

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

MARIA INÊS APARECIDA FERREIRA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ENSINO INSPIRADA NOS MÉTODOS
PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR E INSTRUÇÃO POR PARES: UMA
IMPLEMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

SÃO MATEUS

2018

MARIA INÊS APARECIDA FERREIRA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ENSINO INSPIRADA NOS MÉTODOS
PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR E INSTRUÇÃO POR PARES: UMA
IMPLEMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Dissertação final apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga

SÃO MATEUS

2018

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

F383p Ferreira, Maria Inês Aparecida, 1990-
Proposta de uma metodologia de ensino inspirada nos métodos pensar-emparelhar-compartilhar e instrução por pares : uma implementação para o ensino de indução eletromagnética / Maria Inês Aparecida Ferreira. – 2018.
152 f. : il.

Orientador: Flávio Gimenes Alvarenga.
Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Ensino - Metodologia. I. Alvarenga, Flávio Gimenes. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 37

Elaborado por Filipe Briguiet Pereira - CRB-6 ES-000863/O

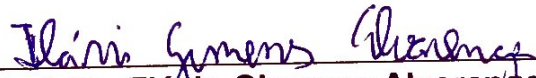
MARIA INÊS APARECIDA FERREIRA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ENSINO INSPIRADA NOS
MÉTODOS PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR E
INSTRUÇÃO POR PARES: UMA IMPLEMENTAÇÃO PARA O ENSINO
DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

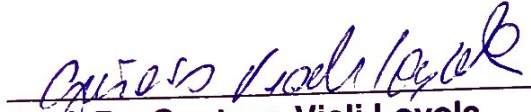
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Aprovada em 03 de julho de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador


Prof.^a Dr.^a Márcia Regina Santana
Pereira
Universidade Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Gustavo Viali Loyola
Universidade Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Emmanuel Marcel Favre
Nicolin
Instituto Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não poderia ter sido executada como foi sem o auxílio e apoio de algumas pessoas e instituições.

Agradeço inicialmente ao meu esposo, André, meu suporte na vida e no trabalho. Sem seu apoio, paciência e ajuda não chegaria até esse momento de tão memorável realização.

Agradeço também à minha família, meus pais, Maria Aparecida e Jurandir e à minha irmã, Isabel, pelo amor, apoio incondicional e seus esforços para me dar a melhor educação possível e me proporcionar a opção de continuar meus estudos

Ao meu orientador, Flávio Gimenes, por me guiar e auxiliar nesse trabalho, sempre com bom humor e seriedade.

À Instituição, UFES e o CEUNES, por proporcionar os meios para a realização dessa dissertação, o espaço, o curso, os professores, as disciplinas, etc. e aos professores do departamento de ciências naturais André Luiz Alves, Breno Rodrigues Segatto e Eduardo Perini Muniz por cederem tão gentilmente suas classes para que pudéssemos executar nossa pesquisa.

Aos meus professores e colegas de mestrado que com suas experiências, ensinamentos e companhia, contribuíram de maneira substancial.

“Diga-me eu esquecerei, ensina-me e eu poderei lembrar, envolva-me e eu aprenderei.”

Benjamin Franklin

RESUMO

Nesse trabalho utilizamos a metodologia ativa, que propõe um ensino mais voltado para o aluno pretendendo com isso torna-lo mais participativo, crítico e autônomo. Para isso, nos inspiramos em dois métodos ativos, o Pensar-Emparelhar-Compartilhar e o Instrução por pares e criamos um método onde utilizamos testes conceituais para incentivar o aprendizado conceitual e envolver os alunos em um ambiente propício para motivá-los a aprender. Implementamos o método em quatro turmas do ensino superior da Universidade Federal do Espírito Santo, no campus da cidade de São Mateus, em três aulas, com o conteúdo de indução eletromagnética. As aulas foram divididas em etapas e contaram com a execução de experimentos, apresentação do conteúdo, feito a partir de slides previamente construídos e execução do método, onde os alunos responderam cinco testes, primeiro individualmente e depois em grupo. Na última aula efetuamos um teste final contendo nove questões conceituais com todo conteúdo apresentado. Para os dados, empregamos o método análise de conteúdo, proposto por Laurence Bardin, para uma análise reflexiva relativa a interpretação dos dados coletados e, a partir disso, fizemos suposições acerca das dificuldades que os estudantes têm sobre o conteúdo. Pedimos para que eles dessem sua opinião acerca do método e as utilizamos, juntamente com nossas observações nas aulas, para estudar os impactos que o método proporcionou. Vimos que o método foi bem aceito, isso foi bem destacado nas opiniões dos estudantes. A atitude deles dentro de sala, onde foram participativos e interessados, reforçaram essa conclusão. Na maioria dos testes conceituais houve aumento no número de respostas corretas depois que os estudantes se reuniram. O teste final serviu para refletir sobre a continuidade dos estudos dos estudantes fora da sala de aula e como podemos incentivá-los nesse ponto. Concluímos que o método trouxe melhoras na comunicação, participação, argumentação e presença ativa dos alunos em sala e, com isso, vemos boas perspectivas para continuar os estudos e aplicações desse e de outros métodos.

Palavras-chave. Metodologia ativa. Instrução por Pares. Pensar-Emparelhar-Compartilhar. Ensino de Física. Ensino.

ABSTRACT

In this work we use the active methodology, which proposes a more student-oriented teaching aiming to make it more participative, critical and autonomous. To do this, we draw on two active methods, Think-Pair-Share and Peer-to-Peer Education, and create a method where we use conceptual tests to encourage conceptual learning and engage students in a supportive environment to motivate them to learn. We implemented the method in four classes of higher education of the Federal University of Espírito Santo, on the campus of the city of São Mateus, in three classes, with the content of electromagnetic induction. The classes were divided in stages and counted on the execution of experiments, presentation of the content, made from previously constructed slides and execution of the method, where the students answered five tests, first individually and then in a group. In the last class we performed a final test containing nine conceptual questions with all presented content. For the data, we used the method of content analysis, proposed by Laurence Bardin, for a reflexive analysis regarding the interpretation of the collected data and, from this, we made assumptions about the difficulties that the students have about the content. We asked them to give their opinion about the method and we used them, along with our observations in the lessons, to study the impacts that the method provided. We saw that the method was well accepted, this was well highlighted in the students' opinions. Their attitude in the room, where they were participatory and interested, reinforced this conclusion. In most conceptual tests there was an increase in the number of correct answers after the students had gathered. The final test served to reflect on the continuity of students' studies outside the classroom and how we can encourage them at that point. We conclude that the method has brought improvements in the communication, participation, argumentation and active presence of students in the classroom, and with this, we see good perspectives to continue the studies and applications of this and other methods.

Key words. Active Methodology. Peer Instruction. Think-Pair-Share. Physics Teaching. Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema do método JiTT	28
Figura 2.2. Esquema do método PI	29
Figura 2.3. Esquema do método POE	31
Figura 2.4. Esquema do método PBL	33
Figura 2.5. Esquema do método TBL	34
Figura 2.6. Esquema do método TPS	37
Figura 3.1. Caminho do elétron em um circuito	40
Figura 3.2. Linhas de campo magnético de um ímã	41
Figura 3.3. Fluxo magnético através de uma superfície	42
Figura 3.4. Experimento de indução	43
Figura 3.5. Lei de Lenz com o fluxo magnético aumentando	45
Figura 3.6. Lei de Lenz com o fluxo magnético diminuindo	45
Figura 3.7. <i>Fem</i> produzida pelo movimento	46
Figura 3.8. Figura para o cálculo da <i>fem</i>	46
Figura 3.9. Análise do movimento das cargas	50
Figura 3.10. <i>Fem</i> induzida sem movimento relativo	50
Figura 3.11. Linhas de campo elétrico induzido	51
Figura 3.12. Correntes de Foucault	52
Figura 4.1. Esquema do método adaptado	59

Figura 4.2. Primeiro experimento de indução	60
Figura 4.3. Segundo experimento de indução	61
Figura 4.4. Slide com questão utilizado na primeira aula	62
Figura 4.5. Slide com Figura utilizado na primeira aula	63
Figura 4.6. Teste conceitual aplicado na primeira aula	63
Figura 4.7. Slide com questão utilizado na segunda aula	65
Figura 4.8. Slide com figura utilizado na segunda aula	65
Figura 4.9. Teste conceitual aplicado na segunda aula	66
Figura 4.10. Slide com esquema do pêndulo de Waltanhofen (vídeo mostrado em sala)	67
Figura 4.11. Slide com figura utilizado na terceira aula	68
Figura 4.12. Teste conceitual aplicado na terceira aula	68
Figura 4.13. Exemplo de questão do teste final	69
Figura 5.1. Teste conceitual 1 da primeira aula	73
Figura 5.2. Gráficos com as respostas do A1TC1	73
Figura 5.3. Teste conceitual 2 da primeira aula	75
Figura 5.4. Gráficos com as respostas do A1TC2	75
Figura 5.5. Teste conceitual 3 da primeira aula	77
Figura 5.6. Gráficos com as respostas do A1TC3	77
Figura 5.7. Teste conceitual 4 da primeira aula	78
Figura 5.8. Gráficos com as respostas do A1TC4	79
Figura 5.9. Teste conceitual 5 da primeira aula	80

Figura 5.10. Gráficos com as respostas do A1TC5	80
Figura 5.11. Teste conceitual 1 da segunda aula	82
Figura 5.12. Gráficos com as respostas do A2TC1	82
Figura 5.13. Teste conceitual 2 da segunda aula	83
Figura 5.14. Gráficos com as respostas do A2TC2	84
Figura 5.15. Teste conceitual 3 da segunda aula	85
Figura 5.16. Gráficos com as respostas do A2TC3	86
Figura 5.17. Teste conceitual 4 da segunda aula	87
Figura 5.18. Gráficos com as respostas do A2TC4	88
Figura 5.19. Teste conceitual 5 da segunda aula	89
Figura 5.20. Gráficos com as respostas do A2TC5	89
Figura 5.21. Teste conceitual 1 da terceira aula	90
Figura 5.22. Gráficos com as respostas do A3TC1	91
Figura 5.23. Teste conceitual 2 da terceira aula	92
Figura 5.24. Gráficos com as respostas do A3TC2	93
Figura 5.25. Teste conceitual 3 da terceira aula	94
Figura 5.26. Gráficos com as respostas do A3TC3	95
Figura 5.27. Teste conceitual 4 da terceira aula	96
Figura 5.28. Gráficos com as respostas do A3TC4	97
Figura 5.29. Teste conceitual 5 da terceira aula	98
Figura 5.30. Gráficos com as respostas do A3TC5	98

Figura 5.31. Questão 1 do teste final	104
Figura 5.32. Questão 3 do teste final	104
Figura 5.33. Questão 4 do teste final	105
Figura 5.34. Questão 5 do teste final	106
Figura 5.35. Questão 2 do teste final	107
Figura 5.36. Questão 6 do teste final	108
Figura 5.37. Questão 8 do teste final	109
Figura 5.38. Questão 9 do teste final	110
Figura 5.39. Questão 7 do teste final	110
Figura C.1. Esquema de montagem do experimento de indução	134
Figura D.1. Esquema de segundo experimento	136
Figura D.2. Imãs de faces iguais virados um para o outro	137

LISTA DE SIGLAS

B-learning – Blended learning

CEUNES – Centro Universitário do Norte do Espírito Santo

Ddp – Diferença de potencial

Fem – Força eletromotriz

ISLE – Investigative Science Learning Environment

IpC – Instrução por colegas

JiTT – Just in Time Teaching

PI – Peer Instruction

SCALE UP – Student-Centered Active Learning Environment with Upside down Pedagogies

TC – Teste conceitual

TL – Testes de Leitura

TPS – Think-Pair-Share

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. JUSTIFICATIVAS	19
1.2. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E OBJETIVOS	19
2. ENSINO ATIVO	22
2.1. INTRODUÇÃO AO ENSINO ATIVO	23
2.2. ALGUNS MÉTODOS	26
2.2.1. ENSINO SOB MEDIDA (<i>JUST IN TIME TEACHING</i>)	26
2.2.2. INSTRUÇÃO POR PARES OU COLEGAS (<i>PEER INSTRUCTION</i>)	28
2.2.3. SCALE UP (<i>STUDENT-CENTERED ACTIVE LEARNING ENVIRONMENT WITH UPSIDE DOWN PEDAGOGIES</i>)	30
2.2.4. SALA DE AULA INVERTIDA (<i>FLIPPED CLASSROOM</i>)	30
2.2.5. PREVISÃO-OBSERVAÇÃO-EXPLICAÇÃO (<i>PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN</i>)	30
2.2.6. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (<i>PROBLEM BASED LEARNING</i>)	31
2.2.7. APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES (<i>TEAM-BASED LEARNING</i>)	33
2.2.8. ISLE (<i>INVESTIGATIVE SCIENCE LEARNING ENVIRONMENT</i>)	35
2.2.9. JOGOS (<i>GAMES</i>)	35
2.2.10. PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR (<i>THINK-PAIR-SHARE</i>)	36
2.3. SOBRE O MÉTODO ESCOLHIDO PARA ESSE TRABALHO	37
3. INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	38
3.1. INTRODUÇÃO	38
3.2. REVISÃO DE ALGUNS CONCEITOS	39
3.2.1. CORRENTE ELÉTRICA	39
3.2.2. RESISTÊNCIA ELÉTRICA	40
3.2.3. FORÇA ELETROMOTRIZ	40
3.2.4. CAMPO MAGNÉTICO	41

3.2.5. FLUXO MAGNÉTICO	41
3.3. INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	42
3.3.1. LEI DE FARADAY	43
3.3.2. LEI DE LENZ	44
3.3.3. FORÇA ELETROMOTRIZ INDUZIDA PELO MOVIMENTO	46
3.3.4. CAMPOS ELÉTRICOS INDUZIDOS	50
3.3.5. CORRENTES DE FOUCAULT	52
4. METODOLOGIA	53
4.1. TIPO DE PESQUISA	53
4.2. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	53
4.3. ETAPAS DA PESQUISA	55
4.4. CONTEÚDO E PÚBLICO ALVO	56
4.5. ADAPTAÇÃO DE DOIS MÉTODOS	57
4.6. MÉTODO APLICADO	58
4.7. AS AULAS	59
4.7.1. PRIMEIRA AULA – LEI DE FARADAY E LEI DE LENZ	60
4.7.1.1. ETAPA 1 - EXPERIMENTOS DE INDUÇÃO	60
4.7.1.2. ETAPA 2 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO	62
4.7.1.3. ETAPA 3 - APLICAÇÃO DO MÉTODO TPS+PI ENVOLVENDO CONCEITO DE INDUÇÃO, LEI DE FARADAY E LEI DE LENZ	63
4.7.2. SEGUNDA AULA – <i>FEM</i> DE MOVIMENTO E CAMPO ELÉTRICO INDUZIDO	64
4.7.2.1. ETAPA 1 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO	64
4.7.2.2. ETAPA 2 - APLICAÇÃO DO MÉTODO TPS+PI ENVOLVENDO <i>FEM</i> DE MOVIMENTO E CAMPO ELÉTRICO INDUZIDO	65
4.7.3. TERCEIRA AULA – CORRENTES DE FOUCAULT	66
4.7.3.1. ETAPA 1 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO	66
4.7.3.2. ETAPA 2 - APLICAÇÃO DO MÉTODO TPS+PI ENVOLVENDO CORRENTES DE FOUCAULT	68
4.7.3.3. ETAPA 3 - REVISÃO DO CONTEÚDO	68
4.7.3.4. ETAPA 4 – TESTE FINAL	69
4.8. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	69
4.8.1. SOBRE O MÉTODO	69
4.8.2. SOBRE A APLICAÇÃO	70

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
5.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DE CADA TESTE CONCEITUAL	72
5.1.1. PRIMEIRA AULA	72
5.1.2. SEGUNDA AULA	81
5.1.3. TERCEIRA AULA	90
5.2. SOBRE O MÉTODO APLICADO	99
5.2.1. OPINIÃO DOS ESTUDANTES	99
5.2.2. NOSSA IMPRESSÃO	101
5.2.2.1. SOBRE A APLICAÇÃO	101
5.2.2.2. SOBRE O MÉTODO EM SI	101
5.3. ANÁLISE DO TESTE FINAL	103
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	112
7. REFERÊNCIAS	115
APENDICES	120
A. SLIDES UTILIZADOS NAS AULAS DE INDUÇÃO	120
a. PRIMEIRA AULA	120
b. SEGUNDA AULA	125
c. TERCEIRA AULA	129
d. REVISÃO	131
B. MODELO DO CARTÃO RESPOSTA	133
C. ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS DA PRIMEIRA AULA	134
a. PRIMEIRO EXPERIMENTO	134
b. SEGUNDO EXPERIMENTO	135
D. EXPLICAÇÃO DO SEGUNDO EXPERIMENTO	136
E. RESULTADOS DOS TESTES CONCEITUAIS POR TURMA	138
a. RESULTADOS POR TURMA - PRIMEIRA AULA	138
b. RESULTADOS POR TURMA - SEGUNDA AULA	141
c. RESULTADOS POR TURMA - TERCEIRA AULA	144
F. RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO TESTE FINAL POR TURMA	149

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de física desde a sua aparição no ensino médio passa por alguns percalços como, por exemplo, quando os estudantes não conseguem entendê-la e/ou relacioná-la com sua vida, o que pode ser causado devido ao fato de no seu conteúdo se priorizar os cálculos, as fórmulas e as leis e minimizar os experimentos e conceitos. Autores como Moreira (2014), Gomes e Castilho (2009), Costa e Barros e Pena (2004) pontuam além dessas causas, alguns outros pontos responsáveis pelo baixo interesse e rendimento. Esses motivos são a falta de relação do conteúdo com o cotidiano; condições desfavoráveis para o aprendizado (incentivo à aprendizagem mecânica); falta de desafios; despreparo dos estudantes; perda de identidade do currículo; a reduzida quantidade de aulas semanais de física nas escolas e a pouca aplicação das teorias apresentadas nas pesquisas e trabalhos no ensino de física. Com essas características, o interesse em física fica reduzido, pois não valoriza a pesquisa, a inovação, a curiosidade e o desafio. Moreira (2014) classifica o ensino do século XXI como “ensino de testagem”, cujo foco é no treinamento dos estudantes para dar respostas corretas é centrado no docente, na aprendizagem mecânica e possui como principal objetivo que os estudantes alcancem as melhores notas nos exames. Moreira também fala sobre o ensino ideal e que esse seria exatamente o oposto do que é hoje, que teria como características o foco no aluno, incentivando a argumentação, a comunicação e o questionamento, utilizando tecnologia e desenvolvendo nos alunos, o interesse e a iniciativa para estudar e aprender.

No processo de ensino e aprendizagem focado no aluno, o professor tem papel fundamental incentivando seus estudantes à enxergarem o conteúdo como base para um aprendizado profundo e importante para suas vidas. Segundo Zimring (2010), *“o papel do mestre deve ser o de criar uma atmosfera favorável ao processo de ensino, o de tornar os objetivos tão explícitos quanto possível e o de ser sempre um recurso para os alunos.”*. Bonadiman e Nonenmacher (2007) e Silva e Navarro (2012) acreditam também no papel do professor como facilitador,

Na perspectiva de oferecer ao educando condições favoráveis e necessárias para o seu crescimento e para um bom desempenho, o professor participa desta caminhada como agente motivador e articulador das bases de referência

a partir das quais o aluno constrói o conhecimento, que denominaremos de conhecimento escolar. (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007, p. 203).

[...] o professor deve ser consciente de que seu papel é o de facilitador de aprendizagem, ou seja, agir como intermediário entre os conteúdos da aprendizagem e a atividade construtiva para assimilação ativa do conhecimento, a partir de abordagem global, trabalhando o lado positivo dos alunos, visando à formação de cidadãos conscientes. (SILVA e NAVARRO, 2012, p. 96).

Disso tiramos que os professores não são detentores da verdade nem os únicos autores do conhecimento. Os estudantes com suas experiências, dúvidas e curiosidades detêm um conhecimento não lapidado, que necessita de direcionamento. Nesse contexto é que o professor atua como guia, um facilitador, que irá ensinar e aprender com seus alunos para construir conceitos mais sólidos e consistentes daquilo que deseja ensinar, em uma relação de respeito mútuo, confiança, interação e de troca de saberes.

