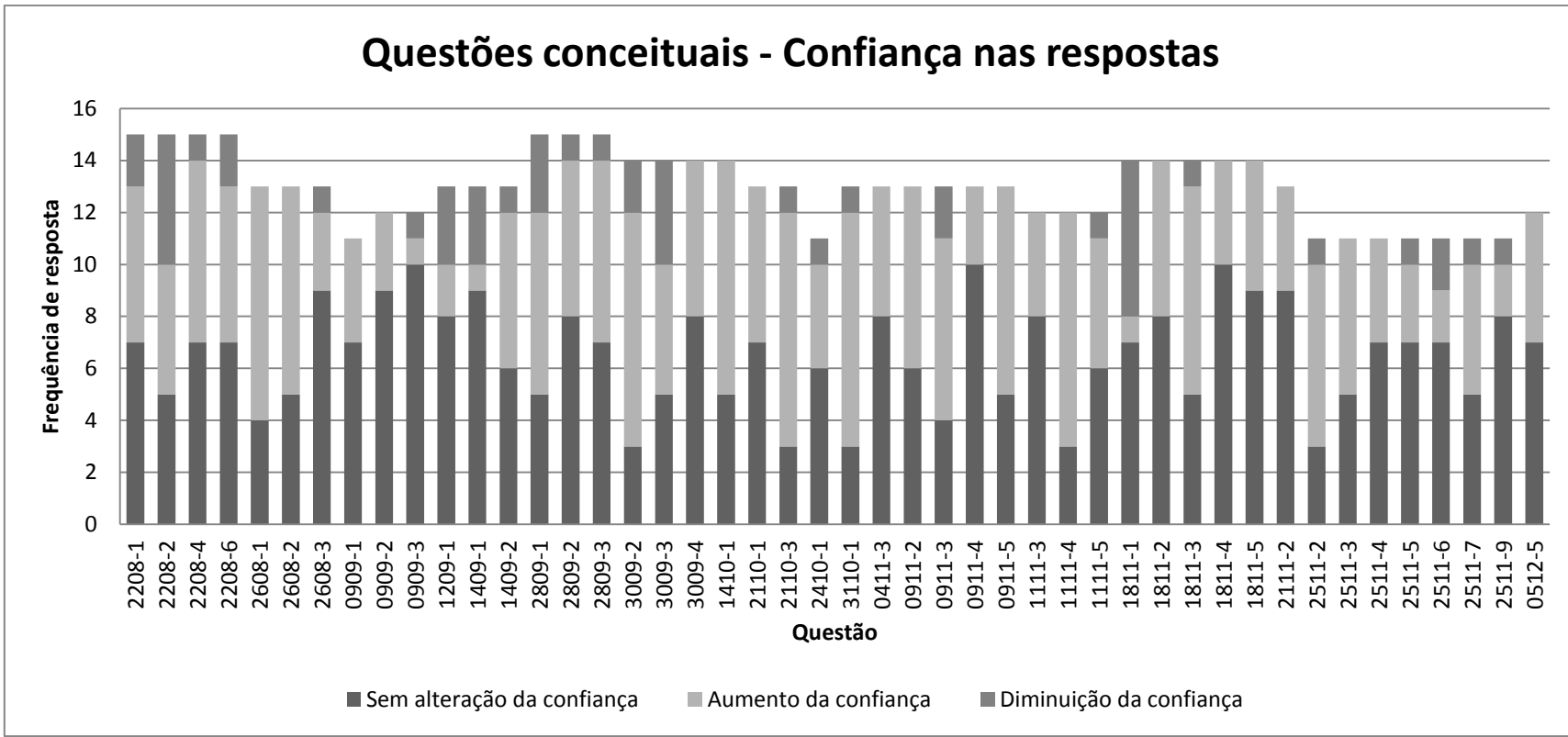


Figura 21: Mudanças na confiança na resposta comparativamente antes e após as discussões para os alunos do Estudo 3.

APÊNDICE G

Resultados do SPSS para o Estudos 2.

Tabela 13: Comparação entre os ganhos normalizados para as turmas no estudo 2.

ANOVA

VAR00001

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,416	2	,208	3,475	,039
Within Groups	2,871	48	,060		
Total	3,287	50			

Tabela 14: Comparação entre os ganhos normalizados médios para as turmas no estudo 2.