A relação entre professor e alunos no âmbito escolar reflete de modo expressivo no aprendizado. Quando essa relação não existe ou não recebe a devida atenção prejudica o ambiente, interferindo negativamente na interação entre os alunos e o conteúdo podendo comprometer o aprendizado. Carl R. Rogers foi um psicólogo americano que trabalhou intensamente nesse ponto. Ele criou uma psicoterapia inovadora que refletiu diretamente em sua visão sobre a educação. Suas ideias de caráter humanista, trouxeram uma visão diferenciada sobre essa relação entre professores e alunos e sobre o aprendizado. Ele também acreditava no professor como facilitador e responsável por criar um ambiente favorável para o aprendizado como colocam Rogers (1972) e Rogers (citado por Zimring, 2010, p.16),

Quando um facilitador cria, mesmo em grau modesto, um clima de sala de aula caracterizado por tudo que pode empreender de autenticidade, apreço e empatia; quando confia na tendência construtora do indivíduo e do grupo, descobre, então, que inaugurou uma revolução educacional. Ocorre uma aprendizagem de qualidade diferente. Um processo de ritmo diverso, com maior grau de penetração. (ROGERS, 1972).

Para mim, facilitar a aprendizagem é o objetivo essencial da educação, a melhor maneira de contribuir para o desenvolvimento do indivíduo que aprende

e de aprender ao mesmo tempo a viver como indivíduos. Eu vejo o processo que permite facilitar a aprendizagem como uma função capaz de levar a respostas construtivas, provisórias e evolutivas para certas interrogações muitíssimo importantes que assaltam os homens hoje. (ROGERS, citado por ZIMRING, 2010, p. 16)

Uma educação emancipadora e libertadora e a centralidade no estudante são características de destaque em sua teoria pedagógica. Rogers (1969, p.114) ditou alguns princípios para a sua teoria educacional, dentre os quais destacamos: que todos temos aptidão inerente para aprender; que a aprendizagem se dá em grande parte devido à ação, que essa é facilitada com a participação do aluno no processo e que um ambiente não ameaçador pode facilitar o processo de aprendizagem. Para isso, algumas características de suas ideias para a educação, como, por exemplo, a confiança, valorização, aceitação e autenticidade entre os envolvidos, a ação dos estudantes para que possam adquirir conhecimento, a facilitação proporcionada pelo professor, devem ser aplicadas de maneira cotidiana em sala de aula.

A responsabilidade do aluno sobre seu próprio aprendizado é uma característica importante na teoria de Rogers, isso é o que destaca Moreira (2007) quando diz que *“no decorrer do processo educativo, o professor aprenderá, além disso, que não somente ele, mas também o aluno, são responsáveis por esse processo.”* Já que, para Rogers, *“ensinar é aprender”* (MOREIRA, 2007, p. 46), os alunos também terão papel atuante dentro de sala de aula. As ideias de Rogers receberam influência, dentre outros, do empirismo de John Dewey que foi uma figura importante para esse trabalho e que mencionaremos novamente mais à frente.

Se olharmos para as ideias educacionais propostas por Rogers, veremos que elas se assemelham muito às ideias do Ensino Ativo, que é base para esse trabalho, esse modelo de ensino também procura desenvolver a autonomia, a curiosidade, a confiança e, principalmente, a passagem dos alunos de passivos para alunos ativos em sala de aula. Assim como para Rogers (1972, 1969), o professor na metodologia ativa é um facilitador do processo de aprendizagem que irá se concentrar em seus alunos, incentivando-os a serem mais participativos, atuantes, críticos e argumentativos, levando-os à novos conhecimentos, ideias e aprendizados.

1.1. JUSTIFICATIVAS

Diante das nossas pesquisas, verificamos que a metodologia ativa vem ganhando espaço nos últimos anos em pesquisas no ensino de diversas áreas do conhecimento, tornando-se uma fonte de pesquisa promissora. Na física, por exemplo, temos alguns trabalhos com a aplicação e estudos de os métodos ativos publicados atualmente na Revista Brasileira de Ensino de Física em 2017 e 2018. (PARREIRA, 2018; SASAKI e DE JESUS, 2017; ARAÚJO et al, 2017; MÜLLER et al, 2017; OLIVEIRA et al, 2017; KIELT et al, 2017). Os relatos e experiências de tais pesquisas sobre a versatilidade e adaptabilidade dos métodos ativos, o fato de proporcionar experiências diferentes para a comunidade estudantil e para os professores envolvidos, além de seus resultados, tanto em conhecimento adquirido quanto em qualidade de ensino, gerou curiosidade e entusiasmo de nossa parte.

1.2. PROBLEMA DA PESQUISA E OBJETIVOS

Não somos capazes de garantir o aprendizado do outro, mas podemos tentar criar um ambiente que estimule o aluno de forma que ele se sinta mais entusiasmado e interessado, ocasionando assim uma abertura para o aprender. Claro que não podemos afirmar que uma metodologia é melhor ou pior que outra afinal cada aluno aprende de uma forma, cada conteúdo é apresentado melhor de uma forma que de outra e ainda existem as preferências dos professores sobre uma metodologia ou outra. O excesso de conteúdo a ser trabalhado em pouco tempo pode ser um dos motivos para a escolha da metodologia tradicional, que se caracteriza pela exposição do conteúdo pelo professor, esse leciona da mesma forma para todos os seus alunos, considerando que todos pensam da mesma forma. Na disciplina de física são mais valorizados os cálculos, a memorização de equações e resultados ocorrendo uma redução do tempo para focar nos conceitos físicos. Isso pode resultar num problema tanto na resolução de exercícios e problemas quanto no entendimento de fenômenos, já que ambos dependem do entendimento dos conceitos.

Analisando esses pontos, pensamos para esse estudo: como poderíamos criar um ambiente favorável para o aprendizado, incentivar o aprendizado conceitual e a participação, estudar possíveis dificuldades no conteúdo e tornar os estudantes mais ativos? Para tentar alcançar isso, utilizamos um método ativo de ensino - Esses tipos

de métodos são constituídos por uma série de etapas e que buscam melhorias no processo de ensino e aprendizado e na relação entre aluno e conteúdo, proporcionando a todos os envolvidos esse processo uma maior interação, participação e incentivo ao trabalho em grupo. Utilizamos o método visando como objetivos criar um ambiente mais favorável para o aprendizado dos estudantes, incentivar o aprendizado conceitual, tornar os estudantes mais ativos e estudar a aplicação de um método específico em termos da aceitação dos estudantes e da adequação desse sobre o tema escolhido para a aula, além de utilizar as respostas dos estudantes nas questões conceituais apresentadas para levantar hipóteses acerca de suas dificuldades para com o conteúdo escolhido de modo a auxiliar futuras aplicações.

Nossa pesquisa forneceu uma dissertação composta por 7 capítulos, sendo o primeiro composto pela introdução. No Capítulo 2 introduzimos o Ensino Ativo, seus objetivos, alguns nomes importantes no passar dos anos, a apresentação de alguns métodos ativos que possuem aplicações e objetivos distintos e justificativas para escolhas do método que aplicamos em sala. Fizemos uma explanação do conteúdo de indução eletromagnética no Capítulo 3, conteúdo este escolhido para a nossa aplicação. Iniciamos com uma rápida revisão de conceitos elementares para o entendimento do fenômeno e seguimos com conteúdo que lecionamos em sala.

Relatamos, no Capítulo 4, o processo de como a metodologia foi implementada em sala de aula. Descrevemos o método de análise de dados que utilizamos, apresentamos o conteúdo e o público alvo que escolhemos para a pesquisa, o método ativo escolhido e como ele foi adaptado para suprir as condições iniciais que tínhamos que contornar para obter melhores resultados. Em seguida, descrevemos as aulas lecionadas, como foram divididas e como o método foi aplicado em cada uma delas, o tempo gasto em cada etapa e qualquer eventualidade que tenha ocorrido durante o processo. Finalizamos o capítulo com algumas observações sobre o método e sobre a aplicação deste nas aulas. Seguimos com Capítulo 5, onde apresentamos nossos resultados e algumas discussões sobre eles.

No Capítulo 6, fizemos nossos comentários finais sobre o método, a aplicação, os alunos, os resultados e nossas perspectivas para futuras aplicações. Finalizamos essa dissertação com Capítulo 7, onde apresentamos as referências utilizadas para

fundamentar, enriquecer e complementar nossa pesquisa, seguido dos apêndices, nos quais se encontram os slides utilizados em sala para a exposição do conteúdo que escolhemos, o modelo do cartão resposta utilizado no método, o roteiro dos experimentos que fizemos em sala de aula, a explicação de um desses experimentos e os gráficos das respostas, por turma, dos testes conceituais e do teste final.

Observação: nesse trabalho se encontram esquemas, figuras e slides, todos eles produzidos por nós em diferentes etapas dessa pesquisa. Por conta disso, não haverá qualquer referência desses.

2. ENSINO ATIVO

A maioria dos modelos de ensino utilizados são aqueles centrados no professor/conteúdo, ou seja, o professor transmite o conteúdo aos alunos que são apenas receptores de informação. Porém, há também os modelos de ensino centrados no estudante, que são aqueles que procuram incentivar a curiosidade, a busca do conhecimento e a autonomia (CARVALHO, 2003). Listamos alguns exemplos desses modelos a seguir. Antes disso, porém, é importante salientar que nenhum método que listamos deve ser, necessariamente, centrado no aluno ou no professor, tudo depende de como a aula é ministrada e dos objetivos do professor. Há também o fato de que esses modelos poderem ser aplicados de modo a se integrarem. Por exemplo, uma aula cuja forma de ensino é tradicional pode ser complementada com um método ativo, ou com uma parte online. Outro ponto a ser observado é que não temos intenção alguma de preferenciar um método a outro, apenas descrevemos as características de tais tipos de ensino de modo a ilustrar suas diferenças e semelhanças para assim, introduzirmos modelo de ensino com o qual estamos trabalhando.

- O ensino tradicional.
Segundo Leão (1999), esse é o método mais utilizado nas instituições de ensino de todos os níveis no Brasil, em sua maioria dada de forma presencial. Epistemologicamente, essa forma de ensinar coloca todos os estudantes em um mesmo patamar de aprendizado e assume que esses possuem conhecimento cumulativo que deve ser adquirido a partir de transmissão em uma instituição escolar. O papel do aprendiz dentro da sala de aula é de passividade e o professor é o único portador do conhecimento a ser transmitido. Nesse tipo de ensino, se o aluno foi capaz de reproduzir o conteúdo ensinado, então houve aprendizagem.
- O *e-learning* ou aprendizado online.
É um tipo de ensino que se caracteriza pela mobilidade, devido ao fato de que aluno e professor (ou tutor) não precisam estar no mesmo ambiente para que ocorra o processo de ensino e aprendizagem. Nesse tipo de ensino, todo material a ser aprendido (aulas, testes, documentos, etc.) se encontra

disponível na internet e o contato entre aluno e professor ou tutor também é feito online. Os estudantes podem trabalhar de forma individual, denominado auto formação, ou em grupos de trabalho, chamado de aprendizagem colaborativa. O papel do professor é bem limitado no que se refere a interferência no aprendizado.

- *O blended learning.*

Também conhecido como *b-learning* ou ensino híbrido é um modelo de ensino que mistura duas modalidades: a presencial e a online. A fração de ensino presencial e online que compõe esse modelo depende da instituição em que esse tipo de ensino está envolvido. É o caso de algumas instituições de ensino à distância. (CAÇÃO e DIAS, 2003).

- O ensino adaptativo.

Esse tipo de ensino, que pode ser presencial ou online, é um sistema que utiliza programas computacionais (plataformas), capazes de sofrer modificações automaticamente a partir da evolução e ou dificuldades do aluno. Comumente é utilizado online (mas não é obrigatório) e prevê a participação integral do aluno já que é o próprio quem vai monitorar a evolução do seu aprendizado. Muitas vezes, o objetivo do ensino adaptativo é se tornar um ensino personalizado, ou seja, suprir as necessidades individuais de cada estudante em particular. Alguns jogos e programas educacionais se encaixam nesse perfil de ensino. (TEIXEIRA, 2015).

Nesse trabalho, iremos nos concentrar em outro modelo, o Ensino Ativo. Esse tipo de ensino se concentra no “como aprender” cujo principal objetivo é a participação ativa do estudante em sala de aula para que esse se torne mediador do conhecimento, aprenda a aprender e, conseqüentemente, adquira autonomia no seu aprendizado. (BERBEL, 2011).

2.1. INTRODUÇÃO AO ENSINO ATIVO

No ensino ativo não estão envolvidos apenas os processos cognitivos, como a aquisição conhecimento e criticidade, mas também aspectos emocionais, como autoconfiança e a interação dos envolvidos. As conseqüências esperadas pelo Ensino Ativo para a postura mais participativo do aluno em sala são que eles adquiram vontade de questionar e de explorar e curiosidade dentro e fora de sala, capacidade

de trabalhar em conjunto e de tomar decisões individuais e em grupo, discutir temas diversos com argumentos sólidos, aprender a lidar com experimentos de forma não literal, além de comprometimento, atitudes positivas com o aprender e o estudar, companheirismo e respeito com os colegas, professores e também com o conteúdo. Para alcançar tais objetivos, a metodologia ativa faz uso de métodos, atitudes e estratégias para garantir a participação dos estudantes, sendo comum a utilização de formação de grupos, de mídias e experimentos durante as aulas. Nesse modelo de ensino o professor sai do papel de somente transmissor e passa a ser um facilitador no processo de aprendizagem e, também, vira aprendiz, adquirindo novas ideias e aprendizado ao compartilhar conhecimento e experiências com seus alunos. O estudante por sua vez, ganha espaço dentro de sala para compartilhar o que sabe e o que não sabe, discutir ideias e compartilhar ideias enquanto aprende. (NASCIMENTO e COUTINHO, 2013; BORGES e ALENCAR, 2014).

Olhando para a trás, alguns nomes destacam-se no que se trata de ensino centrado no aluno. A educadora, médica e pedagoga italiana (RÖHRS, 2010) Maria Montessori (1870-1952), criadora do método Montessori (COSTA, 2001; CARDOSO e LIBRELOTTO, 2011), até hoje utilizado em algumas escolas. Segundo Kramer (1976), o método Montessori diz que disciplina e liberdade equilibram-se, sendo dependentes uma da outra e que na escola, o professor é um coadjuvante, um guia. O ambiente e o material didático eram os autores do processo de aprendizado.

Outro nome importante é o filósofo e pedagogo norte-americano, John Dewey (1859-1952), que trabalhou com a ideia do aprendizado baseado em problemas que resultasse em dúvidas, questionamentos e perturbações nos estudantes. De acordo com Pereira et al (2009), a ideia de Dewey para o aprendizado a partir da resolução de problemas, era que esse valorizava experiências reais e desafiadoras, motivando a prática e estimulando o cognitivo (o estudante pensa em soluções alternativas), levando o aluno a uma aprendizagem significativa, pois trabalha diferentes processos mentais como comparação, análise e interpretação, tomando parte ativa de sua formação. (WESTBROOK e TEIXEIRA, 2010).

No Brasil, Anísio Teixeira (1900 - 1971), Lourenço Filho (1897 - 1970) e Fernando de Azevedo (1894 - 1974) foram destaque na disseminação das ideias de Dewey para a educação brasileira. Anísio Teixeira seguia as ideias de Dewey e acreditava que

iriam revolucionar a educação brasileira. Segundo Nunes (2000),

Sua apropriação de Dewey foi longa e múltipla e se desdobra em inúmeras publicações, traduções e na sua própria prática política. As suas experiências como docente e, sobretudo, como administrador, em diferentes conjunturas, foram depurando a sua escolha de temas e a sua apreciação sobre a obra deste autor. (Nunes, 2000, p. 14)

Lourenço Filho compartilhava de algumas ideias de Dewey, como cita Carvalho (2011),

[...] Lourenço irá citar alguns elementos da teoria de Dewey e irá defender alguns princípios referentes à questão da “comunidade em miniatura”, à “importância do trabalho conjunto” de uma turma de alunos e dos “jogos recreativos” Em tudo isso irá utilizar-se do autor norte-americano. Em relação à origem do sistema de projetos, Lourenço também fará menção ao autor e destacará a sua contribuição quanto a essa forma de conduzir o processo de ensino-aprendizagem. (CARVALHO, 2011, p.63)

Fernando Azevedo, também foi influenciado pelas ideias de Dewey, foi também o fundador da Associação Brasileira de Educação (ABE), responsável pela renovação educacional brasileira. (CARVALHO, 2011). Todos esses foram parte integrante no *Manifesto dos pioneiros da Educação Nova*¹, em 1932, que discutiu as questões educacionais brasileiras, seus objetivos e foco. Com o objetivo de mudar as até então características tecnicistas do ensino e passar o foco do professor para o estudante, tornando-o mais atuante em sala e mais autônomo em seu aprendizado.

O termo “Aprendizagem ativa”, segundo Pereira et al (2009), foi idealizado pelo astrofísico, professor, acadêmico e consultor de gestão, Reginald William Revans (conhecido como Reg Revans) (1907-2003), designado como o pioneiro da aprendizagem ação (do inglês action learning). Ele diz, segundo Simon (acesso 30/08/2017 às 8:59), que “*para que uma organização sobreviva, sua taxa de aprendizagem deve ser pelo menos igual à taxa de mudança em seu ambiente externo*”, essa é conhecida como a lei de Revans.

¹ Não é nosso intuito falar sobre o Manifesto, mas utilizamos como referência o texto “Manifesto dos pioneiros da educação nova (1932) e dos educadores (1959)” disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4707.pdf>.

No Ensino Ativo, alguns nomes, métodos e trabalhos receberam destaque nas últimas décadas. Muitos métodos ativos foram criados e adaptados. Dos trabalhos, evidenciam-se Bowell e Eison (1991), com seu trabalho “*Aprendizagem ativa: criando emoção dentro de sala*” (do inglês: *Active learning: Creating excitement in the classroom*) e Melvin L. Silberman (1996, 2005), com seus livros, que são como guias, onde ele apresenta métodos ativos para serem aplicados em sala de aula. Alguns de seus títulos são: “*Aprendizado ativo: 101 estratégias para ensinar qualquer assunto*” (do inglês: *Active learning: 101 strategies to teach any subject*) e “*Ensinando ativamente: oito etapas e 32 estratégias para provocar o aprendizado em qualquer sala*” (do inglês: *Teaching actively: Eight steps and 32 strategies to spark learning in any class*). Dos métodos criados, destacamos: o *Peer Instruction*, criado pelo físico e professor de Harvard, Eric Mazur, em 1991; o *Just In Time Teaching*, criado na universidade de YALE, por Gregor Novak et al, em 1999 e, o mais atual deles, o *Flipped Classroom*, criado pelos professores Jonathan Bergmann e Aaron Sans, em 2007. Os métodos citados serão descritos a seguir. Todos esses autores tiveram como incentivo para a criação dos métodos, o melhor aproveitamento dos estudantes em sala de aula para que pudessem aprender mais, melhor e de modo ativo. (ARAUJO e MAZUR, 2013; BERGMANN e SANS, 2017).

2.2. ALGUNS MÉTODOS

Como dissemos anteriormente, para mediar o processo de ensino e aprendizagem utilizamos na aprendizagem ativa vários métodos ativos, que estão inseridos em um conjunto metodológico, denominado, metodologias ativas de ensino e aprendizagem e que são utilizados pelo professor na busca da aprendizagem ativa. A seguir, listamos e descrevemos alguns exemplos de métodos ativos², que possuem diferentes etapas de aplicação e objetivos. Utilizaremos esses métodos para introduzirmos o tipo de método que queríamos para aplicar em sala de aula, esse por sua vez será descrito mais adiante.

2.2.1. ENSINO SOB MEDIDA (*JUST IN TIME TEACHING*)

O método Ensino sob medida (abreviado do inglês, JiTT), trata-se de um método onde

² Devemos nos atentar que os nomes traduzidos dos métodos podem sofrer alteração em alguns autores. Colocamos as traduções que encontramos com maior frequência em nossas pesquisas.

o professor disponibiliza um material prévio para os estudantes para que estes estudem antes da aula. O objetivo é que o tempo de aula seja reservado para discussões e compartilhamento de ideias sobre o assunto em questão. Esse método envolve três etapas as quais descrevemos a seguir.

Etapa 1. Tarefas de leitura (TL). Nessa etapa, o professor disponibiliza materiais para os estudantes (texto, vídeos, matérias, exercícios, etc.) antes da aula, juntamente com um questionário virtual contendo algumas questões sobre os tópicos em questão, para que respondam um tempo antes da aula. A análise desse questionário, como por exemplo as dúvidas que os estudantes obtiveram, as questões com maior número de erros e as confusões entre conceitos, servem de base para a preparação da aula. Os materiais propostos devem ser, de preferência, próximos ao dia a dia do estudante de forma a estimulá-lo.

Etapa 2. Discussões em sala de aula sobre as TL. Na sala, ele transcreve as questões do questionário e expõe algumas respostas dadas pelos estudantes (anonimamente para não haver constrangimentos) de modo a incitar discussões em cima das questões. A partir daí, busca as respostas dos questionários conduzindo as discussões, colocando questionamentos e guiando os alunos em suas colocações.

Etapa 3. Atividades envolvendo os conceitos trabalhados nas TLs e as discussões em sala. A partir da análise das respostas dadas pelos estudantes às TLs, o professor se prepara para a aula e pode escolher o que julga ser as melhores atividades. Essa etapa é onde o professor pode variar as atividades, por exemplo, dar questões para os alunos trabalharem em grupo, trabalhos manuais, como experimentos, discussões, etc. Ou seja, essa etapa é livre para experimentar e averiguar qual tipo de atividade se enquadra melhor na sala cujo método está sendo aplicado.

Após isso, ao final da aula, é apresentado aos estudantes uma questão desafiadora (chamada *puzzle*) que envolva, em uma perspectiva diferente, o conhecimento discutido até então. (ARAUJO e MAZUR, 2013). Na Figura 2.1 se encontra um esquema desse método.

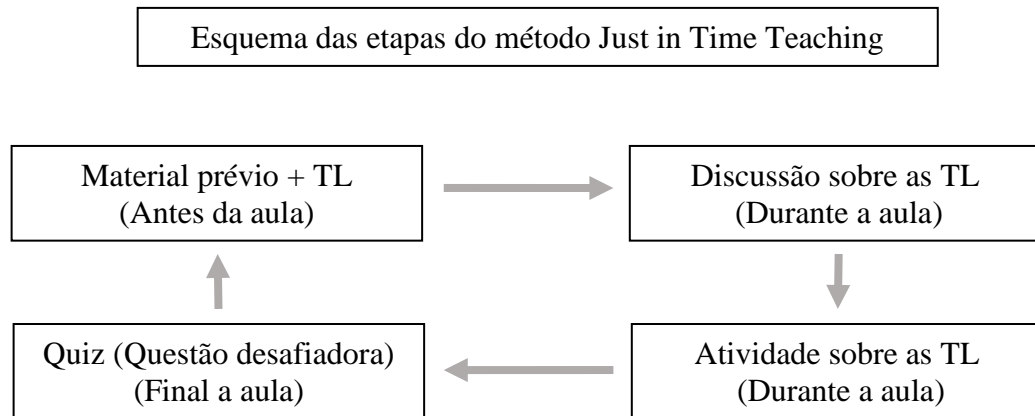


Figura 2.1. Esquema do método Just in Time Teaching.

2.2.2. INSTRUÇÃO POR PARES OU COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*)

O método Instrução por Pares ou Colegas (abreviado como IpP ou, do inglês, PI), baseia-se em um conjunto de etapas cujo objetivo é promover o conhecimento conceitual dos assuntos e a troca de conhecimento. Tais etapas estão descritas a seguir.

Etapa 1. Introdução ao tema. O professor inicia a aula apenas com um rápido resumo dos pontos importantes da matéria (por volta de 10 a 20 minutos dependendo do tamanho do conteúdo).

Etapa 2. Apresentação do teste conceitual. O professor apresenta aos seus estudantes uma questão conceitual e de múltipla escolha sobre o assunto em questão. Essa questão é nomeada teste conceitual (TC).

Etapa 3. O professor disponibiliza entre 1 e 2 minutos para que os estudantes respondam o teste individualmente e registrem suas respostas (esse registro pode ser feito em cartões ou flashcards ou clickers).

Etapa 4. Após a análise das respostas, há três possíveis casos: menos de 30% das respostas estarem corretas, nesse caso, o professor volta para a Etapa 1; entre 30% e 70% das respostas corretas, o professor coloca seus alunos para discutirem a questão com outros estudantes (em pares) por dois minutos e depois coleta novamente suas respostas; acima de 70% de acertos, o professor passa para um

novo teste conceitual e começa novamente na etapa 3³. Em todos esses casos, ao final do último registro de respostas, a questão é respondida e explicada pelo professor (de preferência explicando porque as outras alternativas estão incorretas) antes de passar para o próximo TC⁴. (MÜLLER et al, 2017). A Figura 2.2 mostra o esquema das etapas desse método.

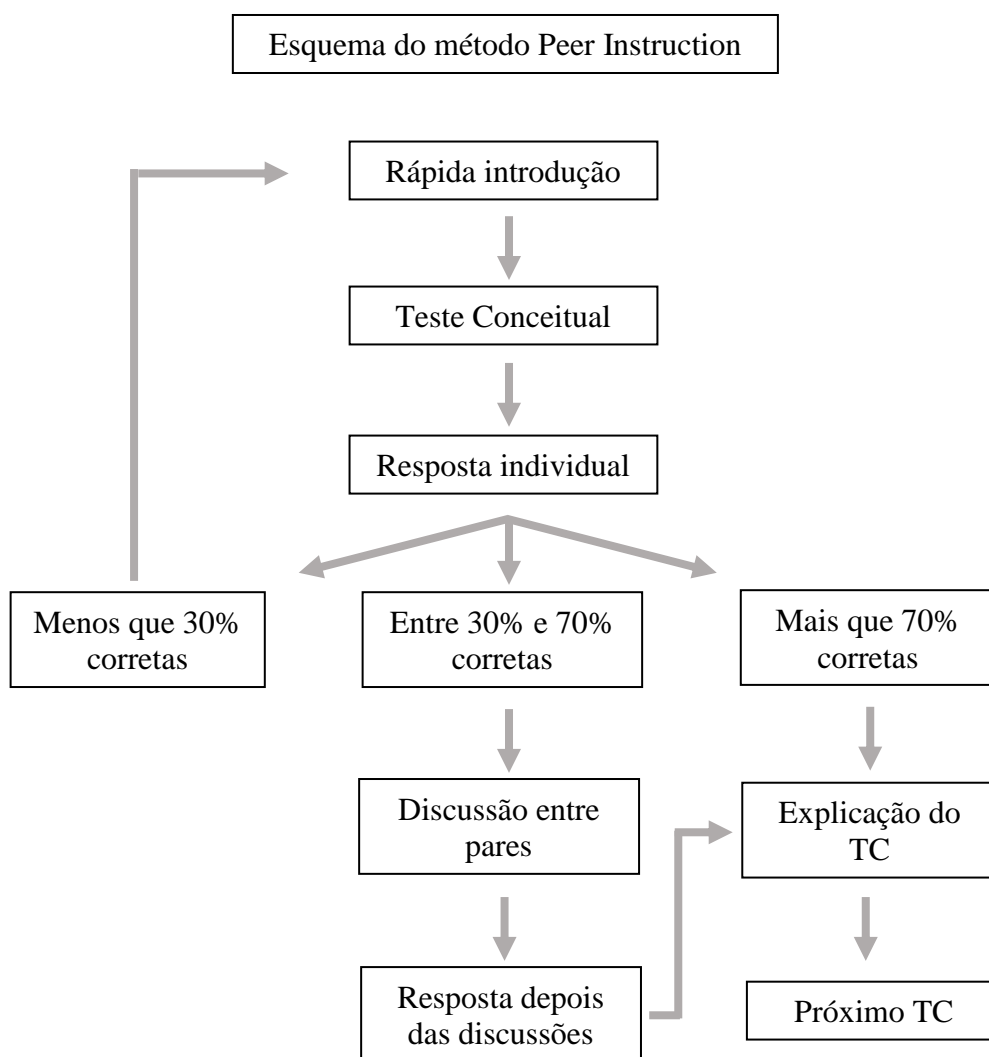


Figura 2.2. Esquema do método Peer Instruction.

O método PI é comumente associado ao método JiTT em sala de aula, de modo que os estudantes cheguem mais preparados para os testes conceituais aplicados. (ARAUJO et al, 2017; SANTOS, 2017; LOPES, 2016; DINIZ, 2015; KIELT, 2017).

³ As porcentagens mencionadas podem variar um pouco dependendo do autor.

⁴ Os TC são aplicados até o final da aula. Caso o Peer Instruction seja aplicado em conjunto com o Just in Time Teaching, ao final da aula o professor diz aos estudantes os tópicos que deverão ser vistos para a próxima aula.

2.2.3. SCALE UP (*STUDENT-CENTERED ACTIVE LEARNING ENVIRONMENT WITH UPSIDE DOWN PEDAGOGIES*)

No método SCALE UP, o objetivo é gerar a maior autonomia possível no estudante e, para isso, ao invés de aulas expositivas, o professor apresenta atividades projetadas para que os estudantes observem, reflitam e discutam até que o conceito seja aprendido. Pode ser feita mais de uma atividade por aula com mais de um conteúdo.

As salas são adaptadas para esse método de forma que os estudantes tenham espaço para pesquisa (computadores e livros), para escrita (quadros e folhas de rascunho) e discussão (mesas grandes e cadeiras). Os computadores são bastante utilizados nesse método tanto para pesquisas quanto para as atividades. (HENRIQUES et al, 2014).

2.2.4. SALA DE AULA INVERTIDA (*FLIPPED CLASSROOM*)

O método Sala de aula invertida é parecido como o JiTT por também pretender que o tempo em sala de aula seja utilizado para discussões e aplicações do conteúdo para a melhoria no entendimento. Para isso, o professor grava suas aulas e as deixa disponíveis na internet para que os alunos tenham acesso ao conteúdo antes da aula. Durante a aula, são priorizadas as discussões, as atividades, as dúvidas e a integração. Os vídeos das aulas ficam disponíveis para que os estudantes as assistam quantas vezes quiser. (TREVELIN e PEREIRA, 2013; FREITAS, 2015; OLIVEIRA et al, 2016; VALENTE, 2014).

2.2.5. PREVISÃO-OBSERVAÇÃO-EXPLICAÇÃO (*PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN*)

O método Previsão-Observação-Explicação, tem como objetivo incentivar o pensamento crítico, a análise e a observação dos estudantes. Pode ser aplicado com os alunos em grupo ou individualmente. O processo de aplicação é feito em etapas as quais estão descritas a seguir.

Etapa 1. Apresentação do problema. O professor apresenta uma situação ou problema real para os estudantes. Pode ser um vídeo, um experimento, uma matéria ou uma notícia, que seja de preferência relacionada ao assunto estudado.

Etapa 2. Previsão. O professor pede aos alunos que façam previsões acerca do

material que será apresentado e expliquem suas teorias com base no que eles sabem, independentemente de ser conhecimentos adquiridos ou senso comum.

Etapa 3. Observação. Nessa etapa, o estudante irá realizar ou ver o que foi apresentado pelo professor na Etapa 1, sendo instigado a comparar suas previsões com o que ele observou que aconteceu de fato⁵.

Etapa 4. Explicação. Aqui, o estudante explica as diferenças entre o previsto e o observado (caso haja) e, por meio de discussões juntamente com o professor, buscando uma explicação completa. (SANTOS e SASASKI, 2015; SASASKI e DE JESUS, 2017; DORNELES et al, 2006). Na Figura 2.3 está esquematizado as etapas desse método.

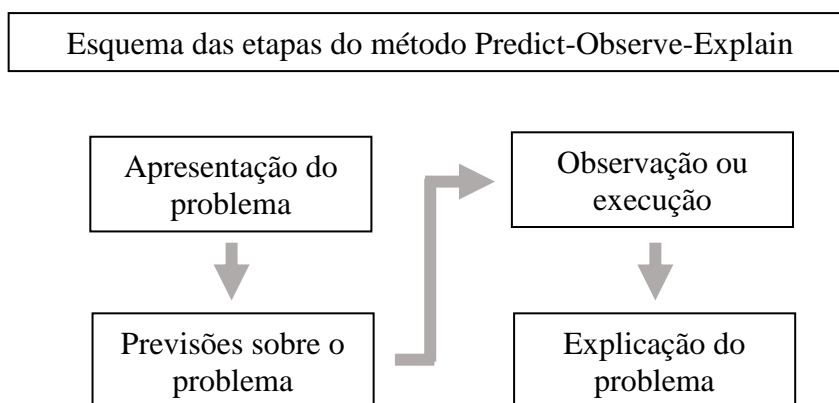


Figura 2.3. Esquema do método Predict-Observe-Explain.

2.2.6. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (*PROBLEM BASED LEARNING*)

O método Aprendizagem Baseada em Problemas ou Aprendizado baseado em Problemas pretende melhorar a capacidade de pensamento dos estudantes, seu trabalho individual e em conjunto e sua capacidade de resolver problemas com mais conceitos envolvidos. Durante o desenvolvimento do método os alunos são acompanhados por um tutor, que pode ser tanto um professor quanto um aluno mais avançado. As Etapas de aplicação do método serão apresentadas a seguir.

Etapa 1. Apresentação do problema. O professor apresenta um problema, de preferência um problema real, que é analisado pelos alunos que estarão organizados

⁵ Caso o professor não tenha acesso a mais de um experimento e a turma seja grande, o professor pode fazer o experimento e mostrar para a turma, garantindo que todos os estudantes tenham visto o que aconteceu.

em grupos.

Etapa 2. Levantamento de hipóteses. Definido o problema, com ajuda do tutor, os estudantes discutem e levantam hipóteses a respeito das causas desse problema.

Etapa 3. Avaliação e discussão. Os alunos avaliam suas hipóteses e as comparam com os dados do problema. Nessa etapa se encontra a oportunidade de discutir a respeito de conceitos referentes ao conteúdo e de verificar o entendimento dos estudantes sobre tal.

Etapa 4. Resolução de problemas conceituais. Se nessa etapa os estudantes não conseguirem uma solução para o problema, os pontos conceituais necessários para a resolução são levantados e discutidos.

Etapa 5. Divisão de tarefas. Definir o trabalho do grupo, compor as prioridades, os papéis dentro do grupo, tipos de pesquisa, etc.

Etapa 6. Pesquisa. De acordo com o que for definido na etapa anterior, os alunos fazem uma pesquisa individualmente.

Etapa 7. Compartilhamento de descobertas da pesquisa individual dentro do grupo.

Etapa 8. Verificação. Nessa etapa, são aplicados os conceitos e ideias descobertas e se encontra a resolução do problema inicial.

Etapa 9. Elaboração de algo concreto em relação à resolução. Pode ser um relatório, uma montagem experimental, um vídeo, um pôster, etc.

Etapa 10. Avaliação dos alunos sobre o processo, o trabalho, os colegas e a auto avaliação.

Uma característica importante nesse método é que o professor apenas dirige a aula, sem se intrometer ou conceber qualquer tipo de resposta. Quando é solicitado, ele pode guiar uma ideia ou abranger uma ideia, mas sem entrar muito em conceitos. (BORGES et al, 2014; SOUZA e LOURADO, 2015). Na Figura 2.4 está apresentado um esquema desse método.

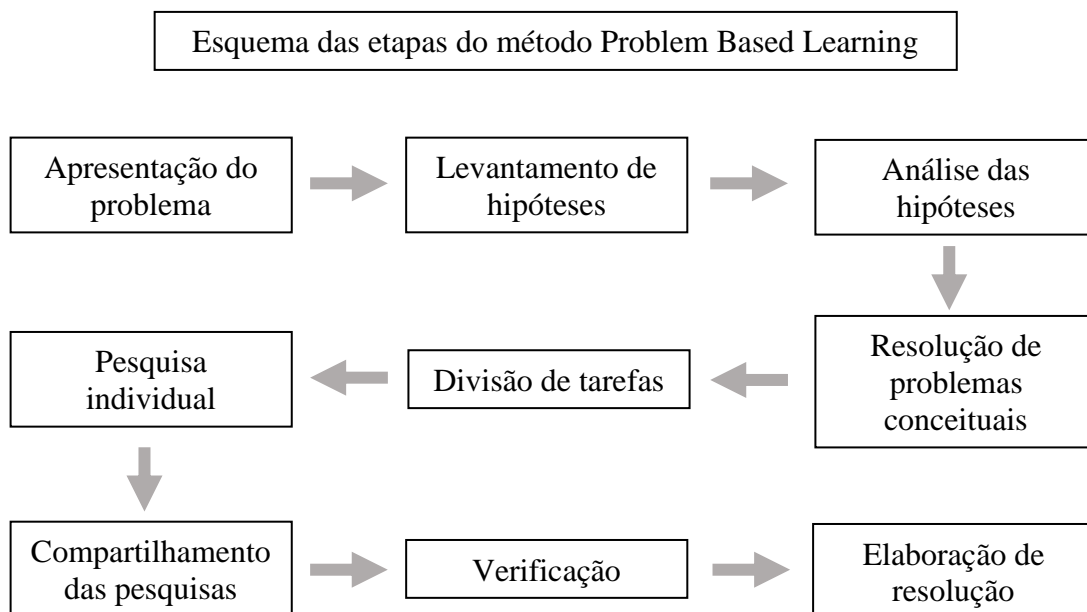


Figura 2.4. Esquema do método Problem Based Learning.

2.2.7. APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES (*TEAM BASED LEARNING*)

O método Aprendizagem Baseada em Equipes ou Aprendizado baseado em Times tem como objetivo a integração, o trabalho individual e em conjunto e que os estudantes se sintam responsáveis por seu aprendizado e de seus colegas. Esse método é dividido em etapas que envolvem atividades de preparação e de aplicação tanto dentro quanto fora de classe. As etapas para aplicação estão descritas a seguir.

Etapa 1. Estudo prévio. Os estudantes fazem um estudo, extraclasse, do conteúdo a ser estudado. O material disponibilizado pelo professor para essa preparação pode ser variado como vídeos, simulações ou textos.

Etapa 2. Testes conceituais. Os alunos, em sala, respondem individualmente a um teste conceitual, denominado teste de preparação individual, que normalmente é de múltipla escolha e que estará relacionado com a matéria previamente estudada. Em seguida, o mesmo teste é realizado em equipe onde as repostas serão únicas e consensuais. Caso as respostas estejam incorretas, haverá uma discussão em grupo para tentar encontrar a resposta correta. Em caso de discordância da resposta, o professor explicará a questão. Ao final dessa etapa, o professor faz uma exposição oral sobre as dificuldades que os estudantes tiveram.

Etapa 3. Aplicação. O professor dá aos estudantes uma lista de exercícios, com

exercícios dos mais simples aos mais complexos, intercaladas a tarefas individuais, como produção de vídeos, para ser feita fora de sala de aula.

Etapa 4. Problematização. Em sala, o professor dá às equipes um problema que, ao ser resolvido, é exposto para o próprio que discutirá com os alunos. Feito isso, o professor entrega um novo problema e essa etapa se repete até o final da aula.

Durante o processo, as equipes se mantêm as mesmas e há a possibilidade de os próprios alunos avaliarem seus companheiros de grupo. O processo de avaliação depende do objetivo do professor. (OLIVEIRA et al, 2016; OLIVEIRA, 2016). O esquema desse método se encontra na Figura 2.5.