Multiple Comparisons

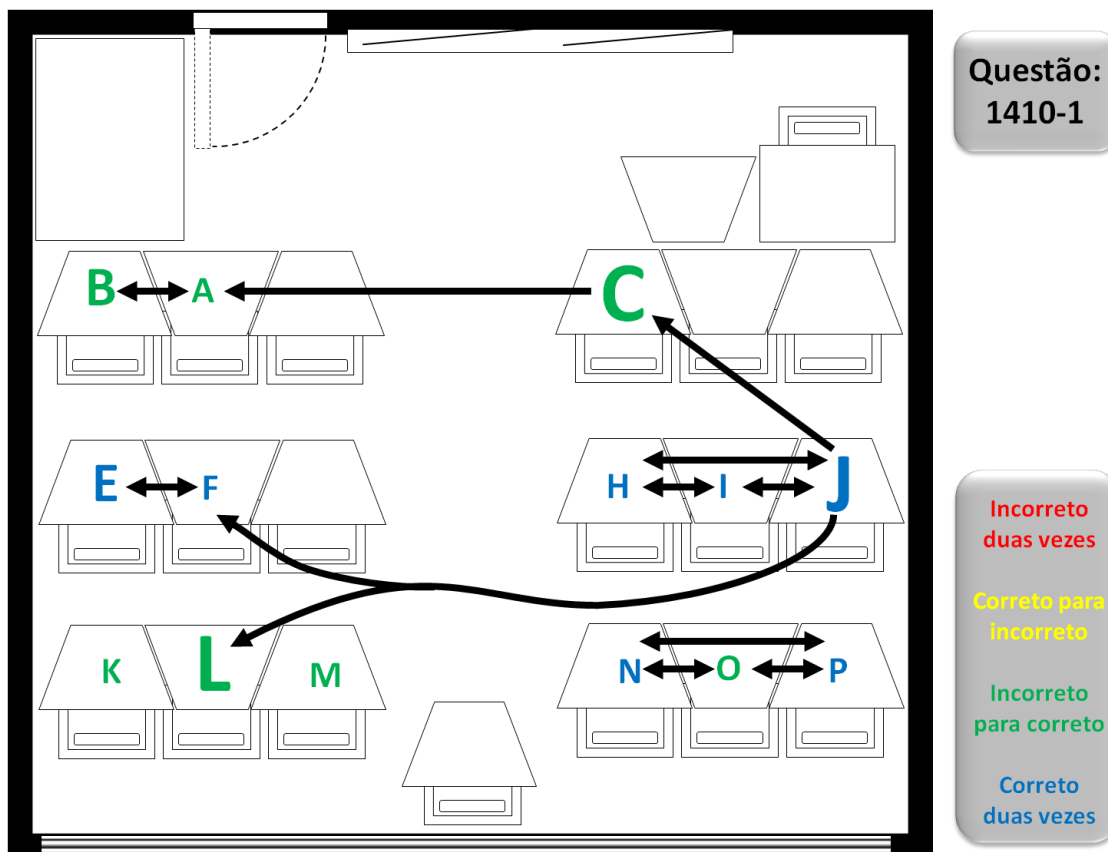
Dependent Variable: VAR00001
Bonferroni

(I) VAR00003	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
exp1 exp2	,15352	,08389	,220	-,0546	,3616
exp1 tradicional	,21462*	,08389	,041	,0065	,4227
exp2 exp1	-,15352	,08389	,220	-,3616	,0546
exp2 tradicional	,06110	,08389	1,000	-,1470	,2692
tradicional exp1	-,21462*	,08389	,041	-,4227	-,0065
tradicional exp2	-,06110	,08389	1,000	-,2692	,1470

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

APÊNDICE H

Interações entre Alunos Durante as Discussões para um Teste Conceitual



Esquema de interação entre alunos durante a discussão de um teste conceitual. Cada aluno é representado por uma letra, à qual foi definida no início do semestre conforme a posição em que o aluno se encontrava em sala de aula. O tamanho da letra está relacionado com o nível de participação do aluno nas discussões (quanto maior a letra maior o nível de participação). As setas indicam entre quais alunos houve interação, sendo as setas bidirecionais utilizadas para representar discussões em que ambos os alunos apresentam argumentos e setas unidirecionais em que um aluno apresenta argumentos para outro que apenas utiliza frases afirmativas ou não (concorda ou discorda dos argumentos apresentados).

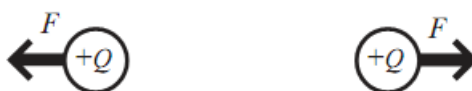
ANEXO A

Avaliação sobre Conhecimentos de Eletricidade e Magnetismo⁴⁴

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 $+4Q$:

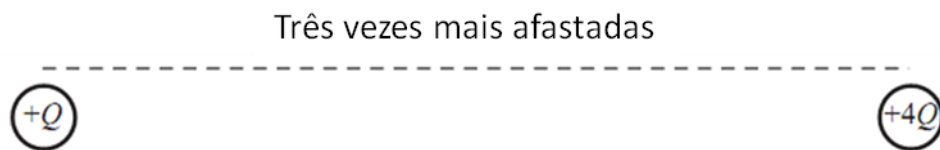


⁴⁴ Versão traduzida do *Brief electricity and magnetism assessment* – BEMA.

DING, L. ET AL., “Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: *Brief electricity and magnetism assessment*”, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. N.º. 2, 2006.

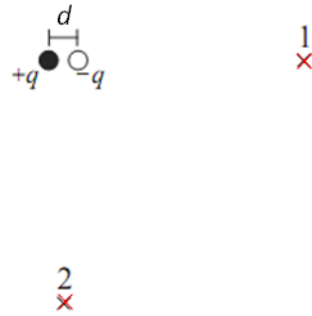
1. O valor original da magnitude da força sobre a carga elétrica $+Q$ era F . Qual a magnitude da força sobre a carga elétrica $+Q$ agora?
 - a) $4F$
 - b) $5F/2$
 - c) $3F$
 - d) $2F$
 - e) F
 - f) $F/4$
 - g) Nenhuma das anteriores
2. Qual é a magnitude da força sobre a carga elétrica $+4Q$?
 - a) $4F$
 - b) $5F/2$
 - c) $3F$
 - 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:

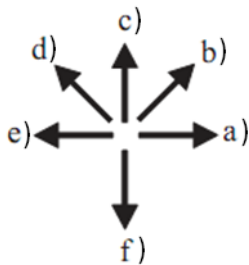


3. Agora, qual é a magnitude da força sobre a carga elétrica $+4Q$?
 - a) $4F/3$
 - b) $4F/9$
 - c) $F/3$
 - d) $5F/18$
 - e) $2F/9$
 - f) $F/9$
 - g) $F/36$
 - h) $4F$
 - i) Nenhuma das anteriores

Aqui estão duas cargas elétricas de igual magnitude, mas de sinais opostos, separadas por uma distância d :



Escolha uma das possíveis orientações (direções e sentidos) a seguir para responder as perguntas abaixo:



g) sai da página \odot

h) entra na página \otimes

i) magnitude zero

j) nenhuma das anteriores

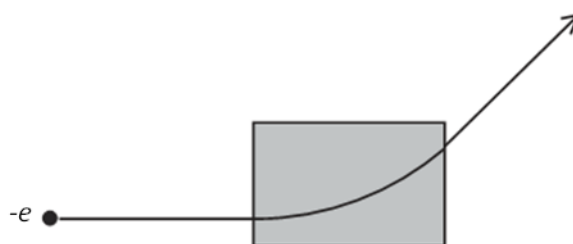
4. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo elétrico na posição 1 (marcada com um x na figura)?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)
- i)
- j)

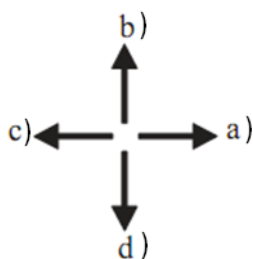
5. Qual é a orientação (entre as opções a) – j)) do campo elétrico na posição 2 (marcada com um x na figura)?