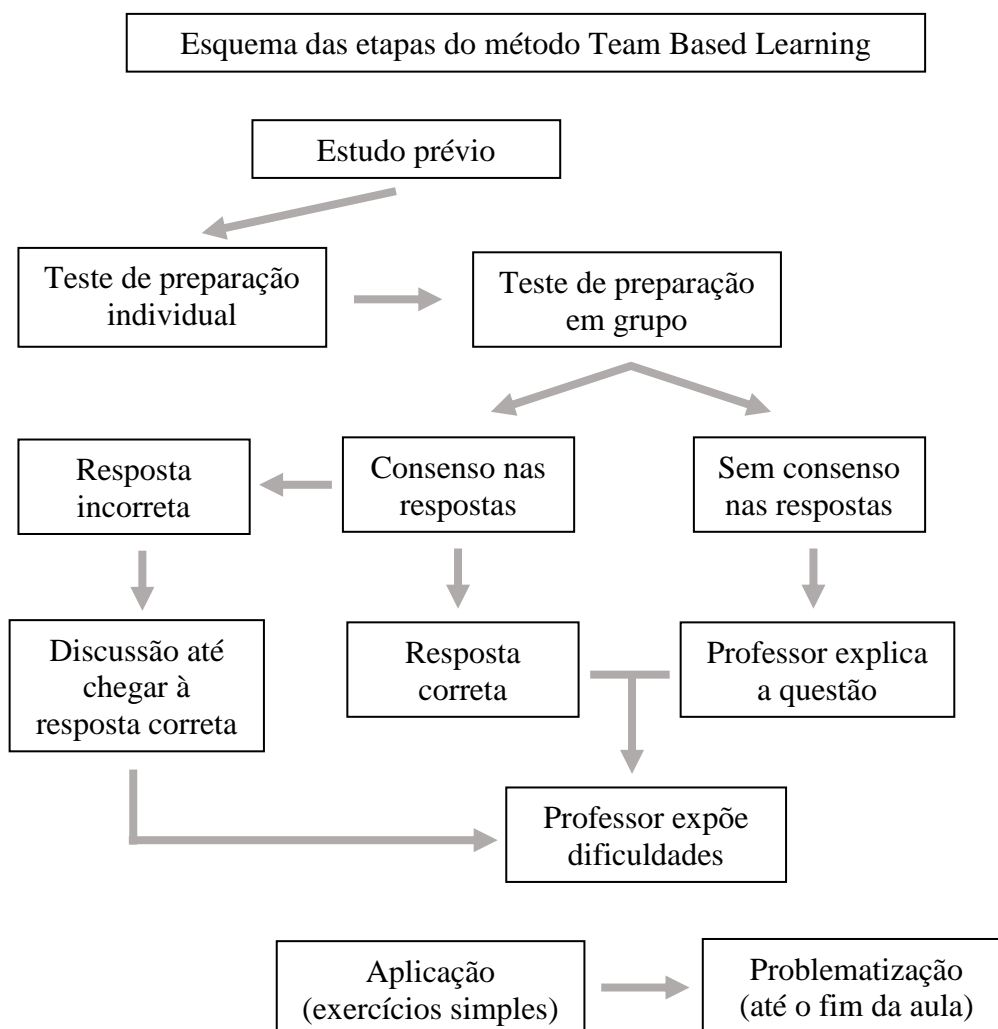


Figura 2.5. Esquema do método Team Based Learning.

2.2.8. ISLE (*INVESTIGATIVE SCIENCE LEARNING ENVIRONMENT*)

No método ISLE, o objetivo é que os estudantes aprendam com a construção e aplicação dos conhecimentos, fazendo-os adquirir pensamento científico e habilidades investigativas.

Muito parecidas com aulas de laboratório, esse método envolve observação, construção e explicações. Os estudantes recebem os materiais e os roteiros para executarem os experimentos. A diferença desse método está no fato que o estudante irá reconstruir as leis da física a partir de tentativas, erros, acertos e observações dos fenômenos, assim como um pesquisador. (PARREIRA, 2018).

2.2.9. JOGOS (*GAMES*)

Os jogos estão inseridos na gamificação, que é um fenômeno que surgiu devido à popularidade dos games e de sua capacidade de incentivar os jogadores a ter iniciativa de resolver problemas e motivar a ação desses (FARDO, 2013). Na realidade, não são apenas os jogos propriamente ditos que são utilizados em sala de aula, os elementos desses jogos são introduzidos na sala para envolver os estudantes e desenvolver seus conhecimentos. Os elementos dos jogos, segundo Werbach e Hunter (2012) são:

- A dinâmica, onde se encontram as interações entre o jogador e a mecânica do jogo. Alguns exemplos são: as emoções sentidas durante o jogo, a narrativa que estrutura o jogo e as restrições que limitam a liberdade do jogador dentro do jogo.
- A mecânica, onde se encontram os elementos mais específicos que orientam o jogador. Por exemplo, a aquisição de recursos, as chances, as recompensas e os desafios.
- Os componentes, que são os pontos mais específicos do jogo, como as conquistas, a missão, os níveis, o combate e os rankings.

Os games inseridos em sala de aula são muito mais do que a aplicação de um sistema behaviorista, ou seja, uma recompensa por uma atitude ou resposta bem executada. Os games ou seus elementos são introduzidos como atividades complexas e que

podem extrair atitudes e conhecimentos recompensadores dos estudantes. (PAGANINI; BOLZAN, 2017; COSTA; MARCHIORI, 2016).

2.2.10. PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR (*THINK-PAIR-SHARE*)

O método Pensar-Emparelhar-Compartilhar (abreviado do inglês como TPS) é um método colaborativo em que os estudantes trocam ideias e conhecimentos com seus colegas. Tem como objetivo incentivar o trabalho em grupo, as discussões e a participação dos estudantes. Esse método é executado em quatro etapas que estão descritas a seguir.

Etapa 1. Problematização. O professor dá aos estudantes uma questão ou um problema, pode ser de múltipla escolha ou resposta aberta, que esteja introduzida no contexto do conteúdo dado.

Etapa 2. Pensar. Os estudantes recebem um tempo para pensar sobre a questão. Esse tempo não é especificado, então, o professor é quem irá defini-lo de modo a não ficar muito curto, impedindo que o raciocínio dos estudantes se complete, nem muito longo, ocasionando dispersão.

Etapa 3. Emparelhar. Os estudantes compartilham suas ideias com os colegas. Podem compartilhar de modo geral, ou seja, a turma toda discutindo ou os estudantes podem ser colocados em grupos.

Etapa 4. Compartilhar. Os estudantes compartilham com o resto do grupo ou da classe suas respostas, havendo discussão para o aprimoramento dessa. O professor pode incitar a participação questionando como poderiam melhorar a resposta.

Esse método é simples e de fácil aplicação, podendo ser usado durante toda uma aula ou parte dela. As respostas podem ser dadas de forma oral ou escrita dependendo do tipo da turma (para turmas com alunos mais inibidos, o professor pode usar cartões resposta para as respostas, por exemplo). (MCTIGHE e LYMAN JR, 1988; SAMPSEL, 2013). A Figura 2.6 expõe o esquema desse método.

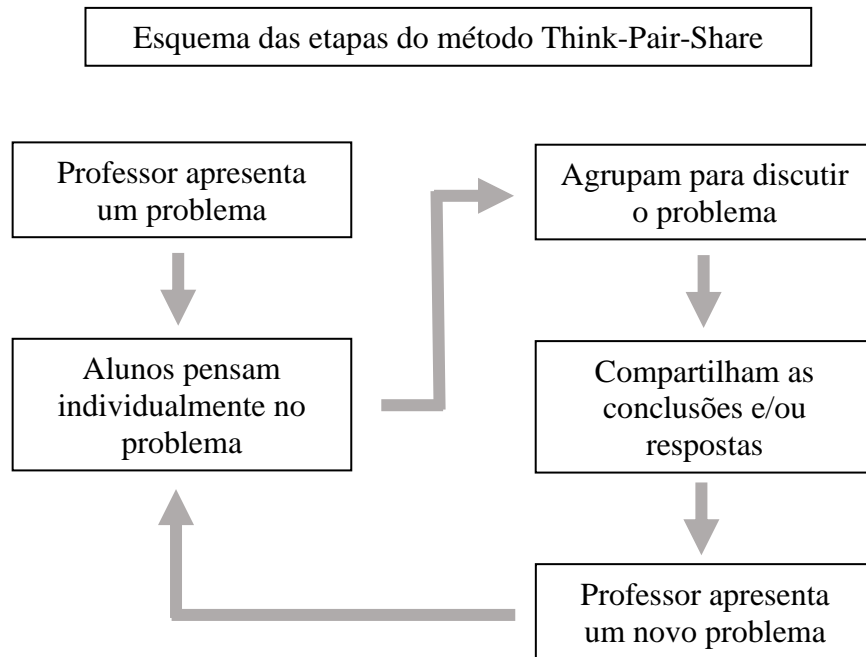


Figura 2.6. Esquema do método Think-Pair-Share.

2.3. SOBRE O MÉTODO ESCOLHIDO PARA ESSE TRABALHO

Os métodos ativos podem ser bem intimidantes devido ao fato de possuírem uma característica mais dinâmica, bem diferente daquelas que a maioria dos estudantes estão acostumados. Por isso, uma saída para que não haja esse espanto inicial, é o professor escolher métodos que não fujam tanto da rotina de suas aulas, porém mantenham suas características ativas e depois ir inserindo métodos mais sofisticados e diferentes. Isso pode evitar consequências indesejáveis como, por exemplo, os alunos se fecharem para o método, não participar ou não entender o objetivo do método. Isso foi o que fizemos ao escolher nosso método que uniu elementos dos métodos TPS e PI. Tal método será descrito em detalhes no Capítulo 4, de Metodologia.

3. INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Nesse capítulo, explicaremos o fenômeno de indução eletromagnética, a partir dos livros Física III: Eletromagnetismo (YOUNG e FREEDMAN, 2009) e Fundamentos de física, volume 3: Eletromagnetismo (HALLIDAY et al, 2013), utilizados em sala para a realização das aulas. Esse último é o livro texto utilizado pelos estudantes. Utilizamos também as notas de aula do professor André Herkenhoff Gomes, da UFES campus CEUNES (Notas de aula, acesso 19/09/2017 às 10:00). Queremos com esse capítulo introduzir os temas abordados nas aulas e como foram expostos.

3.1. INTRODUÇÃO

Quando chegamos em casa e ligamos a televisão, o ventilador, o micro-ondas ou qualquer outro aparelho na tomada, sabemos que ele funciona devido a energia elétrica. De acordo com os dados do governo (acesso em 12/09/2017 às 10:40), essa energia elétrica, aqui no Brasil é, em sua maioria, fornecida por usinas hidroelétricas, cerca de 70%, seguida pelas usinas térmicas, usinas nucleares e eólicas. A energia que é produzida por hidroelétricas se dá por transformação de energia potencial em energia gravitacional. Na térmica, pela conversão de energia química, na queima de carvão ou óleo. Na nuclear pela conversão de energia nuclear e a energia eólica na conversão de energia mecânica. Como essa conversão de energia ocorre é o que a indução eletromagnética explica.

O fenômeno da indução eletromagnética ocorre quando o fluxo magnético varia na área de seção reta de um circuito⁶, o que induz nesse uma força eletromotriz, juntamente com uma corrente. No caso de uma usina que produz energia elétrica, um ímã é movimentado em relação a uma bobina, produzindo um fluxo magnético variável induzindo uma *fem* e, portanto, uma corrente elétrica. Esse processo não é o único para o fornecimento da energia elétrica que chega nas residências, porém, é fundamental para tal. A seguir, introduziremos conceitos importantes sobre indução eletromagnética.

⁶ Com circuito, queremos dizer qualquer tipo de circuito fechado como circuitos elétricos, espiras, bobinas, entre outros.

3.2. REVISÃO DE ALGUNS CONCEITOS

Antes de aprofundar mais no assunto, faremos uma breve revisão de alguns conceitos relevantes para o entendimento do fenômeno de indução. São eles: corrente elétrica, resistência elétrica, força eletromotriz, campo magnético e fluxo magnético.

3.2.1. CORRENTE ELÉTRICA

Uma corrente elétrica se caracteriza pelo movimento de cargas (partículas carregadas) de uma região para outra. Deve-se atentar que, para que haja corrente, deverá haver um fluxo líquido de cargas, ou seja, em um somatório de cargas, deve haver mais cargas positivas que negativas, ou o contrário, mais cargas negativas que positivas, movimentando-se em um sentido.

Nos metais, as cargas que se movimentam são sempre elétrons. Esse movimento de elétrons simboliza o que chamamos de corrente real. Contudo, uma convenção muito utilizada é usar cargas fictícias positivas como sendo as partículas carregadas que se movimentam, simbolizando o que chamamos de corrente convencional, que se movimenta em sentido contrário à corrente real. Mesmo que a corrente convencional não exprima o verdadeiro sentido da corrente, essa convenção é utilizada pois, para a maioria dos casos, o movimento das cargas em um sentido tem os mesmos efeitos que o movimento no outro. Nos casos onde o efeito não é semelhante, abandona-se a convenção.

A corrente elétrica então é igual ao fluxo líquido de cargas que passam por um condutor. Em outras palavras, é igual a quantidade de carga que passa por uma área de seção reta transversal de um material condutor por um intervalo de tempo. Logo, se uma quantidade de carga total dQ passar por uma área de um condutor durante um intervalo de tempo dt , a corrente I que passará através dessa área será:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

A unidade correspondente para corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades, o SI, é o Ampère. Este último é definido como unidade de carga por unidade de tempo (coulomb por segundo), cujo símbolo é a letra "A".

3.2.2. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência de um condutor depende do seu comprimento, área de seção reta e material, quando aplicamos uma diferença de potencial (abreviado como ddp) nas extremidades de um condutor. Para o cálculo dessa resistência, mede-se a corrente elétrica nesse condutor e divide-se ao ddp aplicada pela corrente medida. Matematicamente,

$$R = \frac{V}{I}$$

A unidade da resistência, no SI, é unidade de potencial elétrico por unidade de corrente (volt por ampère) que é denominado Ohm, cujo símbolo é a letra grega ômega (Ω).

3.2.3. FORÇA ELETROMOTRIZ

Um circuito é constituído por elementos de circuito (resistores, capacitores, indutores, etc.) e por uma fonte, denominada fonte de tensão (conhecida também como pilha ou bateria). Os elétrons se movimentando nesse circuito, sairão do polo negativo da bateria (menor potencial) e chegarão ao polo positivo da bateria (maior potencial). No entanto, dentro da bateria o caminho do elétron é o oposto, do maior potencial para o menor potencial, como mostra a Figura 3.1. Para que ele execute esse caminho, que não é natural, necessitamos realizar sobre esse elétron um trabalho externo. A grandeza responsável por levar esse elétron por esse caminho dentro da bateria é a força eletromotriz (abreviada como *fem*). O mesmo raciocínio é válido para uma corrente convencional.

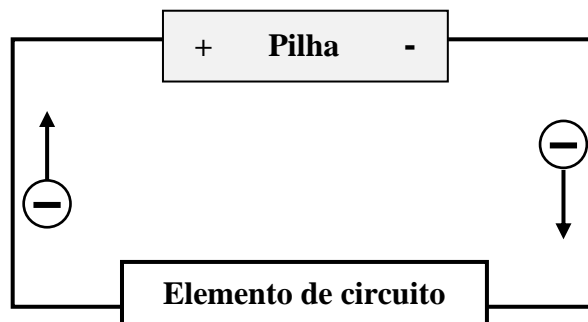


Figura 3.1. Caminho do elétron em um circuito.

Mesmo sendo nomeada como força eletromotriz, essa grandeza não é uma força como definido na mecânica, esta “força” possui dimensão de energia por unidade de carga, assim como o potencial, logo, a unidade de força eletromotriz é a mesma que para potencial, o volt (V).

Todo circuito elétrico completo deve possuir uma fonte de *fem*, que é um dispositivo que fornece uma força eletromotriz.

3.2.4. CAMPO MAGNÉTICO

Uma carga em movimento ou uma corrente elétrica criam, em torno de si, um campo magnético. Esse campo exerce uma força, chamada força magnética (\vec{F}_m), sobre qualquer carga que esteja inserida nele. É um campo vetorial, isso quer dizer que há uma grandeza vetorial associada a cada ponto no espaço e é representado por \vec{B} .

O campo magnético é representado por linhas de campo magnético que são tangenciais ao vetor campo magnético em cada ponto do espaço. Essas linhas não se cruzam e representam o campo magnético em cada ponto do espaço. No caso de um ímã, por exemplo, as linhas de campo são representadas como mostra a Figura 3.2.

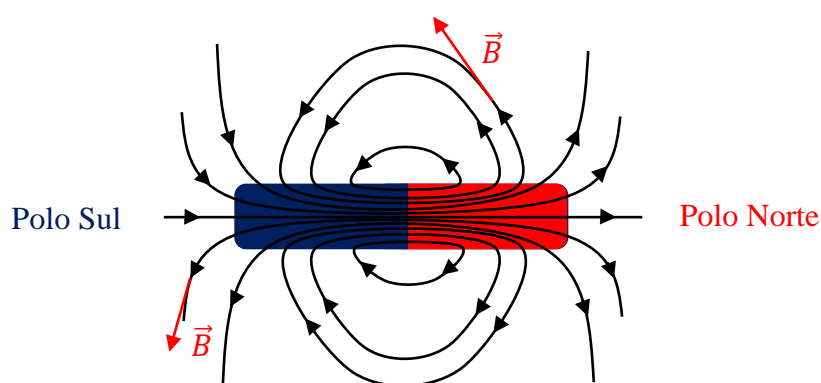


Figura 3.2. Linhas de campo magnético de um ímã.

3.2.5. FLUXO MAGNÉTICO

O fluxo magnético, comumente representado pela letra grega *phi*, com o índice “B” (Φ_B) é a quantidade de linhas de campo magnético que atravessam a seção reta de uma área, conforme mostra Figura 3.3.

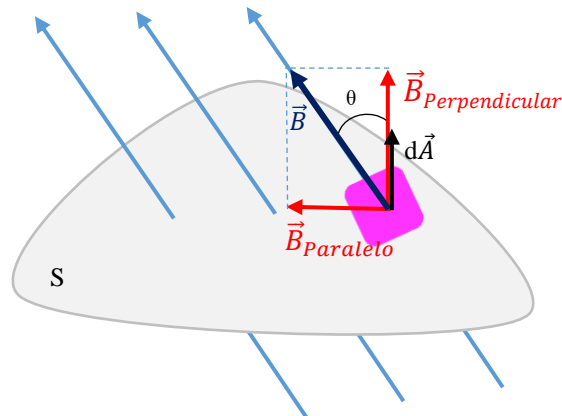


Figura 3.3. Fluxo magnético através de uma superfície.

O fluxo magnético total deriva da soma das contribuições dos elementos de áreas individuais e é expresso da seguinte forma:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Caso a superfície seja fechada, o fluxo magnético total é igual a zero, já que é proporcional à carga líquida que se encontra dentro de tal superfície. Ou seja,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

O fluxo magnético é uma grandeza escalar e sua unidade no SI é o Weber (Wb). Em nossas aulas sobre indução eletromagnética, utilizamos os conceitos mencionados acima como base para construir o fenômeno de indução eletromagnética. A seguir, explicamos como foi descoberto tal fenômeno, as leis que o descrevem, seguido de outras formas de verificá-lo, a saber, força eletromotriz produzida pelo movimento (também conhecida como *fem* de movimento), campo elétrico induzido e correntes de Foucault. Esses foram os tópicos que apresentamos para os estudantes nas aulas.

3.3. INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

No início do século XVII, Michael Faraday e Joseph Henry fizeram uma série de experimentos que uniram as áreas de eletricidade e magnetismo. Um dos experimentos, parecido com os que foram feitos na época e que levaram ao fenômeno de indução eletromagnética está descrito a seguir.

- Experimento de indução. Os materiais são: uma bobina metálica, de cobre por exemplo, ligada a um amperímetro e um ímã (tipo bastão). Quando aproximamos da área da bobina o ímã, como mostra a Figura 3.4, notamos que o amperímetro, surpreendentemente, registra uma leitura. O mesmo ocorre quando o afastamos da bobina. No entanto, percebemos que quando o ímã permanece em repouso em relação à bobina, não há registro de corrente no amperímetro.

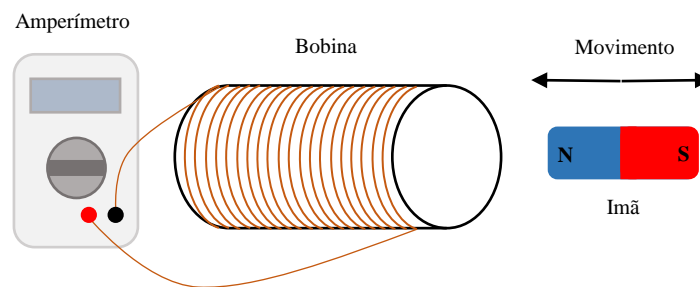


Figura 3.4. Experimentos de indução.

A pergunta a ser feita é: como há registro de corrente elétrica se em ambos os casos a bobina que está ligada ao amperímetro não está ligada a nenhum tipo de fonte de tensão? Bom, como já dito anteriormente, o fenômeno de indução se dá quando existe uma variação do fluxo magnético através de um circuito, induzindo um *fem* e por consequência uma corrente em tal circuito. No caso do experimento descrito anteriormente, o ímã produz um campo magnético que, ao se mover em relação à bobina, faz o fluxo magnético dentro da área de seção reta dessa variar, induzindo então uma *fem* na primeira bobina e uma corrente.

Dentro do conteúdo de indução eletromagnética, tem-se como principal princípio a lei de Faraday. Os outros tópicos mencionados anteriormente são complementares para o estudo de indução eletromagnética, por trazerem outras formas de se produzir o fenômeno.

3.3.1. LEI DE FARADAY

A lei de Faraday enuncia que a *fem* induzida em um circuito é igual ao oposto da variação do fluxo magnético através da área de um circuito (com circuito, se diz qualquer área fechada, como uma espira, uma bobina, etc.). A forma matemática de

descrever esse enunciado é:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

O sinal negativo da expressão acima exprime o fato de que a força eletromotriz se opõe à variação do fluxo magnético e por isso, ela possui um sentido tal que busca se opor a tal variação.

3.3.2. LEI DE LENZ

Para encontrar o sentido da *fem* e, também, da corrente induzida, podemos utilizar a lei de Faraday, juntamente com os sentidos dos vetores área e campo magnético e usar a regra da mão direita. Porém, existe uma forma não matemática de encontrarmos esse sentido, que é utilizando a lei de Lenz. Essa lei, expressa o que o sinal negativo na expressão da lei de Faraday representa, isto é, que o sentido da corrente induzida é tal que o campo magnético que ela mesma induz, produz um fluxo que se opõe à variação do fluxo magnético inicial. Isso ocorre com o de modo a compensar a variação do fluxo magnético.

Vamos utilizar dois exemplos para ilustrar esse enunciado. Vamos supor que uma espira metálica esteja se movimentando, com velocidade v , em relação a uma região onde o campo magnético é constante. Há duas situações para encontrar o sentido da corrente induzida: Caso a espira esteja entrando na região de campo magnético ou esteja saindo dessa região.

No caso em que a espira está entrando na região de campo magnético, quanto maior a área imersa no campo magnético, maior será o fluxo magnético passando pela área da espira e, como consequência, maior a *fem* induzida nela, logo a corrente induzida aparecerá em um sentido que se oporá ao aumento desse fluxo.

O sentido dessas é determinado pela regra da mão direita, posicionando o dedo polegar no sentido do campo magnético induzido produzido pela corrente, que nesse caso terá sentido oposto ao campo que produziu a corrente para tentar se opor ao aumento do fluxo magnético produzido pelo campo magnético original. O sentido da corrente será indicado pelo sentido de circulação indicado pelos outros dedos, como mostra a Figura 3.5.

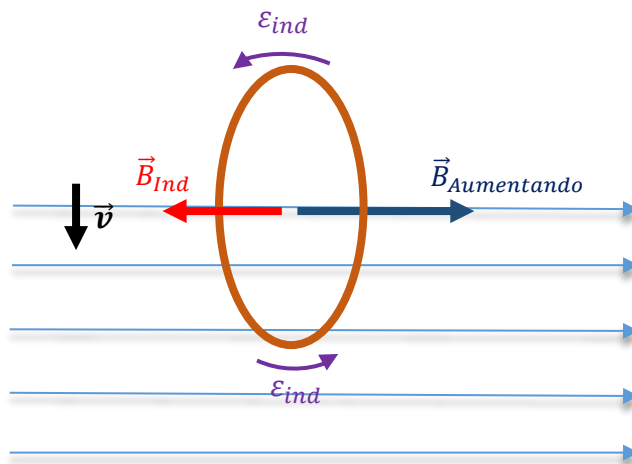


Figura 3.5. Lei de Lenz com o fluxo magnético aumentando.

O mesmo raciocínio é utilizado no caso em que a espira está saindo da região de campo magnético. A medida que sai da região de campo, o fluxo magnético passando pela área da espira irá diminuir no tempo e a corrente induzida aparecerá em um sentido que se oporá à diminuição desse fluxo. O sentido é determinado pela regra da mão direita, posicionando o dedo polegar no sentido do campo magnético induzido produzido pela corrente, que nesse caso terá mesmo sentido do campo que produziu a corrente para tentar se opor à diminuição do fluxo magnético. O sentido da corrente será indicado pelo sentido de circulação dos outros dedos, como mostra a Figura 3.6.

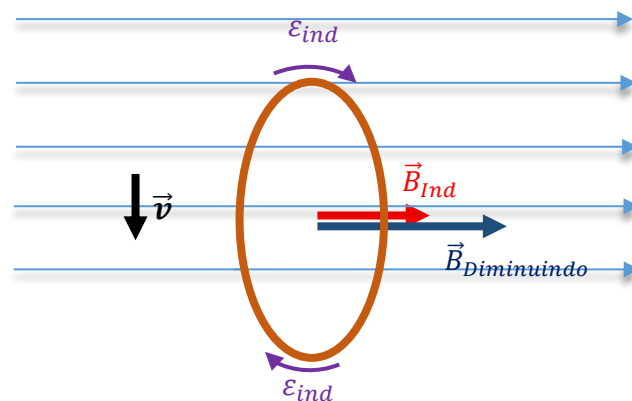


Figura 3.6. Lei de Lenz com o fluxo magnético diminuindo.

Podemos nos perguntar se o campo magnético induzido pela corrente pode vir a anular o campo magnético inicial, já que mesmo é sempre contrário à variação dele. A resposta para esse questionamento é não. Todo material possui uma resistência à

passagem de corrente. Nos materiais condutores como cobre, essa resistência é menor em relação à materiais isolantes como o plástico, mas ela existe. Tal resistência é diretamente proporcional à corrente que passa no material como mostrado na seção anterior. Dito isso, quando a corrente induzida passa pelo circuito, ela tende a ser minimizada pela resistência. Como o campo magnético produzido por uma corrente depende diretamente da intensidade dessa, a corrente induzida passa a produzir um campo sempre menor que o inicial, não ocasionando a anulação do efeito do primeiro.

3.3.3. FORÇA ELETROMOTRIZ INDUZIDA PELO MOVIMENTO

Outra forma de induzir *fem* é pelo movimento de uma barra metálica móvel que compõe um circuito e que se encontra imersa em um campo constante. Como mostrado na Figura 3.7. Nesse caso, o campo magnético é constante, porém, a área que esse campo intercepta varia, fazendo com que o fluxo magnético varie nesse circuito, induzindo uma *fem* e uma corrente.

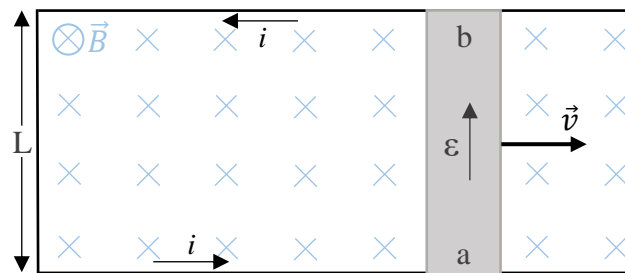


Figura 3.7. *Fem* produzida pelo movimento.

E quanto vale essa *fem*? Podemos calculá-la de duas formas distintas: a partir da lei de Faraday e pelo movimento individual das cargas. Para o cálculo, utilizaremos a Figura 3.8.

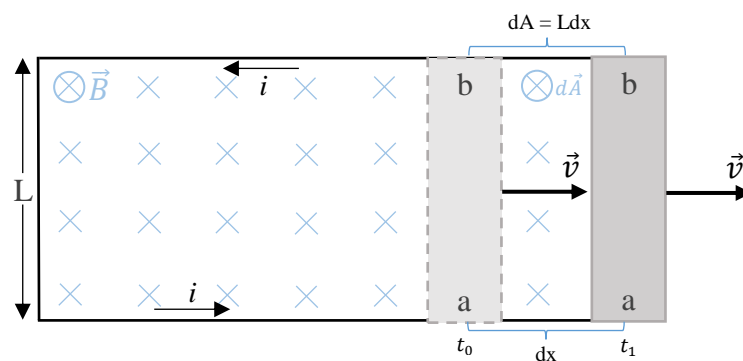


Figura 3.8. Figura para o cálculo da *fem*.

Cálculo da força eletromotriz induzida a partir da lei de Faraday, utilizando movimento como um todo.

Vamos analisar o movimento da barra como um todo, desconsiderando os atritos dessa com o ar e com o trilho no qual está deslizando.

Utilizando a amplitude da *fem* (lei de Faraday) e a expressão do fluxo magnético,

$$\varepsilon = \left| \frac{d\Phi_B}{dt} \right| \quad (1)$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

Substituindo a expressão (2) na (1), temos que:

$$\varepsilon = \frac{d}{dt} \left(\int \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) \quad (3)$$

Escolhemos o vetor área ($d\vec{A}$) entrando na folha, no mesmo sentido do campo magnético ($d\vec{B}$), ou seja, o ângulo entre esses dois vetores é zero. Assim sendo, a integral da expressão (3) se dá por:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int |\vec{B}| |d\vec{A}| \sin(0^\circ) = \int B dA \quad (4)$$

Sabemos, a partir da Figura 4.8, que $dA = Ldx$. Substituindo esse dado na expressão (4), a integral resulta em:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA = \int BL dx = BLx(t) + C \quad (5)$$

onde C é constante e x varia no tempo do tempo. Substituindo a expressão (5) na expressão (3), encontramos:

$$\varepsilon = \frac{d}{dt} \left(\int \vec{B} \cdot d\vec{A} \right) = \frac{d}{dt} (BLx + C) = BL \frac{dx}{dt} + \frac{dC}{dt} \quad (6)$$

Como C é constante, a derivada dela no tempo, $\frac{dC}{dt}$, é igual a zero. Porém, como x depende diretamente do tempo, a derivada dele no tempo, $\frac{dx}{dt}$, é diferente de zero. Buscando da cinemática, sabemos que o resultado dessa derivada é igual a velocidade da barra, v. O resultado da expressão (6) então é expresso por:

$$\varepsilon = BLv$$

Cálculo da força eletromotriz induzida pela análise das forças envolvidas, utilizando o movimento das cargas individuais.

Nessa demonstração, vamos utilizar o movimento individual das cargas que compõem a barra. Tomamos para análise uma carga positiva dentro da barra. Se a barra se encontra se deslocando com velocidade v para a direita, por exemplo, a carga positiva que escolhemos, juntamente com todas as outras que a compõe também se deslocarão da mesma forma.

Como a barra está se deslocando dentro de uma região de campo magnético constante, esse último exercerá uma força magnética $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$ na carga positiva. Fazendo esse produto vetorial, sabendo pela figura 4.8 que o campo magnético se encontra entrando no plano da folha, temos que a força magnética exercida na carga se encontra vertical e para cima e seu módulo vale:

$$F_m = qvB \sin \theta \quad (1)$$

Essa força magnética desloca as cargas positivas para a parte superior e as cargas negativas para a parte inferior da barra. Essa separação de cargas gera um campo magnético dentro da barra que aumenta à medida que as cargas são deslocadas cuja direção e sentido é vertical para baixo (saindo das cargas positivas e chegando nas cargas negativas). Esse campo elétrico gera na carga uma força elétrica, $\vec{F}_e = q\vec{E}$, também vertical para baixo cujo módulo é:

$$F_e = qE \quad (2)$$

O ângulo entre o vetor velocidade e o vetor campo magnético nesse problema é igual a 90° , o que nos dá,

$$F_m = qvB \sin \theta = qvB \sin 90^\circ = qvB \quad (3)$$

A medida que as cargas se deslocam, o campo elétrico aumenta seu módulo de forma que o módulo da força elétrica também aumenta até que se iguale, em módulo, à força magnética. Ou seja,

$$F_m = F_e \quad (4)$$

Utilizando as expressões (1) e (2) e as substituindo na expressão (4), temos que:

$$qvB = qE$$

Dessa expressão, conseguimos a relação:

$$vB = E \quad (5)$$

No momento em que as forças magnética e elétrica se igualam em módulo, aparece a diferença de potencial entre a parte superior (a) e inferior (b) da barra. Como a região onde o campo elétrico é constante, essa ddp é dado pela equação:

$$V_{ab} = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Podemos ver na Figura 4.9 que o vetor campo elétrico está paralelo ao vetor comprimento,

$$V_{ab} = - \int E \, dl \quad (6)$$

Substituindo a expressão (5) na (6), encontramos:

$$V_{ab} = - \int_a^b Bv \, dl$$

Cujo resultado é:

$$V_{ab} = BvL$$

O resultado dos dois cálculos resulta na mesma expressão para a *fem*, que é representada, de forma generalizada, por:

$$\varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

Mesmo essa expressão sendo diferente, em formato, da lei de Faraday apresentada anteriormente, ambas podem ser utilizadas para a resolução de problemas de indução. Entretanto, a expressão acima só pode ser utilizada para casos onde o campo magnético é constante. O sentido dessa *fem* pode ser encontrado também a partir da lei de Lenz.

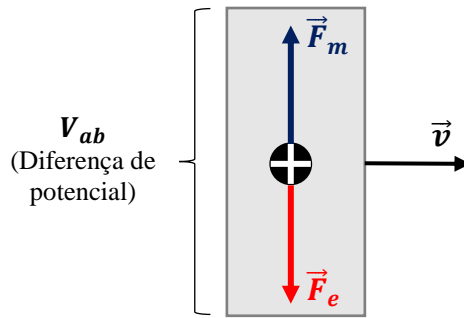


Figura 3.9. Análise do movimento das cargas.

É importante enfatizar que essa expressão para a força eletromotriz é válida apenas para os casos de barras retilíneas se movimentando com velocidade comprimento perpendiculares ao campo magnético. A forma geral para fem de movimento é dada pela expressão abaixo.

$$\varepsilon = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

3.3.4. CAMPOS ELÉTRICOS INDUZIDOS

Até aqui, falamos de indução eletromagnética quando há movimento relativo entre o produtor de campo magnético e o circuito. Porém, há o caso de ocorrência do fenômeno quando há variação de fluxo magnético em um condutor em repouso, ou seja, não há movimento relativo entre os componentes analisados. Um exemplo para essa situação é descrito como um solenoide por onde passa uma corrente variável no tempo (nesse exemplo a corrente está aumentando no tempo), coaxial a uma espira conectada a um amperímetro. Conforme a Figura 3.10. Nesse caso, o amperímetro também registra passagem de corrente na espira.

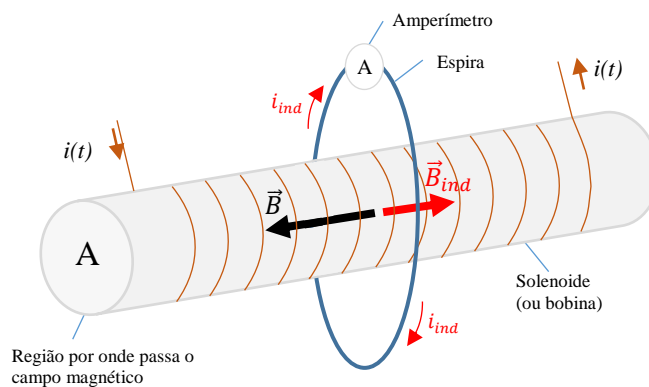


Figura 3.10. Fem induzida sem movimento relativo.

Nas situações anteriores, vimos que o fator responsável pelo movimento das cargas era a força magnética. Porém, nos casos em que não há movimento relativo entre o circuito e o fluxo magnético, o responsável por essa movimentação é um campo elétrico induzido no condutor que é produzido pela variação de fluxo magnético.

Esse campo elétrico induzido, diferentemente do campo elétrico produzido por cargas em repouso, não é conservativo, ou seja, quando uma carga completa uma volta no circuito, o trabalho realizado sobre ela pela força elétrica não é igual a zero, mas sim proporcional ao valor da *fem*. Daí,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \varepsilon$$

Utilizando a lei de Faraday, concluímos que,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Essa expressão é chamada também de lei de Faraday, porém só é válida para casos em que não há movimento relativo entre os componentes analisados. O comportamento desse campo elétrico induzido também é diferente do campo elétrico produzido por cargas em repouso. Diferente das linhas de campo radiais, como no caso da eletrostática, as linhas de campo do campo elétrico induzido são circunferências concêntricas, que atuam em todo o espaço como mostra a Figura 3.11.

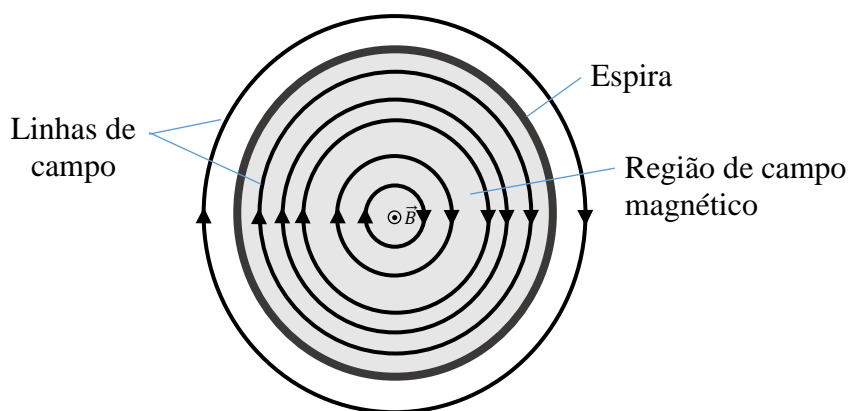


Figura 3.11. Linhas de campo elétrico induzido.

3.3.5. CORRENTES DE FOUCAULT

Também conhecidas como correntes parasitas ou correntes de redemoinho, essas correntes são induzidas em materiais condutores extensos quando esses se movem dentro de um campo magnético constante. Esse movimento relativo faz surgir, nas delimitações da área onde há atuação do campo, uma *fem* induzida e uma corrente induzida. A indução ocorre da mesma forma que em circuitos unidimensionais, porém sua forma é um pouco diferente, parecida com um redemoinho, como mostra a Figura 3.12.

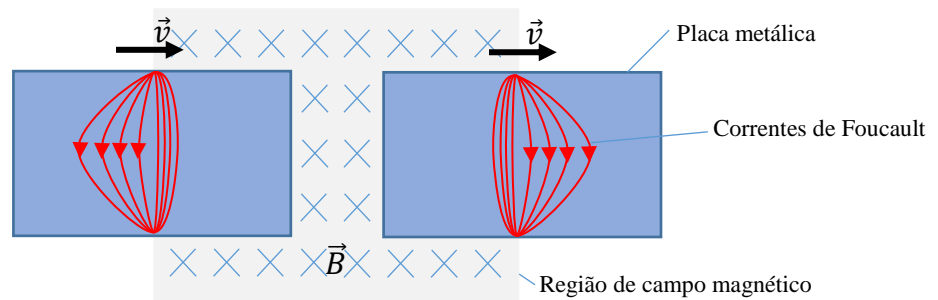


Figura 3.12. Correntes de Foucault.

Note que no centro de atuação das correntes de Foucault não existe corrente, isso acontece pois não há variação de fluxo magnético nessa área específica. Isso só ocorre nas bordas de atuação do campo magnético, onde há variação.

4. METODOLOGIA

Relataremos nesse capítulo o tipo de pesquisa que usamos na investigação realizada, a forma como foi feita a coleta de dados e a metodologia de análise que utilizamos para levantar suposições a partir dos resultados dos dados coletados. Apresentaremos, em sequência, o tipo de pesquisa, o processo de construção da pesquisa, o conteúdo e público escolhidos, as adaptações feitas no método aplicado, seguido da descrição detalhada do método adaptado aplicado em sala e a metodologia utilizada para analisar os dados coletados. Finalizamos esse capítulo com a descrição das aulas e alguns comentários acerca dessas.