- 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:



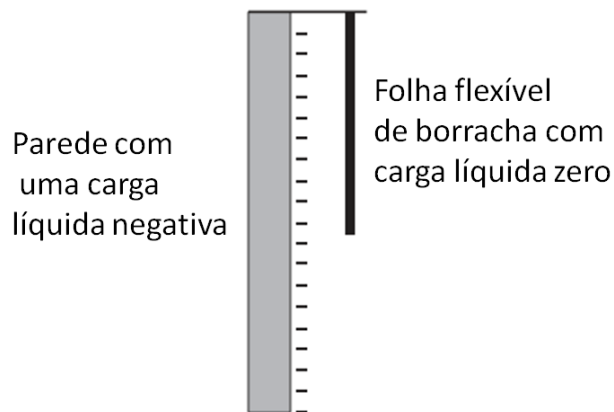
e) sai da página \odot

f) entra na página \otimes

g) nenhuma das anteriores

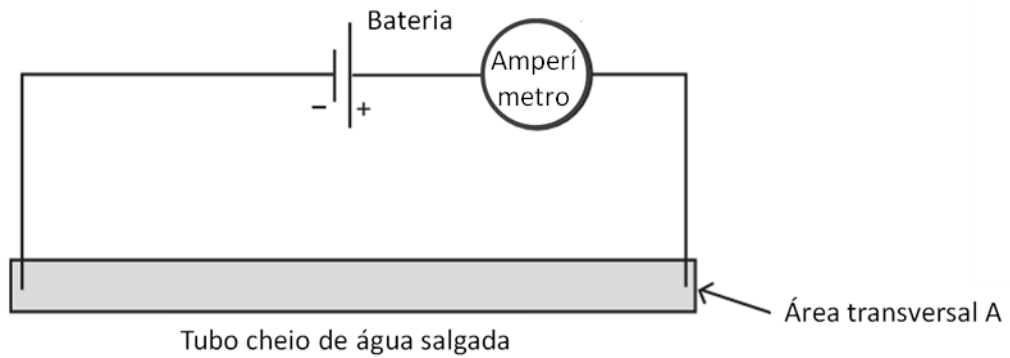
6. Qual é uma possível orientação (entre as opções a) – g)) do campo elétrico na região em que ele é diferente de zero?
- a)
 - b)
 - c)
 - d)
 - e)
 - f)
 - g)

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 :

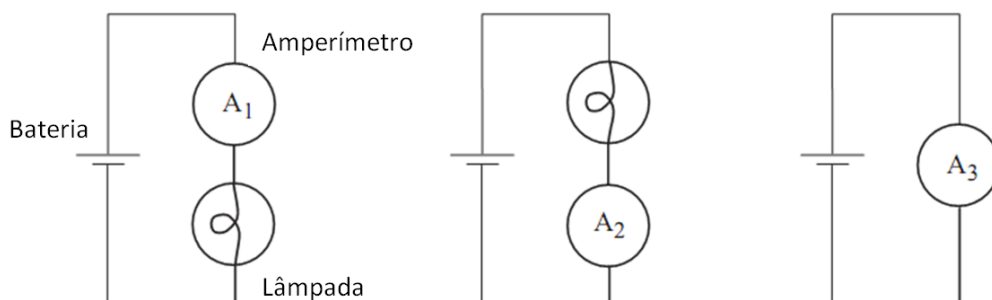


8. Qual é o sentido convencional da corrente elétrica que flui na água salgada?
- Para a direita.
 - Para a esquerda.
 - Não há corrente elétrica convencional, porque os movimentos dos íons positivos e negativos cancelam uns aos outros.

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 $v_{Na} > v_{Cl}$. ($+e$ é a carga elétrica de um próton).

9. Qual é a magnitude da leitura no amperímetro?
- $enAv_{Na} - enAv_{Cl}$
 - $enAv_{Na} + enAv_{Cl}$
 - $enAv_{Na}$
 - $enAv_{Cl}$
 - Zero

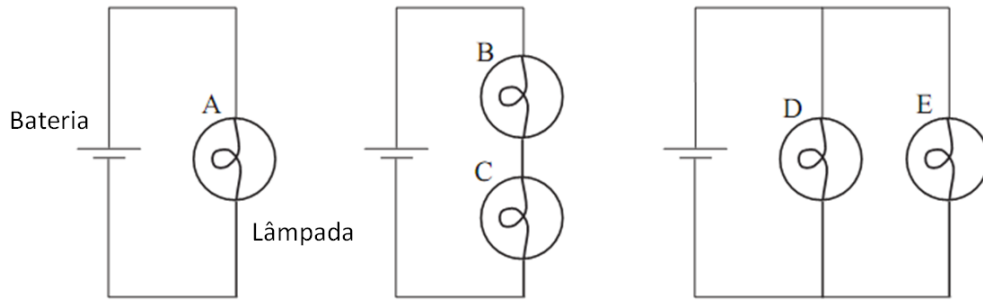
Um aluno montou os três circuitos mostrados abaixo. As lâmpadas, as baterias e os amperímetros são idênticos.



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.
- $A_1 = A_2 = A_3$
 - $A_1 = A_2 > A_3$
 - $A_1 = A_3 > A_2$
 - $A_2 = A_1 > A_3$

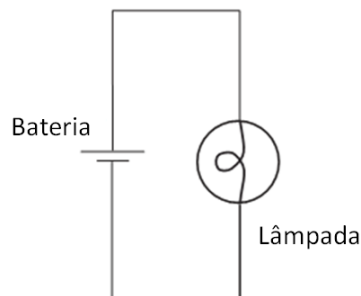
- e) $A_2 = A_3 > A_1$
- f) $A_3 > A_1 = A_2$
- g) $A_3 > A_1 > A_2$
- h) $A_3 > A_2 > A_1$
- i) Nenhuma das anteriores.

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.

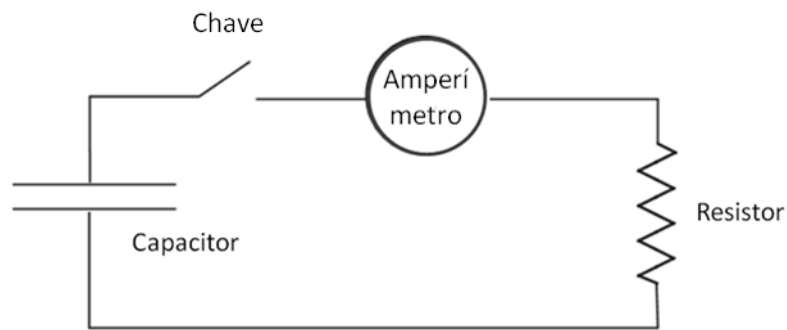
- a) $A = B = C > D = E$
- b) $A > B = C = D = E$
- c) $A > B = C > D = E$
- d) $A > B > C > D = E$
- e) $A = D = E > B = C$
- f) $A = D = E > B > C$
- g) $A > D = E > B = C$
- h) $D = E > A > B = C$
- i) Nenhuma das anteriores.



12. Qual das seguintes afirmativas é verdadeira sobre o campo elétrico dentro do filamento da lâmpada?

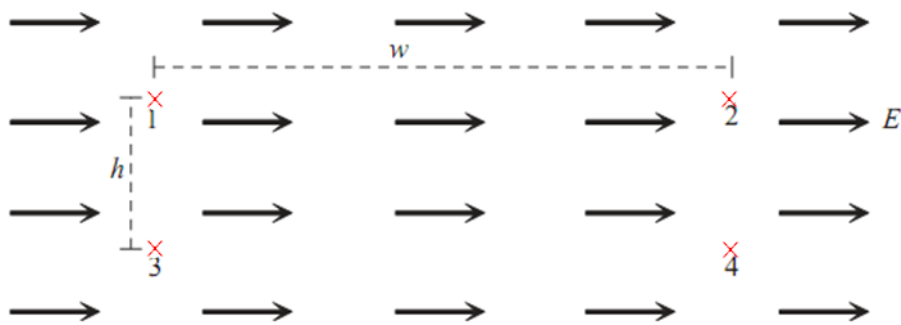
- a) O campo deve ser zero, porque o filamento é feito de metal.
- b) O campo deve ser zero, porque uma corrente elétrica está fluindo.
- c) O campo deve ser zero, porque qualquer excesso de carga elétrica está na superfície do filamento.

- d) O campo deve ser diferente de zero, porque a corrente elétrica fluindo produz um campo elétrico.
- e) O campo deve ser diferente de zero, porque nenhuma corrente elétrica fluirá sem um campo aplicado.
- f) O campo deve ser zero por razões não mencionadas acima.
- g) 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?
- a) $I = 0$ sempre
 - b) $I = \text{constante} \neq 0$
 - c) I aumenta, então se torna constante.
 - d) I aumenta instantaneamente, e em seguida, diminui lentamente.
 - e) 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:

- a) $+Ew$
- b) $-Ew$
- 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 $V_2 - V_1 = ?$

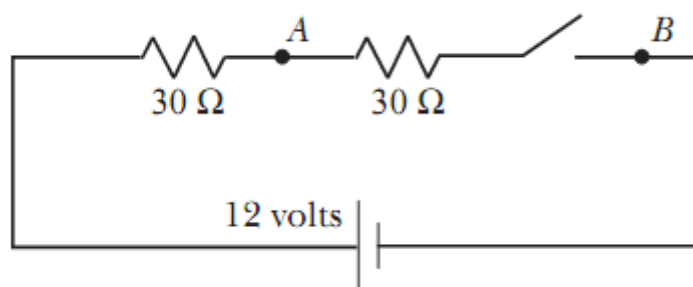
- a) $+Ew$
- b) $-Ew$
- c) $+Eh$
- d) $-Eh$
- e) $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
- f) $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
- g) Zero

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 $V_4 - V_1 = ?$

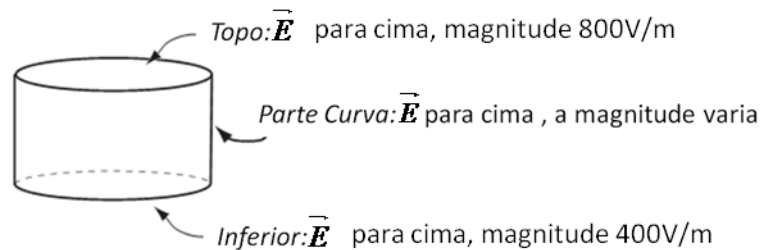
- a) $+Ew$
- b) $-Ew$
- c) $+Eh$
- d) $-Eh$
- e) $+E\sqrt{h^2 + w^2}$
- f) $-E\sqrt{h^2 + w^2}$
- g) Zero



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.