4.1. TIPO DE PESQUISA

A pesquisa que fizemos foi qualitativa, que busca explicar da melhor forma o porquê das coisas, não se preocupando com representação em números, mas sim com a compreensão e interpretação dos resultados. Exige proximidade com o objeto de estudo, tentando coletar o contexto em sua totalidade; foi exploratória, de modo que tentamos buscar respostas a partir do levantamento de hipóteses sobre os dados e, também, de natureza aplicada com aspectos de pesquisa-ação, esse último “*é um tipo de investigação aplicada no qual o investigador se envolve ativamente na causa da investigação*” (EVANGELISTA apud BIKLEN, 2016, p.29). Em nossa pesquisa, participamos como expositores do conteúdo, guias para a aplicação do método e observadores do comportamento dos estudantes durante as aulas. (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Para a pesquisa qualitativa, utilizamos as ações, reações, atitudes e comentários dos estudantes, juntamente com as respostas dadas pelos alunos nos testes conceituais feitos durante as aulas e no teste final realizado ao final de todo o processo de aplicação do método.

4.2. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Para a análise dos dados coletados, utilizamos a *análise de conteúdo*, técnica proposta por Laurence Bardin. De acordo com Bardin (apud OLIVEIRA et al, 2003, p.13), em seu livro “Análise de conteúdo”, descreve sua técnica como,

Um conjunto de técnicas de análises de comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (OLIVEIRA et al, apud BARDIN, 2003, p. 13)

Segundo Mozzato e Grzybovski (2011), essa técnica é dividida em três etapas: Análise de dados, exploração do material e tratamento dos resultados, os quais são definidos como:

A pré-análise é a fase em que se organiza o material a ser analisado com o objetivo de torná-lo operacional, sistematizando as ideias iniciais. Trata-se da organização propriamente dita por meio de quatro etapas: (a) leitura flutuante, que é o estabelecimento de contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer o texto; (b) escolha dos documentos, que consiste na demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) referenciação dos índices e elaboração de indicadores, que envolve a determinação de indicadores por meio de recortes de texto nos documentos de análise.

A exploração do material constitui a segunda fase, que consiste na exploração do material com a definição de categorias (sistemas de codificação) e a identificação das unidades de registro (unidade de significação a codificar corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade base, visando à categorização e à contagem frequencial) e das unidades de contexto nos documentos (unidade de compreensão para codificar a unidade de registro que corresponde ao segmento da mensagem, a fim de compreender a significação exata da unidade de registro). A exploração do material consiste numa etapa importante, porque vai possibilitar ou não a riqueza das interpretações e inferências. Esta é a fase da descrição analítica, a qual diz respeito ao corpus (qualquer material textual coletado) submetido a um estudo aprofundado, orientado pelas hipóteses e referenciais teóricos. Dessa forma, a codificação, a classificação e a categorização são básicas nesta fase.

A terceira fase diz respeito ao tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Esta etapa é destinada ao tratamento dos resultados; ocorre nela a condensação e o destaque das informações para análise, culminando nas interpretações inferenciais; é o momento da intuição, da análise reflexiva e crítica. (MOZZATO e GEZYBOVSKI, 2011, p.376)

Em nossa pesquisa utilizamos a técnica de Bardin, com a finalidade de gerar

interpretações acerca dos nossos resultados coletados, lembrando que tais análises são pessoais e levam em consideração o que foi observado por nós dentro de sala durante a execução da metodologia que será descrita a seguir.

4.3. ETAPAS DA PESQUISA

Iniciamos o processo do trabalho com a escolha do público alvo e conteúdo. Definido esses pontos, que detalhamos na próxima seção, começamos as pesquisas para a escolha do método. Reunimos alguns métodos ativos através de artigos científicos que registraram dados de aplicação de tais métodos juntamente com as etapas que o definiam, alguns exemplos desses métodos estão descritos no Capítulo 2, de Ensino Ativo. Nos interessamos imediatamente pelo *Peer Instruction* e pelo *Think-Pair-Share*, entretanto, vimos que não seria possível aplica-los de forma independente, pois teríamos alguns problemas, conforme explicaremos na segunda seção desse capítulo. Para resolver esses empecilhos, juntamos algumas etapas dos dois métodos e formamos um novo método, o PI+TPS, que descrevemos na terceira seção desse capítulo.

Com essas etapas concluídas, fizemos os slides que seriam usados para expor o conteúdo o que levou cerca de um mês para ficarem prontos, pois queríamos que ele seguisse uma linha de raciocínio a partir de questões cujas respostas seriam simples e que os alunos pudessem ir respondendo e avançando no conceito. A partir daí, passamos para a confecção dos testes conceituais que foram utilizados na implementação do método, cada teste foi pensado com um objetivo específico e de modo que fossem ficando mais complexos em termos de conceitos e que precisassem apenas do conteúdo que estávamos lecionando para serem respondidos, como mostraremos no Capítulo 5, de Resultados. Nessa fase da pesquisa gastamos cerca de dois meses e tivemos que fazer muitas mudanças no decorrer do tempo. Por fim, fizemos as questões dos testes conceituais, os quais tivemos mais facilidade em relação aos testes conceituais.

Feito isso, pudemos aplicar em sala de aula o método ativo adaptado. Na semana anterior à aplicação do método fomos na sala de aula, nos apresentamos para as turmas e explicamos como seriam as aulas lecionadas por nós com o método ativo. A aplicação do método no conteúdo escolhido demandou seis aulas, cada uma delas

possuindo cinquenta minutos, que foram divididas em três pares de aulas de 1 hora e quarenta minutos cada. Foram utilizados 8 dias para aplicação na turma, pois as aulas aconteceram duas vezes por semana.

As aulas começaram com a exposição do conteúdo da aula (salvo a aula 1 que começou com experimentos de indução), a partir de um material que foi produzido com o intuito de fazer os alunos interagirem com o conteúdo e entre eles. Para esse material, utilizamos slides feitos por nós, que possuíam perguntas de respostas diretas contendo o conteúdo que os estudantes já tinham tido contato anteriormente e que fossem relevantes para a construção de um novo conceito. No caso dessas aulas, usamos os conceitos de corrente elétrica, fluxo magnético, campo magnético, etc., para construir o conceito de indução eletromagnética, lei de Faraday, lei de Lenz, etc. conforme mostramos no Capítulo 3 de Indução Eletromagnética. Os alunos iam respondendo às perguntas dos slides e acompanhando o raciocínio até que o objetivo conceitual da aula fosse alcançado. Todos os slides utilizados para essa etapa estão apresentados no Apêndice A.

Depois da exposição do conteúdo da aula, aplicamos o método, que contou com a aplicação de testes conceituais (TC), também feitos por nós, que foram projetados de modo que todos os estudantes pudessem ver. Na terceira aula além dessas duas etapas, aplicamos um teste final com questões de múltipla escolha e conceituais que envolveram o conteúdo das três aulas. O método foi aplicado integralmente em todas as três aulas de cada turma. Mais à frente descreveremos como foram essas aulas.

4.4. CONTEÚDO E PÚBLICO ALVO

Aplicamos o método em quatro turmas de Eletromagnetismo, em aulas cujo tema foi indução eletromagnética, na Universidade Federal do Espírito Santo, no campus na cidade de São Mateus. A maioria das turmas eram mistas, sendo apenas uma composta por alunos de um único curso. Os cursos presentes nas aulas foram: Ciência da Computação, Engenharia química, Engenharia de Petróleo, Engenharia de Produção, Licenciatura em Matemática e Licenciatura em Física. Escolhemos o ensino superior devido sua conveniência, pois já estávamos inseridos nesse contexto e para relatar a aplicação do método para alunos que estavam a ainda mais tempo acostumados no ensino tradicional.

Já o conteúdo escolhemos devido à sua complexidade e foi utilizado para estudar a adaptação do método em um conteúdo mais abstrato. Nas aulas, utilizamos muitos artifícios visuais para que pudéssemos dar outra dimensão a um conteúdo considerado difícil pois os estudantes, como eles mesmos relataram, não conseguem imaginar e nem enxergar o que está acontecendo no fenômeno de indução eletromagnética. As aulas foram feitas utilizando o conteúdo apresentado no Capítulo 3, de indução eletromagnética.

Uma observação a ser feita quanto ao conteúdo escolhido é que difere da teoria educacional de Rogers apresentada na Introdução. Essa teoria tem como premissa, segundo Quevedo (2012), *“que a aprendizagem é favorecida ao máximo quando o aluno escolhe livremente sua orientação”*. Para essa pesquisa, nós escolhemos o tema a ser trabalhado nas aulas, que é um conteúdo preestabelecido no conteúdo programático da disciplina e, também, por não sermos os professores responsáveis pelas turmas, não tínhamos liberdade para deixar a escolha do material a ser trabalhado como escolha dos estudantes.

4.5. ADAPTAÇÃO DE DOIS MÉTODOS

Os métodos utilizados para montagem do método que utilizamos em sala, a saber TPS e PI, estão explicados individualmente no Capítulo 2, de Ensino Ativo. Primeiramente, justificamos que não aplicamos apenas um método, pois notamos que teríamos alguns empecilhos, por isso agregamos alguns aspectos dos dois métodos para que fosse viável a aplicação imediata, respeitando as características que descrevemos na seção 3 do Capítulo 2, de Ensino ativo. Tais mudanças são apresentadas a seguir.

1. No método TPS, as respostas finais são compartilhadas com a turma ao final da aplicação de forma oral. Como já explicado, não queríamos nos afastar tanto do método já conhecido por eles e, não era nossa intenção os expor de forma tão abrupta, então utilizamos o sistema de votação do PI para solucionar o problema da exposição dos alunos para evitar que eles se retraíssem.
2. No método PI, o feedback das respostas dadas aos estudantes é imediato,

porém não possuímos os clickers⁷ (ou qualquer aplicativo que possuísse essa função), então usamos o fato da discussão poder ser posterior às respostas do método TPS e utilizamos cartões resposta (Apêndice B), opção de coleta de dados proposta pelo próprio PI.

3. Ainda, no PI, há regras para os acertos - menor que 35%, entre 35% e 70% e maior que 70%⁸. Como não tínhamos acesso imediato às estatísticas de acertos, fizemos como no TPS e agrupamos os alunos independentemente do número de acertos nas questões.
4. Utilizamos para as questões aplicadas em sala o conceito de testes conceituais (TC) do método PI. Que são questões conceituais, de múltipla escolha, utilizadas para testar o conhecimento adquirido dos estudantes em cada fase do conteúdo.

4.6. MÉTODO APLICADO

Unindo os aspectos do TPS e do PI expostos anteriormente, o método que aplicamos, que chamamos de TPS+PI, em sala de aula foi feito por etapas. Essas estão descritas a seguir.

Etapa 1 - Aplicação do TC. Apresentamos um teste conceitual de acordo o conteúdo da aula. O lemos em voz alta e ao terminar de ler as alternativas passamos para a Etapa 2.

Etapa 2 - Tempo para pensar e resposta individual dos estudantes. Demos um minuto para que os estudantes pensassem e respondessem o teste conceitual individualmente no campo correspondente no cartão resposta.

Etapa 3 - Emparelhar. Passado o tempo determinado, pedimos para que os estudantes se juntassem, de forma aleatória, em grupos de quatro alunos.

Etapa 4 - Tempo para discutir e, novamente, resposta dos estudantes. Feito os grupos,

⁷ Clickers são aparelhos eletrônicos que armazenam a resposta individual dos estudantes em um programa no computador, dando ao professor um feedback imediato das respostas dos alunos.

⁸ Os valores das porcentagens variam um pouco dependendo do autor.

demos dois minutos para que os estudantes discutissem o teste conceitual com o grupo formado e respondessem novamente no campo correspondente no cartão resposta.

Etapa 5 - Explicação da questão. Apresentamos a resposta correta e explicamos todas as alternativas – porque a resposta correta era a correta e porque as outras não eram corretas.

Etapa 6. Quando não haviam mais dúvidas sobre a explicação do teste conceitual, passávamos para a próximo teste voltávamos para a Etapa 2.

Para uma melhor visualização, fizemos um esquema das etapas desse método, assim como em alguns métodos do Capítulo 2, de Ensino Ativo. Esse esquema está representado na Figura 4.1.

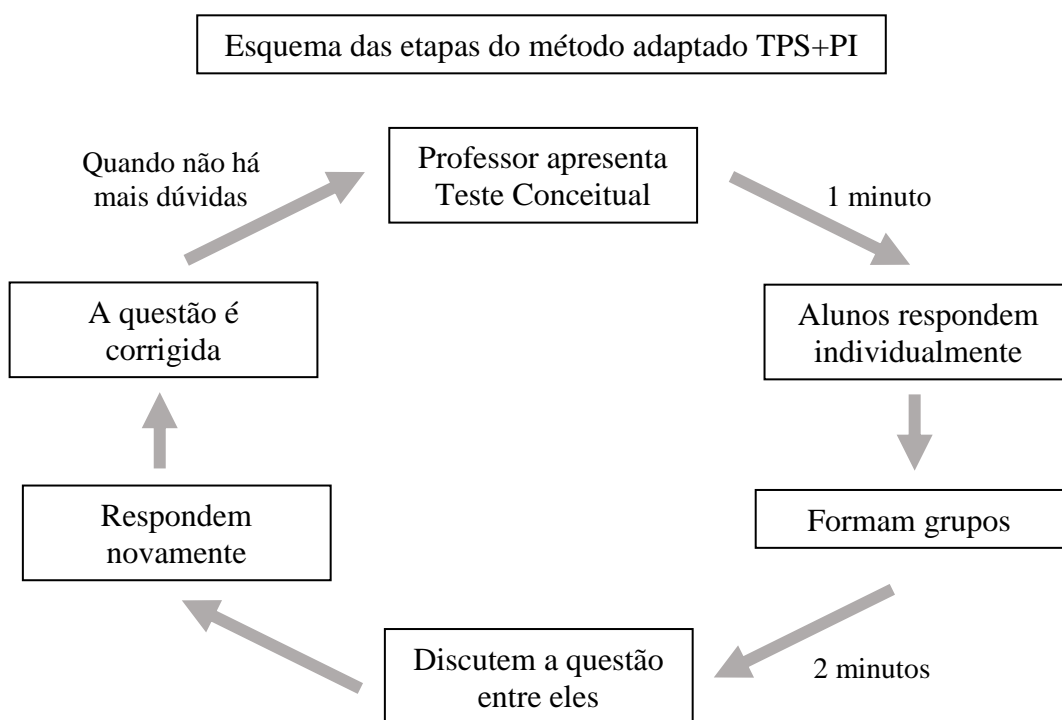


Figura 4.1. Esquema do método adaptado.

4.7. AS AULAS

As aulas foram separadas em etapas distintas, possuíam enfoques diferentes (mais teórica, mais demonstrativa, etc.) e para cada etapa foram gastos tempos diferentes já que elas não possuíam o mesmo formato. Um aspecto comum entre elas foi o fato

dos alunos iniciarem as aulas como de costume, sentados em fileiras e anotando caso preferissem. Quando o método se iniciava, eles respondiam a primeira questão individualmente em suas cadeiras e, na hora de agrupar para discutir o teste conceitual, uniam as cadeiras e assim permaneciam até o fim da aplicação. Caso tivessem que arrumar e desarrumar as cadeiras a cada questão, ocorreria perda de tempo e dispersões, dois pontos que devem ser evitados ao máximo na metodologia ativa.

4.7.1. PRIMEIRA AULA – LEI DE FARADAY E LEI DE LENZ

4.7.1.1. ETAPA 1 – EXPERIMENTOS DE INDUÇÃO

Começamos essa etapa propondo os tópicos que seriam abordados: fenômeno de indução, lei de Faraday e lei de Lenz e dissemos que iríamos apresentar dois experimentos que envolviam indução eletromagnética. Os roteiros de ambos os experimentos se encontram no Apêndice C. Foram gastos 20 minutos para a exposição dos dois experimentos. O primeiro experimento, conhecido por alguns livros como experimento de Faraday, consistia em uma bobina conectada a um amperímetro e um ímã. Esse experimento foi utilizado para ver o fenômeno de indução e iniciar a aula. A Figura 4.2 mostra uma foto com a montagem desse experimento.

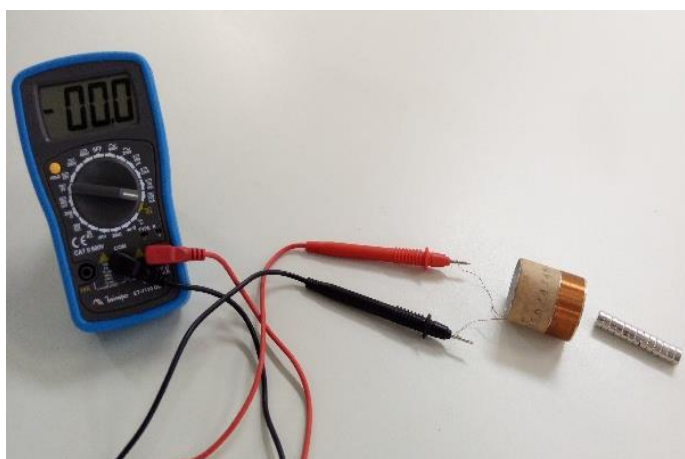


Figura 4.2. Primeiro experimento de indução.

Mostramos aos alunos que no circuito composto pelo amperímetro e pela bobina não havia uma fonte de tensão. Quando movimentamos o ímã em relação a bobina (passando ele pelo centro dessa), mostramos que havia leitura no amperímetro, logo

havia corrente passando nesse circuito. Eles aparentavam estarem prestaram atenção e viram que realmente havia corrente passando pelo circuito. Falamos para eles que essa era um modo de mostrar o fenômeno de indução e que iríamos mostrar de outra forma o mesmo fenômeno, com um segundo experimento.

O segundo experimento consistia em duas esferas de mesmo raio (uma metálica e a outra era um ímã), caindo dentro de tubo metálico (utilizamos um tubo de alumínio, de 1 metro e 20 centímetros). O fizemos por dois motivos: o primeiro foi para que eles vissem o fenômeno de indução de outra forma e o segundo era para chamar a atenção deles já que é um experimento curioso e com um resultado, por vezes, inesperado. A Figura 4.3 mostra uma foto do segundo experimento.



Figura 4.3. Segundo experimento de indução.

Começamos esse experimento apresentamos para os alunos o tubo, mostramos que seu interior era oco e que era um tubo comum. Depois mostramos as duas esferas, mostramos que elas não atraíam nem repeliam o tudo, mas que uma era metálica e a outra era um ímã. Colocamos o tubo na vertical e jogamos dentro dele a esfera metálica, que caiu rapidamente. Antes de jogar o ímã, perguntamos a eles se o ímã iria cair mais rápido, mais devagar ou com o mesmo tempo da esfera metálica. Em todas as quatro turmas a maioria respondia que cairia com o mesmo tempo. Quando jogávamos o ímã e ele demorava para chegar ao final do tubo, os estudantes tinham reações de surpresa e alguns até descreditaram que tínhamos mesmo jogado o ímã lá dentro. Ao final desse experimento, dissemos a eles que iríamos ver, durante a aula, como o fenômeno acontecia para depois, ao final da aula, explica-lo.

4.7.1.2. ETAPA 2 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO

Utilizamos o Experimento 1 para iniciarmos essa parte. Começamos questionando os alunos qual era a causa provável pela leitura de corrente do amperímetro. Eles responderam que era o ato de movimentar o ímã em relação à bobina que fazia o amperímetro se alterar. Durante a aula, apresentamos mais questões para os estudantes como por exemplo, “O que um ímã produz ao seu redor?” e “Como são representadas as linhas de campo em um ímã?” dentre outras. Na Figura 4.4 mostramos como eram apresentadas essas questões. Analisamos, juntamente com os alunos, o ímã e o comportamento do campo magnético ao seu redor, respondendo às perguntas dos slides, para concluir que a variação do fluxo magnético era a responsável por induzir uma *fem* no circuito. Feito isso, introduzimos a lei de Faraday para relacionar essa *fem* induzida com a variação do fluxo magnético do tempo. Mencionamos para eles o fato de que seria possível, a partir da lei de Faraday, encontrar o sentido da corrente induzida na espira, mas que havia também uma forma não matemática de fazê-lo iniciando assim a construção da lei de Lenz. Com a participação deles respondendo a perguntas do tipo “O que acontece quando variamos o fluxo magnético dentro de uma espira?” e “Como a *fem* induzida poderia se opor à variação do fluxo magnético?”, apresentamos a eles a forma de encontrar o sentido da *fem* a partir da regra da mão direita (Figura 4.5) e, por conseguinte, apresentamos conceitualmente a lei de Lenz. Para finalizar a etapa 2, explicamos o funcionamento do segundo experimento, que se encontra no Apêndice D. Foram gastos 40 minutos com a exposição do conteúdo nessa aula.