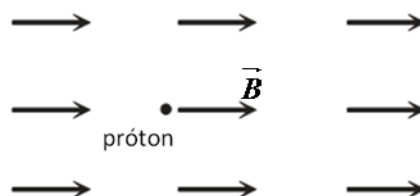
18. No interior do cilindro

- não há carga elétrica líquida
- existe carga elétrica líquida positiva
- existe carga elétrica líquida negativa
- não há informação suficiente para determinar se há ou não carga elétrica líquida no interior do cilindro

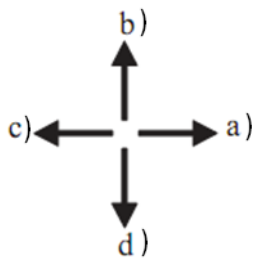
19. Em equilíbrio estático, a diferença de potencial entre dois pontos dentro de um pedaço sólido de metal

- é zero, porque os metais bloqueiam interações elétricas
- é zero, porque o campo elétrico é nulo no interior do metal
- é diferente de zero se o pedaço de metal não é esférico
- é diferente de zero se houver cargas elétricas sobre a superfície do metal
- 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

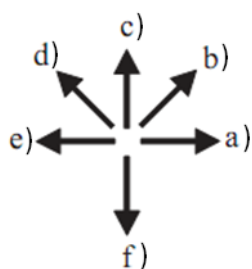
20. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) da força magnética inicial sobre o próton?

- 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:



Escolha entre as orientações a seguir para responder à questão abaixo:



g) sai da página \odot

h) entra na página \otimes

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)

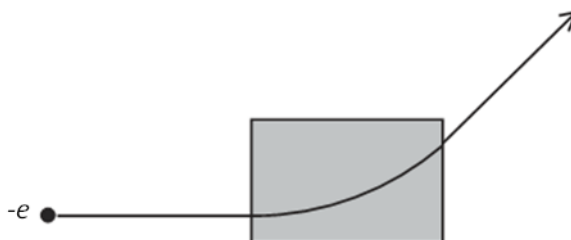
g)

h)

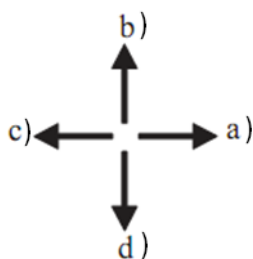
i)

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

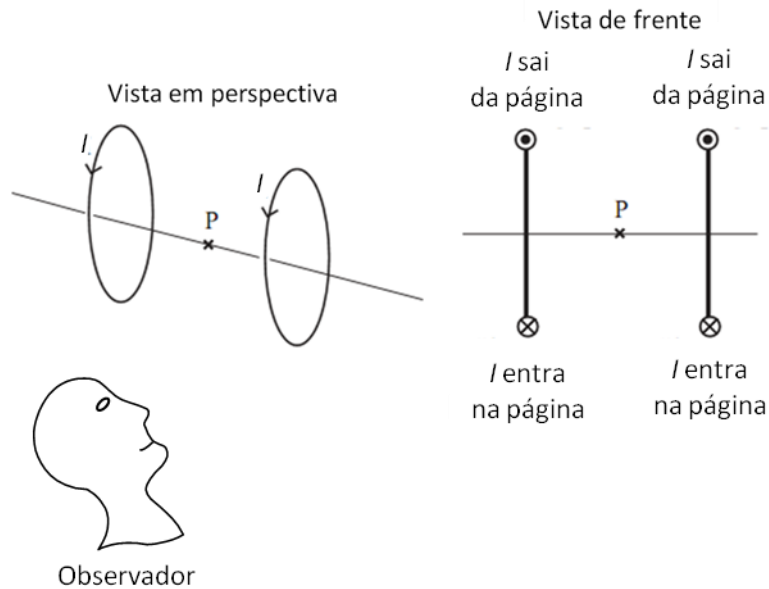
f) entra na página \otimes

g) nenhuma das anteriores

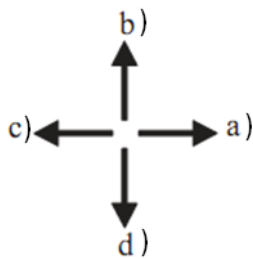
23. Qual é uma possível orientação (entre as opções a) – g)) do campo magnético na região onde ele é diferente de zero?

- 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:



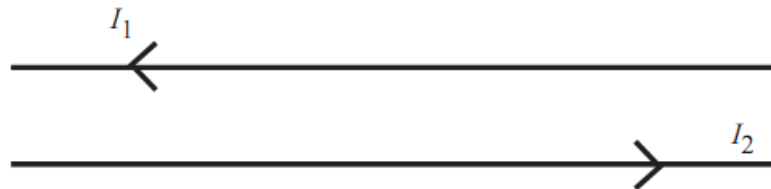
- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) zero de magnitude
- h) nenhuma das anteriores

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)?

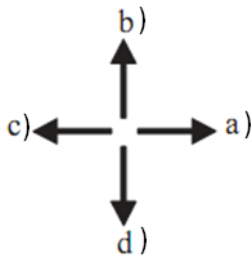
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

- 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:

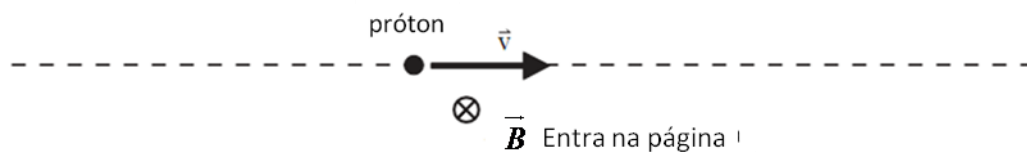


- e) sai da página \odot
- f) entra na página \otimes
- g) zero de magnitude
- h) nenhuma das anteriores

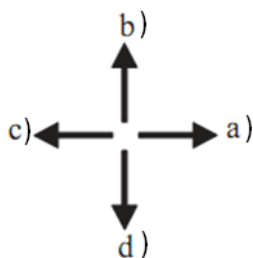
25. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) da força magnética que o fio 1 exerce sobre o fio 2?