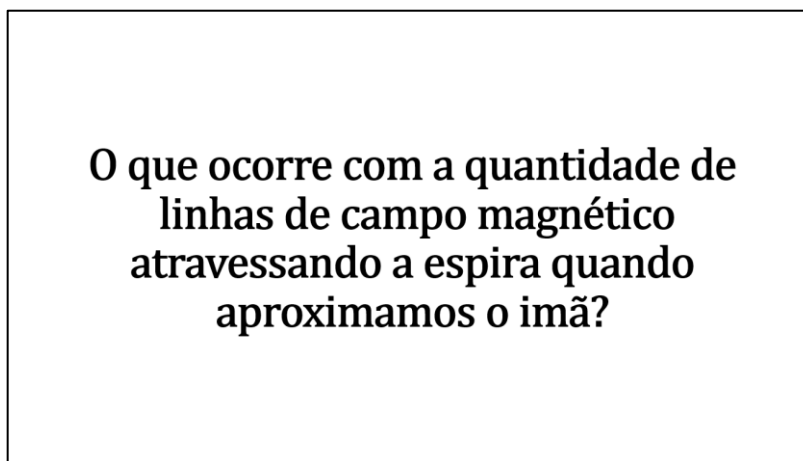


Figura 4.4. Slide com questão utilizado na primeira aula.

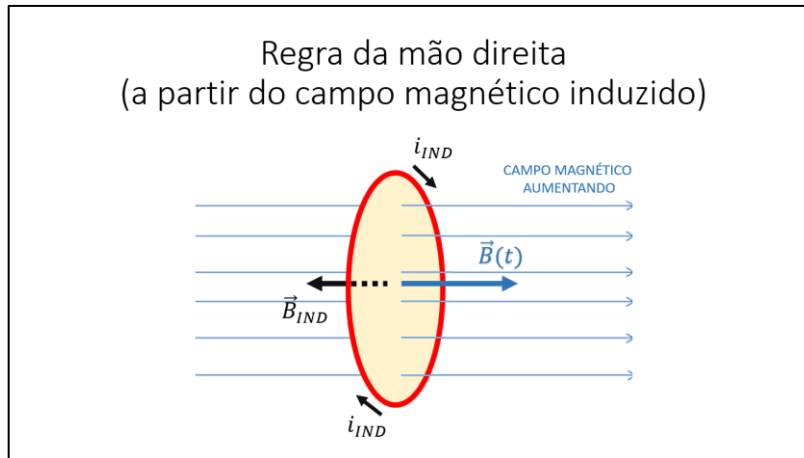


Figura 4.5. Slide com Figura utilizado na primeira aula.

4.7.1.3. ETAPA 3 - APLICAÇÃO DO MÉTODO TPS+PI ENVOLVENDO CONCEITO DE INDUÇÃO, LEI DE FARADAY E LEI DE LENZ

Utilizamos a etapa anterior para criar cinco TCs envolvendo proporcionalidade de grandezas, aplicação de conceitos e análise de problema utilizando o conteúdo da primeira aula. Queríamos que os alunos entendessem o fenômeno de indução eletromagnética e as condições para que o fenômeno ocorresse. Foram gastos 40 minutos para essa etapa de aplicação. A Figura 4.6 mostra um slide com TC utilizado na primeira aula.

Teste conceitual 5

Observe a figura de quatro espiras imersas em um campo magnético:

Qual das alternativas abaixo está CORRETA?

A – $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3 > \varepsilon_4$	D – Não há como saber
B – $\varepsilon_4 > \varepsilon_3 > \varepsilon_2 > \varepsilon_1$	E – Nenhuma das alternativas acima
C – $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4$	F – Não sei

Figura 4.6. Teste conceitual aplicado na primeira aula.

4.7.2. SEGUNDA AULA – FEM DE MOVIMENTO E CAMPO ELÉTRICO INDUZIDO

4.7.2.1. ETAPA 1 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO

Assim como na primeira aula, iniciamos a aula mostrando quais seriam os tópicos que trabalharíamos que para essa aula foram força eletromotriz produzida pelo movimento (*fem* de movimento) e força eletromotriz induzida quando não há movimento relativo (campo elétrico induzido), para o primeiro tópico, propomos para os alunos um problema onde uma barra condutora estava deslizando sobre um trilho também condutor em formato de “U”. Todo esse circuito estava imerso em um campo magnético uniforme. Dissemos a eles que um circuito condutor quadrado entrando em uma região de campo correspondia à mesma situação da barra móvel, os dois problemas estão apresentados na Figura 4.7. Usamos o esquema da barra móvel e perguntamos a eles o que ocorreria caso a barra se movesse, aumentando a área interna do circuito formado por ela e pelo trilho. Quando chegamos a resposta de que ocorreria a variação do fluxo magnético, logo a indução de *fem*. Demonstramos no quadro a expressão para a *fem* induzida na barra das duas formas apresentadas no Capítulo 3, de Indução Eletromagnética, tanto pelo movimento como um todo como pelo movimento individual das cargas e comparamos as soluções das duas formas de demonstrar. Enfatizamos para eles que esse era um caso particular de indução e que o resultado das demonstrações onde $\varepsilon = vLB$, sendo ε a *fem* induzida, v e L a velocidade e o comprimento da barra e B o campo magnético em que o circuito estava imerso era válido apenas para casos onde o campo magnético é constante e o vetor velocidade e deslocamento na barra fossem perpendiculares a esse campo.

Para o tópico de campo elétrico induzido, colocamos para eles um problema de um solenoide, onde passa uma corrente variando no tempo (no nosso caso a corrente estava aumentando) passando pelo centro de uma espira. Perguntamos para eles se na área de seção reta de uma espira daquele solenoide havia variação de fluxo magnético, quando eles responderam que sim e concluíram que isso implicava que existia na espira (logo em todas as espiras) uma corrente induzida, dissemos que em casos onde não se há movimento relativo entre os componentes do circuito e o campo magnético e mesmo assim há geração de corrente induzida, o responsável pelo movimento das cargas é o campo elétrico induzido pela variação do fluxo magnético.

Comparamos o comportamento desse com o campo elétrico produzido por cargas em repouso, mostramos que são produzidos de modos diferentes e possuem comportamentos diferentes. Para a determinação das linhas de campo, fizemos uma comparação matemática com um problema da matéria de magnetismo – campo magnético produzido por um fio onde passa uma corrente elétrica – e mostramos o comportamento de tais linhas (Figura 4.8). Foram gastos 60 minutos nessa etapa.

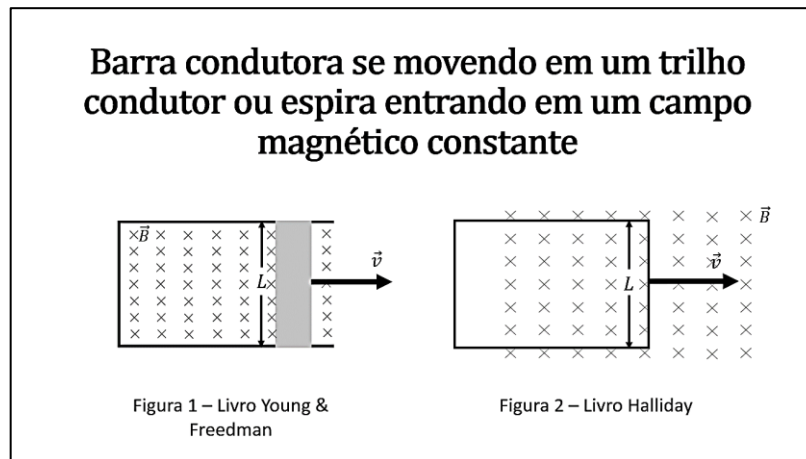


Figura 4.7. Slide com questão utilizado na segunda aula.

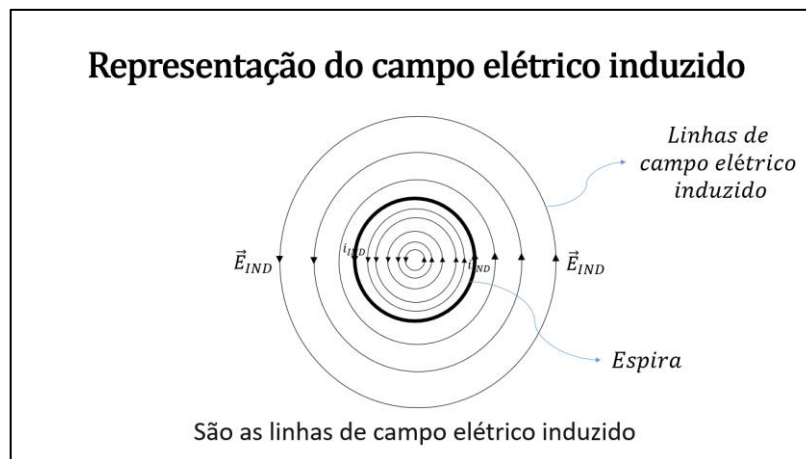


Figura 4.8. Slide com figura utilizado na segunda aula.

4.7.2.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO TBS+PI ENVOLVENDO FEM DE MOVIMENTO E CAMPO ELÉTRICO INDUZIDO

Utilizamos a etapa anterior, para criar cinco TCs que envolveram aplicação do conteúdo e proporcionalidade de grandezas com o conteúdo da segunda aula. Buscamos na produção desses testes, que os estudantes diferenciasssem as situações

de indução de *fem* e entendessem o fenômeno de indução em cada uma dessas situações. A Figura 4.9 mostra um slide com TC utilizado na segunda aula. Foram gastos 40 minutos nessa etapa para os estudantes responderem e nós explicarmos os TC.

Teste conceitual 2

Qual seria o sentido da força eletromotriz induzida caso a barra condutora estivesse se movendo conforme a figura abaixo?

A – Sentido horário

B – Sentido anti-horário

C – Não haveria força eletromotriz induzida

D – Não há dados suficientes para responder

E – Não sei

The diagram shows a rectangular region with a magnetic field \vec{B} pointing into the page, represented by 'x' marks. A rod of length L is moving to the left with velocity \vec{v} . A small element of length dx and area $dA = Ldx$ is highlighted on the rod. The rod is between two vertical lines labeled t_1 .

Figura 4.9. Teste conceitual aplicado na segunda aula.

4.7.3. TERCEIRA AULA – CORRENTES DE FOUCAULT

4.7.3.1. ETAPA 1 - EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO

Iniciamos a terceira aula apresentando o tópico que seria trabalhado que nessa aula foi correntes induzidas em corpos extensos (correntes de Foucault) e colocamos para os alunos um problema simples de uma espira passando por uma região limitada onde existia um campo magnético uniforme cuja direção e sentido era paralela ao vetor área da espira. Analisamos três momentos dessa passagem da espira: quando ela entrava na região de campo, quando estava totalmente imersa nessa região e quando estava saindo da região de campo. Apresentamos para os estudantes, questões do tipo “O que ocorre com o fluxo magnético a medida que a espira entra na região de campo magnético? E quando ela sai? E quando está totalmente imersa?” e “qual é o sentido da *fem* induzida nesses casos?”. A medida que as questões iam sendo respondidas fomos revendo a aparição de *fem* induzida numa espira e por fim, chegamos à conclusão que corrente induzida na espira inverte seu sentido na passagem pela região de campo (tem um sentido enquanto entra na região de campo e outro quando está saindo dessa região) e que, devido a isso, surge uma força magnética contrária ao movimento da espira, que é encontrada pela regra da mão direita, impedindo seu

movimento.

Para introduzir o tema correntes de Foucault, apresentamos um vídeo com um experimento chamado pêndulo de Waltanhofen, que, de modo sucinto, consistiu em um pêndulo onde na base tem uma placa condutora maciça que, quando solta, passava por uma região limitada de campo magnético constante. No vídeo, esse campo magnético é produzido entre as faces de um eletroímã. Quando a placa era liberada e passava na região de campo, o operador ligava o eletroímã que, imediatamente freia a placa. O mesmo experimento é feito com uma placa vazada (como um pente), porém, quando essa placa passava na região de campo não havia impedimento do movimento, mesmo com o eletroímã ligado. Depois de assistir ao vídeo, apresentamos um esquema do pêndulo do vídeo em um dos slides, como mostra a Figura 4.10 e, assim como para a espira, analisamos três momentos da passagem dessa placa: enquanto a placa entrava na região de campo magnético, quando estava totalmente imersa e quando saía da região, com mostra a Figura 4.11. Novamente, vimos a inversão da corrente, porém, dessa vez, mostramos que o formato dessa corrente era diferente, em formato de redemoinho, na região da placa que estava entrando e saindo da região de campo. Vimos o efeito dessas correntes no vídeo quando a placa foi freada devido a força de resistência produzida pelas correntes de Foucault e explicamos no TC3 dessa aula, porque não ocorre o freamento quando o operador troca a placa maciça por uma vazada. Para essa etapa foram gastos 30 minutos.

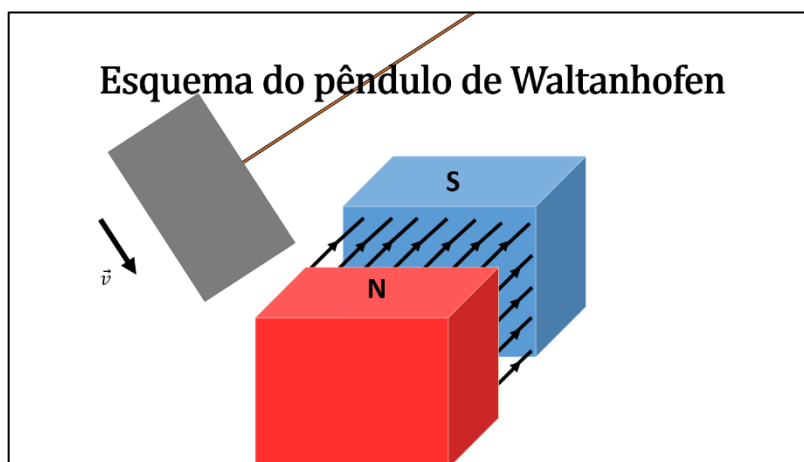


Figura 4.10. Slide com esquema do pêndulo de Waltanhofen (vídeo mostrado em sala).

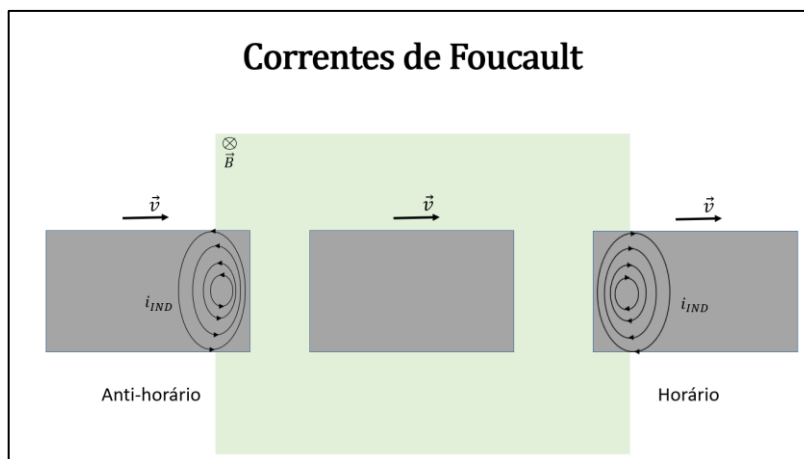


Figura 4.11. Slide com figura utilizado na terceira aula.

4.7.3.2. ETAPA 2 - APLICAÇÃO DO MÉTODO TPS+PI ENVOLVENDO CORRENTES DE FOUCAULT

Utilizamos a etapa anterior para produzir cinco TC que envolveram proporcionalidade, aplicação de conceitos e análise de problemas com o conteúdo dessa aula. Queríamos apresentar para os alunos outro tipo de correntes induzidas, em objetos não adimensionais. Foram gastos 30 minutos nessa etapa. A Figura 4.12 mostra um slide com TC utilizado na terceira aula.

Teste conceitual 4

Uma placa condutora quadrada se encontra no centro de uma região retangular onde existe um campo magnético constante. De que forma haverá menor resistência para se retirar a espira desta região?

A – Movendo-a rapidamente para cima ou para baixo.
 B – Movendo-a rapidamente para direita ou para esquerda.
 C – Movendo-a lentamente para cima ou para baixo.
 D – Movendo-a lentamente para direita ou para esquerda.
 E – As alternativas “A” e “B” estão corretas.
 F – As alternativas “C” e “D” estão corretas.




Figura 4.12. Teste conceitual aplicado na terceira aula.

4.7.3.3. ETAPA 3 - REVISÃO DO CONTEÚDO

Fizemos uma rápida revisão dos conceitos vistos nas duas primeiras aulas a partir de slides contendo os esquemas dos problemas utilizados nas aulas e as equações utilizadas para cada caso de indução. Foram utilizados nessa etapa 10 minutos.

4.7.3.4. ETAPA 4 - TESTE FINAL

Ao final dessa terceira aula, aplicamos um teste geral, com nove questões conceituais e de múltipla escolha, englobando a matéria das três aulas. Foi um teste individual onde buscamos saber se os estudantes tinham sanado algumas de suas dúvidas nos testes conceituais ou se essas ainda persistiam. Um exemplo de questão desse teste está apresentado na Figura 4.13. Demos aos alunos 30 minutos para a sua execução.

Questão 8. Em um solenoide infinito, passa uma corrente $i(t)$. Esse solenoide passa perpendicularmente pelo centro de quatro espiras cujas áreas obedecem a seguinte relação: $A_1 = 2A_2 = 4A_3 = 8A_4$. Marque a alternativa que mostra corretamente a relação entre os campos elétricos induzidos que passa nessas espiras.

A – $E_1 > E_2 > E_3 > E_4$.
B – $E_1 < E_2 < E_3 < E_4$.
C – $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$.
D – $E_1 = E_2/2 = E_3/4 = E_4/8$.
E – Nenhuma das alternativas acima.

Figura 4.13. Exemplo de questão do teste final.

4.8. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

4.8.1. SOBRE O MÉTODO

Todos os slides, salvo os testes conceituais feitos, foram disponibilizados para os estudantes ao final da aplicação pois não foi dito aos alunos que seriam feitas outras aplicações e as turmas em que aplicaríamos o método posteriormente não teriam relações com as anteriores. Como já sabíamos em que turmas iríamos aplicar o método a essa altura e que essas não teriam relação umas com as outras por se tratarem de cursos diferentes, não nos preocupamos com qualquer tipo de comentário sobre o método aplicado com outros alunos e a interferência disso nas outras aplicações.

As demonstrações matemáticas e eventuais cálculos executados em sala de aula foram feitos no quadro, passo a passo para que os alunos tivessem mais clareza quanto ao desenvolvimento matemático. Não apresentamos tais cálculos prontos nos slides, pois acreditamos que os estudantes teriam mais dificuldade em acompanhar,

por isso optamos pelo quadro.

Como aplicamos apenas TCs envolvendo conceitos e relações entre variáveis em sala de aula durante a aplicação dos métodos, ficou a critério do professor responsável pela turma em questão dar aos alunos aulas de exercícios posteriores as utilizadas para a aplicação do método. Isso tudo foi acordado com os professores responsáveis antes da aplicação.

4.8.2. SOBRE A APLICAÇÃO

Na primeira aplicação, notamos um erro em uma questão conceitual da segunda aula onde a resposta não fazia sentido, então concertamos. Logo depois, na segunda aplicação, descobrimos outro erro em outra das questões conceituais na segunda aula. Essa questão possuía duas respostas que estavam corretas, então tivemos que anular duas questões da primeira turma e uma questão da segunda, ou seja, o levantamento das respostas dessa questão não foi contado nos resultados desse trabalho. Os erros foram revistos e não tivemos mais problemas como esse até o final das aplicações.