- 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

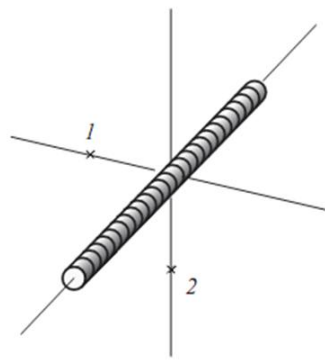
26. Qual é a orientação (entre as opções a) – g)) do campo elétrico na região?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)

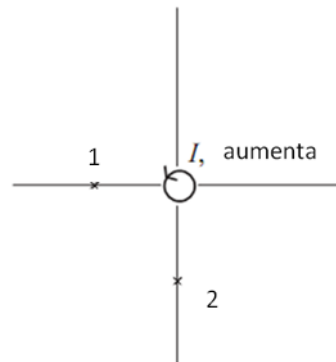
27. Qual é a magnitude do campo elétrico?

- a) $e\nu B$
- b) $\vec{v} \times \vec{B}$
- c) νB
- d) B
- e) $e\vec{v} \times \vec{B}$
- f) $\nu B/e$
- g) $e\nu$
- 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.

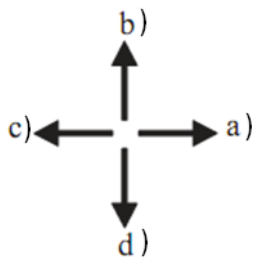


Longo solenóide, vista em perspectiva



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)?

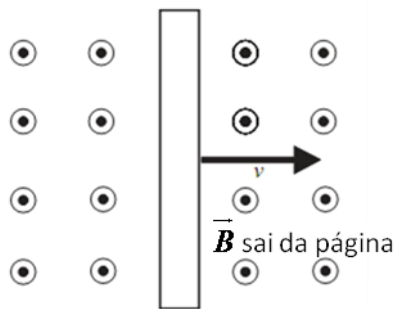
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

29. Qual é a orientação (entre as opções a) – h)) do campo *elétrico* na posição 2 (marcada com x)?

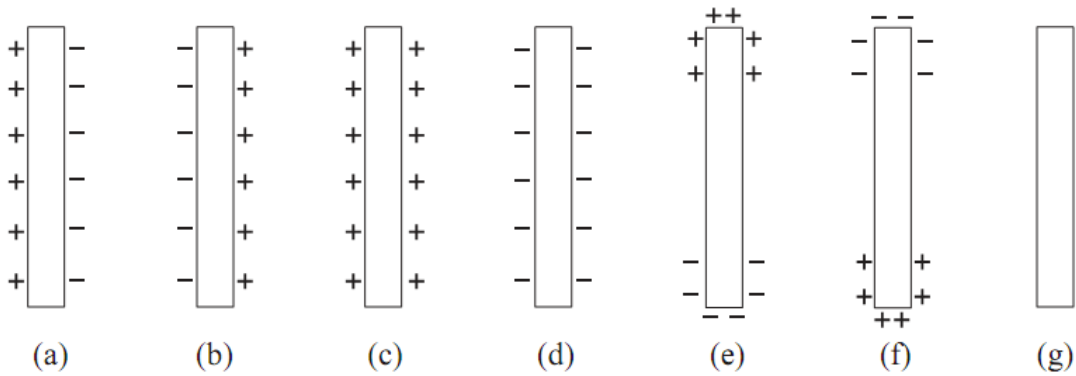
- a)

- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)

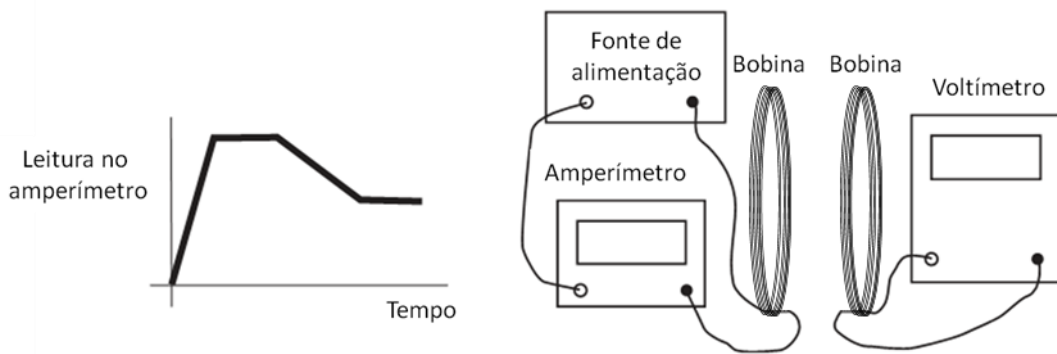
Uma barra metálica neutra está se movendo com velocidade constante \vec{v} para a direita através de uma região onde há um campo magnético uniforme apontando para fora da página. O campo magnético é produzido por grandes bobinas que não são mostradas no diagrama.



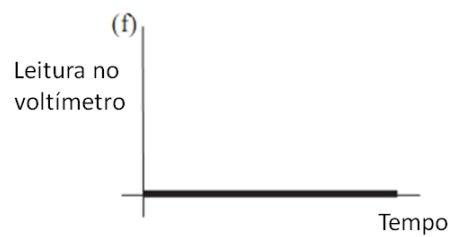
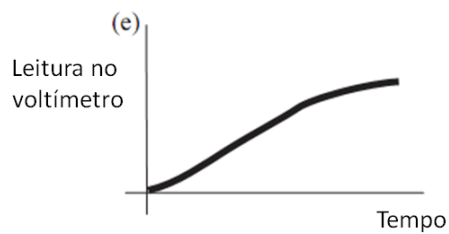
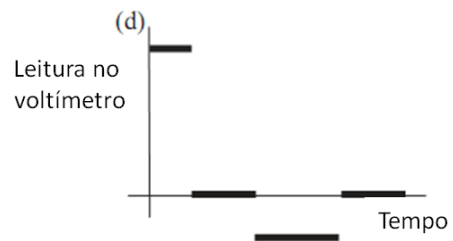
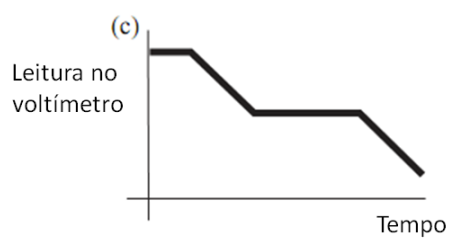
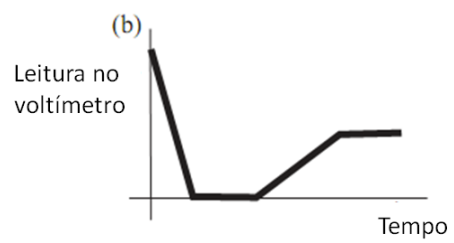
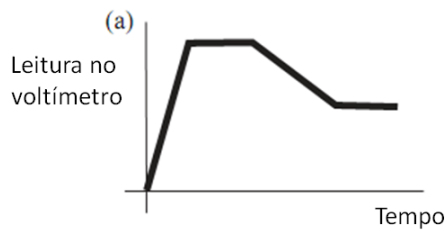
30. Qual dos diagramas a seguir melhor descreve a distribuição de cargas da barra de metal?



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?



GRADE DE RESPOSTAS

Nome: _____

Turma: _____ Curso: _____ Data: ____/____/2011

Resposta Questão	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										

GABARITO

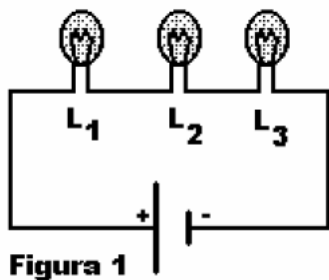
Questão	Resposta									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
01	X									
02	X									
03		X								
04					X					
05	X									
06				X						
07					X					
08		X								
09		X								
10						X				
11					X					
12					X					
13				X						
14		X								
15							X			
16		X								
17				X						
18		X								
19		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

Teste sobre Corrente Elétrica em Circuitos Simples⁴⁵

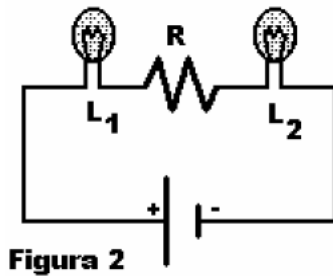
Em todas as questões deste teste admite-se que as lâmpadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta. A bateria representada tem resistência elétrica desprezível.

1) No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:



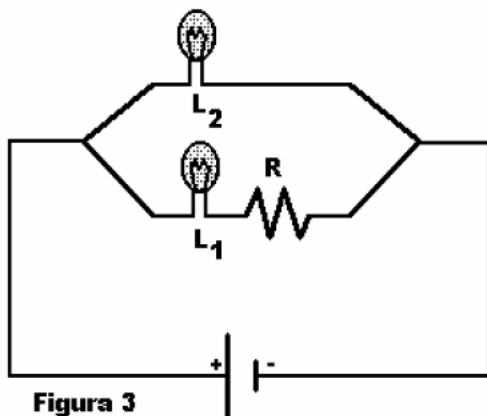
- a) L_1 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_3 .
- b) L_3 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_1 .
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

2) No circuito da figura 2, R é um resistor. Neste circuito:



- a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho.
- b) L_1 brilha mais do que L_2 .
- c) L_2 brilha mais do que L_1 .

3) No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:



- a) L_1 tem o mesmo brilho de L_2 .
- b) L_2 brilha mais do que L_1 .
- c) L_1 brilha mais do que L_2 .

⁴⁵ SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. Ciência e Cultura, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:

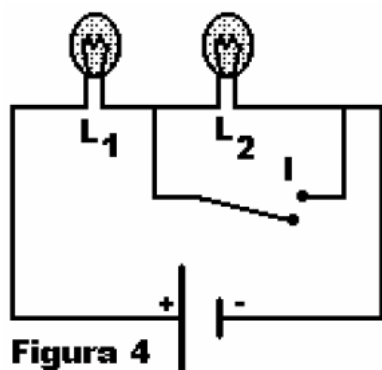


Figura 4

- a) aumenta o brilho de L_1 .
- b) o brilho de L_1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L_1 .

5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:

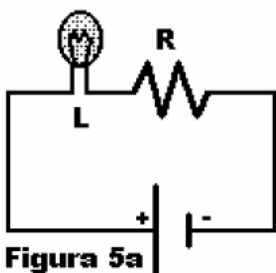


Figura 5a

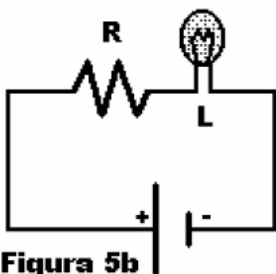


Figura 5b

- a) L brilha mais no circuito 5a.
- b) L brilha igual em ambos circuitos.
- c) L brilha mais no circuito 5b.

6) No circuito da figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:

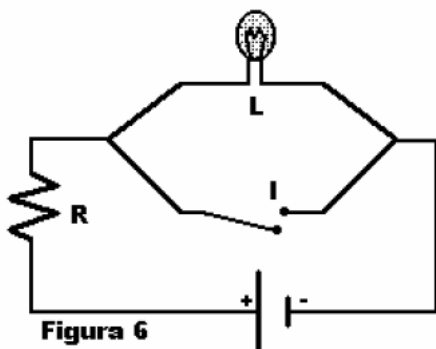
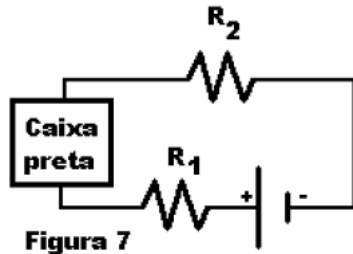


Figura 6

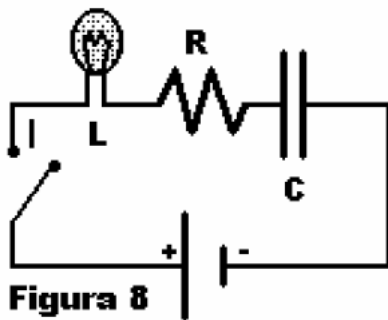
- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.
- c) L diminui seu brilho mas não apaga.

- 7) No circuito da figura 7 R_1 e R_2 são dois resistores. A caixa preta pode conter resistores, baterias ou combinações de ambos. Para que a intensidade da corrente em R_1 fosse igual à intensidade da corrente em R_2 a caixa preta:



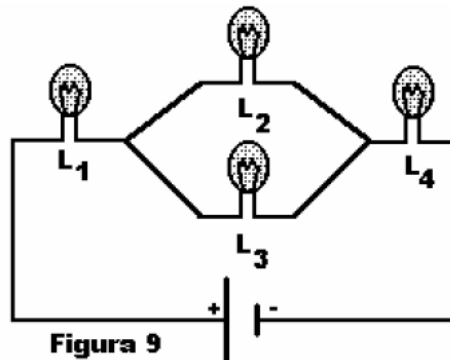
- a) deveria conter somente resistores.
 b) deveria conter no mínimo uma bateria.
 c) poderia conter qualquer associação de resistores e baterias.

- 8) No circuito da figura 8, L é uma lâmpada, R um resistor, C um capacitor descarregado e I um interruptor aberto. Ao fechar o interruptor:



- a) L começa a brilhar e continua brilhando enquanto o interruptor estiver fechado.
 b) L não brilhará enquanto o capacitor não estiver carregado.
 c) L poderá brilhar durante parte do processo de carga do capacitor.

As questões 9 e 10 se referem ao circuito da figura 9.



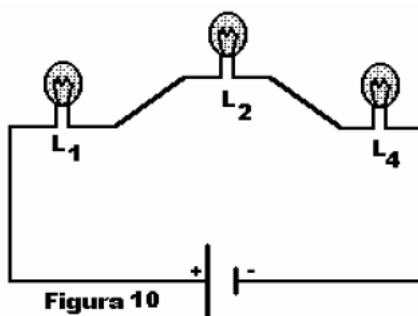
- 9) No circuito da figura 9 o brilho de L_1 é :

- a) igual ao de L_4 .
 b) maior do que o de L_4 .
 c) menor do que o de L_4 .

- 10) No circuito da figura 9 o brilho de L_2 é:

- a) igual ao de L_4 .
 b) maior do que o de L_4 .
 c) menor do que o de L_4 .

O circuito da figura 9 foi modificado pois se tirou a lâmpada L3. O novo circuito é, então, o da figura 10.



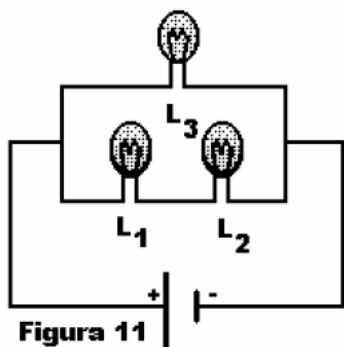
11) Quando se compara o brilho de L_1 nos circuitos 9 e 10 ele é:

- a) maior no circuito 10.
- b) menor no circuito 10.
- c) o mesmo nos dois.

12) Quando se compara o brilho de L_4 nos circuitos 9 e 10 ele é:

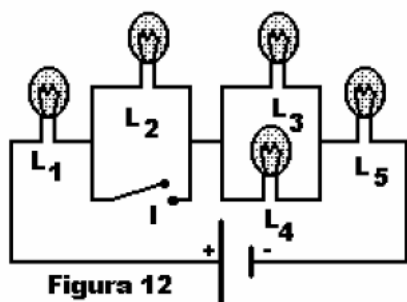
- a) maior no circuito 10.
- b) menor no circuito 10.
- c) o mesmo nos dois.

13) No circuito da figura 11:



- a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3 .
- b) L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3 .
- c) L_1, L_2 e L_3 brilham igualmente.

14) No circuito da figura 12, quando o interruptor é aberto, as lâmpadas L_3 e L_4 deixam de brilhar, embora L_2 brilhe. O que acontece com as lâmpadas L_1 e L_5 ?



- a) nem L_1 , nem L_5 brilham.
- b) L_1 brilha e L_5 não brilha.
- c) L_1 e L_5 brilham.

IMPORTANTE: NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES. RESPONDA APENAS NESTA FOLHA DE RESPOSTAS.

NOME: _____

Em cada questão do teste marque apenas uma das três alternativas (a, b, c) que, na sua opinião, melhor completa o enunciado.

Questão	Alternativa		
1	a	b	c
2	a	b	c
3	a	b	c
4	a	b	c
5	a	b	c
6	a	b	c
7	a	b	c
8	a	b	c
9	a	b	c
10	a	b	c
11	a	b	c
12	a	b	c
13	a	b	c
14	a	b	c

GABARITO

Questão	Alternativa		
1			X
2	X		
3		X	
4	X		
5		X	
6		X	
7			X
8			X
9	X		
10			X
11		X	
12		X	
13	X		
14			X