A respeito da opinião dos estudantes sobre o método ativo, optamos por pedir aos estudantes para deixar, de modo espontâneo, seus comentários no verso do cartão resposta de modo a obtermos de modo geral, um feedback sobre o que os estudantes acharam do método e da mudança de formato da aula.

A questão do tempo no Ensino Ativo é muito importante. Normalmente, os métodos ativos necessitam de mais tempo para serem executados, por englobarem menos conteúdo nas aplicações e pelo tempo gasto em sala com discussões e questionamentos. O tempo proposto para a aplicação foi suficiente. Fizemos tudo o que foi proposto para as aulas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação do método ativo TPS+PI, recolhemos os cartões resposta com respostas antes e depois das discussões e os comentários feitos por eles sobre o método. Ao final da terceira aula recolhemos os testes finais e analisamos as respostas dos estudantes. Utilizamos esses resultados para discutir, de maneira geral, o que esperávamos que os estudantes fizessem, o que fizeram e o que pode ter levado suas respostas. Por ser uma análise quantitativa, usaremos a porcentagem de acertos e/ou erros apenas para dar dimensão sobre quantos alunos possam estar passando por dificuldades semelhantes com o conteúdo.

Fizemos o levantamento das respostas dos estudantes aos testes conceituais, na primeira seção desse capítulo, comparando suas respostas depois das discussões em grupo com as respostas individuais. Unimos as respostas de todos os estudantes das quatro turmas para cada teste conceitual aplicado e produzimos gráficos contendo o número de respostas dadas em cada alternativa da devida questão. Já os gráficos contendo o levantamento de respostas por cada turma, individualmente, se encontram no Apêndice E. Analisamos e classificamos os testes conceituais e os resultados de modo a levantar hipóteses sobre os possíveis fatores que levam os estudantes a resolverem os exercícios de certa forma, o que o método ajuda a fazer, já que mesmo discutindo com seus companheiros as questões, continuam marcando a resposta incorreta. A partir dessas hipóteses, discutimos ideias para melhorar esse momento de apresentação do conteúdo, mesmo se o professor não utilizar os métodos ativos, propondo ações por parte do professor diante do conteúdo.

Na segunda seção apresentamos alguns dos comentários feitos pelos estudantes sobre o método, juntamente com as nossas observações feitas dentro de sala, que foram transcritas em um diário. Utilizaremos esses dados para analisar e compartilhar nossa experiência com o método, comentando e discutindo seus pontos fortes e fracos nas aulas e levantando suposições, a partir dos comentários feitos pelos estudantes, sobre o método em si e sua aplicação.

Finalizamos o capítulo com o levantamento das respostas dos estudantes no teste final. Assim como nos testes conceituais, fizemos uma discussão acerca de cada

questão individualmente, de modo a fazer suposições sobre a relação dos alunos com os assuntos abordados nas aulas e sobre as dificuldades deles que podem ter persistido ou até surgido. Usamos esses resultados para analisar como os estudantes lidavam com o conteúdo um tempo depois que ele foi lecionado.

5.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DE CADA TESTE CONCEITUAL

Analizamos os testes qualitativamente, falando sobre seus objetivos, o que esperávamos dos estudantes e os resultados adquiridos, propondo explicações sobre o que pode ter ocorrido com os estudantes que marcaram as respostas erradas, qual ou quais puderam ter sido suas dificuldades e confusões nos testes conceituais e propor ideias que possam ajudar os alunos a esclarecerem tais dúvidas e questionamentos. São propostas pessoais e que consideramos por nossas observações em sala de aula e os resultados dos testes conceituais.

A seguir, se encontram os gráficos referentes às respostas dadas pelos estudantes aos testes conceituais aplicados nas três aulas, das quatro turmas. Cada gráfico corresponde a um teste conceitual. A sigla para cada slide contendo os resultados dos testes conceituais segue o formato A#TC#, ou seja, caso queiramos encontrar o segundo teste conceitual utilizado na terceira aula, procuraremos o código A3TC2, que significa aula 3, teste conceitual 2. As colunas azuis representam as respostas dadas pelos estudantes individualmente, antes das discussões em grupo, já as colunas laranja representam as respostas depois das discussões. A opção com a resposta correta se encontra no título do gráfico.

5.1.1. PRIMEIRA AULA

Na primeira aula, cuja matéria foi o conceito de indução eletromagnética, lei de Faraday e lei de Lenz, tivemos 95 alunos presentes somando as quatro turmas.

Aula 1 – Teste Conceitual 1

O TC1 envolveu as formas de indução de corrente. Essas foram enfatizadas diversas vezes por nós durante a aula e, ao final dessa, ainda listamos tais formas. Nosso objetivo com esse teste foi ver se os estudantes tinham entendido a causa (variação do fluxo magnético) e o efeito (indução de força eletromotriz, logo corrente) do

fenômeno de indução eletromagnética em algumas de suas formas. A Figura 5.1 apresenta o TC1 da primeira aula de indução eletromagnética.

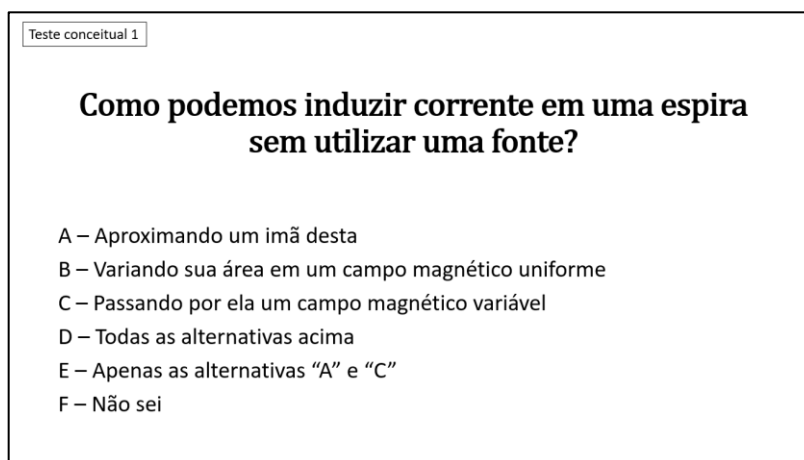


Figura 5.1. Teste conceitual 1 da primeira aula.

Nessa questão, queríamos que os estudantes utilizassem as proporcionalidades da expressão do fluxo magnético e a relação desse com a indução eletromagnética de modo a verificar que aproximando o ímã, variando a área da espira ou passando um campo magnético variável, haveria variação do fluxo magnético resultando no aparecimento de uma corrente induzida na espira. No geral, as discussões foram bem objetivas, não reparamos muita discordância entre os componentes dos grupos e os estudantes responderam rapidamente. O tempo de um minuto para a resposta individual e os dois minutos para a discussão foram suficientes. A Figura 5.2 mostra o gráfico contendo as respostas marcadas pelos estudantes antes e depois das discussões nesse teste.

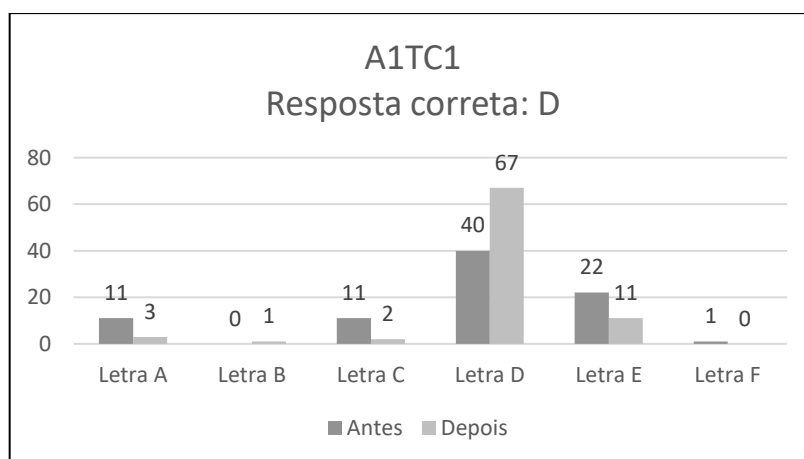


Figura 5.2. Gráfico com as respostas da A1TC1.

Com esses resultados, podemos fazer algumas suposições acerca das alternativas consideradas corretas pelos estudantes. Antes das discussões, 11 alunos marcaram apenas a letra “A – aproximando um ímã desta” como correta, isso pode ter acontecido por que eles associaram o fenômeno de indução apenas com o experimento feito em sala. Outros 11 alunos marcaram como resposta correta apenas a letra “C – passando por ela um campo magnético variável” como correta, pode ser que eles tenham associado a variação de campo magnético com a variação de fluxo e por isso marcaram essa alternativa, já os 22 alunos que marcaram a letra “E – apenas as alternativas “A” e “C”” como correta, podem ter analisado a questão como acabamos de supor as duas anteriores, podem ter tido os dois raciocínios. O fato da letra “B – variando sua área em um campo magnético uniforme” não ter sido considerada a única resposta correta, pode ser devido ao fato de ter a palavra “uniforme” associada ao campo magnético, negando a afirmação anterior dos alunos que marcaram a letra “C”.

Podemos ver no gráfico que o aumento no número de respostas corretas foi de 32%. A maioria dos alunos já tinham marcado a resposta correta individualmente, mas ainda assim, pudemos ver outros estudantes reconsiderando, de alguma forma, suas respostas anteriores. Acreditamos que, na discussão, alguns estudantes que marcaram as alternativas equivocadas tenham visto que elas não estavam completas, fazendo com que mudassem. Disso podemos pensar em algumas formas para melhorar esses pontos de confusão, poderíamos, por exemplo, focar mais nos parâmetros responsáveis pelo fenômeno de indução eletromagnética como campo magnético, área do circuito analisado, rotação do circuito em um campo magnético, etc. de modo a mostrar para os estudantes que não são formas fixas que induzem fem , mas sim, a variação de alguns parâmetros irão acarretar na variação do fluxo magnético que atravessa a área interna do circuito induzindo a fem nesse.

Aula 1 – Teste Conceitual 2

No TC2 foi abordado a lei de Faraday, sua expressão matemática e como esta era modificada ao adicionarmos espiras em um solenoide. Foi falado durante a exposição do conteúdo que o número de espiras de um solenoide imerso em um campo magnético que varia no tempo é diretamente proporcional à fem induzida nele. Queríamos com esse teste ver se os estudantes compreendiam que cada espira

possui, ao ser inserida em um campo magnético variável, uma contribuição individual de *fem* induzida total em um solenoide. A Figura 5.3 apresenta o TC2 da primeira aula.

Teste conceitual 2

Ainda na lei de Faraday, caso dobremos o número de espiras de um solenoide imerso em um campo magnético que varia no tempo, o que ocorrerá com o módulo da *fem* induzida?

A – Reduzirá a metade
 B – Nada
 C – Duplicará
 D – Não há dados suficientes para responder
 E – Nenhuma das alternativas acima
 F – Não sei

Figura 5.3. Teste conceitual 2 da primeira aula.

Nesse teste, esperávamos que os estudantes lembrassem da expressão da lei de Faraday para uma espira e vissem que, adicionando mais espiras, a *fem* cresceria proporcionalmente, resultando em uma *fem* induzida maior, ou seja, dobrando o número de espiras dobraríamos o valor da *fem* induzida. Notamos que assim como o teste anterior, esse teste foi rapidamente respondido por boa parte dos alunos no minuto oferecido para as respostas individuais, porém ao agruparmos gerou um pouco mais de discussão em relação ao primeiro. Possivelmente os estudantes tenham começado a entender como o método funcionava. O tempo para essa questão também foi suficiente nas duas etapas. A Figura 5.4 mostra os resultados do TC2.

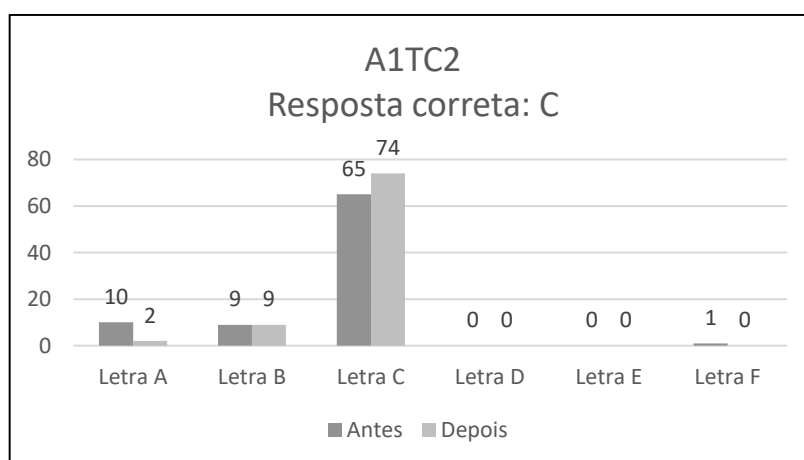


Figura 5.4. Gráfico com as respostas da A1TC2.

Olhando para os resultados desse teste, pudemos notar que a variedade de respostas marcadas foi menor que a do teste anterior, de modo que para esse teste também podemos fazer algumas suposições sobre as respostas dadas pelos estudantes. Os 10 estudantes que marcaram a letra “A – Reduzirá à metade” podem ter se confundido sobre a proporcionalidade entre a *fem* induzida e pensado que seria inversamente proporcional, fazendo assim com que a corrente induzida se dividisse entre as espiras do solenoide a medida que se adicionavam essas. Para os estudantes que marcaram a letra “B – Nada”, podem não ter lembrado que a expressão da lei de Faraday apresentada inicialmente era para uma espira, fazendo assim uma generalização equivocada.

Nesse teste, houve um menor crescimento no número de respostas corretas depois da discussão (10%) em comparação com o primeiro teste, porém o número de respostas corretas dadas individualmente foi maior. Supomos que esse foi uma parte de tema onde os alunos não tiveram muita dificuldade, possivelmente por ser uma relação entre duas variáveis que estão diretamente relacionadas em uma mesma expressão. Para melhorar a introdução da lei de Faraday, podemos fazer mais exemplos da aplicação e enfatizar que essa lei é sempre válida para problemas de indução, porém casos como adição e redução de espiras, há uma pequena modificação nessa.

Aula 1 – Teste Conceitual 3

O TC3 buscou testar a aplicação do conteúdo visto na lei de Lenz. Durante a aula, fizemos um exemplo como o descrito nesse teste. Procuramos ver se os estudantes tinham entendido sobre a regra da mão direita e se conseguiam aplica-la para encontrar o sentido da *fem* induzida. A Figura 5.5 apresenta esse teste.

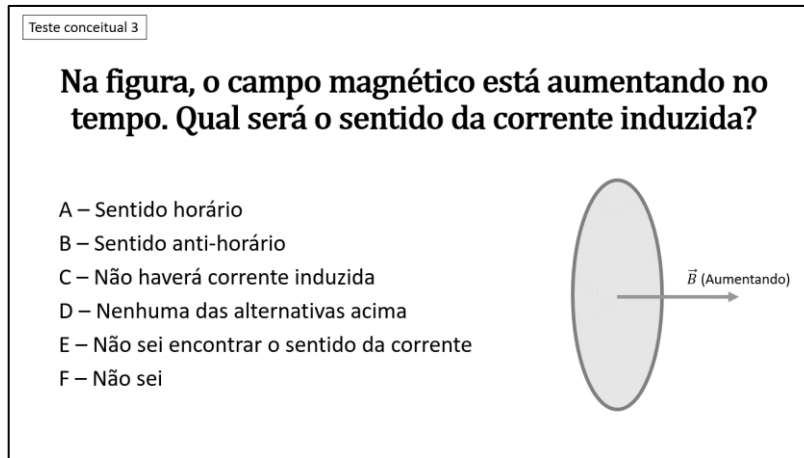


Figura 5.5. Teste conceitual 3 da primeira aula.

Esperávamos que os estudantes usassem o campo magnético induzido pela corrente induzida (que aparece para se opor à variação do fluxo magnético inicial) para aplicar a regra da mão direita e assim, encontrar o sentido da corrente induzida. Queríamos que pensassem que para o caso do campo magnético aumentando no tempo, a *fem* induzida produziria um campo magnético induzido contrário ao campo magnético inicial, de modo a se opor à variação do fluxo magnético e ao aplicar a regra da mão direita nesse campo magnético induzido, encontraria o sentido horário para a corrente induzida. Por ser um teste de aplicação da regra da mão direita, matéria tal que os estudantes revelaram possuir bastante dúvida, houve confusão por exemplo, com a posição da espira (qual face estava para frente). O tempo dado para as respostas foi insuficiente, pois ao anunciarmos o término desse uma quantidade considerável de estudantes se apressou para marcar no cartão resposta. A discussão foi um intensa, pois as respostas estavam bem divididas, como podem ver no gráfico da Figura 5.6.

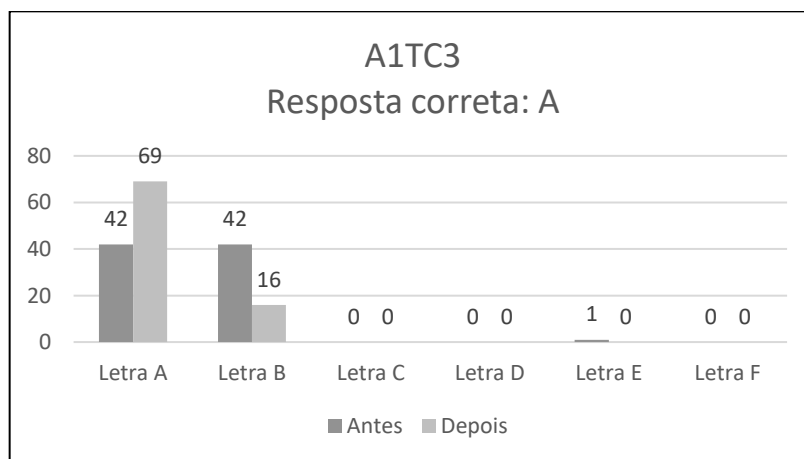


Figura 5.6. Gráfico com as respostas da A1TC3.

Vimos que as respostas ficaram entre a letra “A – sentido horário” e letra “B – sentido anti-horário”, podemos sugerir que essa divisão sobre as duas respostas pode advir devido ao que foi relatado no capítulo anterior sobre a posição da face da espira ou por falta de domínio e/ou treino da regra. Mesmo com a nítida divisão das respostas individuais, ainda prevaleceu a resposta correta no final das discussões, no entanto, houve uma turma que se manteve igual em relação ao número de respostas antes e depois das discussões, foi a menor turma com a qual trabalhamos.

Para esse teste, houve uma diferença de aproximadamente 32% nas respostas depois das discussões em relação às respostas individuais, mas ainda 16 alunos se mantiveram na letra “B”. Para reduzir essa confusão, podemos insistir em passar para os alunos exemplos e problemas com esse tema, ou encontrar ou produzir um vídeo ou uma simulação que mostre tridimensionalmente os vetores e a aplicação da regra, de modo a fazer com que os estudantes enxerguem melhor o que acontece com os parâmetros e consigam aplicar a regra da mão direita.

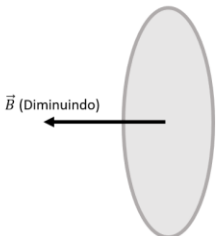
Aula 1 – Teste Conceitual 4

Para o TC4, fizemos apenas modificações como mudança no vetor campo magnético e o tipo de variação dessa grandeza no tempo e apresentamos um teste muito parecido com o anterior, para ver se iríamos verificar uma melhora nas respostas individuais, o teste é mostrado na Figura 5.7.

Teste conceitual 4

Agora, o campo magnético está diminuindo no tempo. Qual será o sentido da corrente induzida nesse caso?

A – Sentido horário
B – Sentido anti-horário
C – Não haverá corrente induzida
D – Nenhuma das alternativas acima
E – Não sei encontrar o sentido da corrente
F – Não sei



O diagrama mostra uma espira circular cinza. À esquerda da espira, um vetor preto horizontal aponta para a esquerda, rotulado como \vec{B} (Diminuindo).

Figura 5.7. Teste conceitual 4 da primeira aula.

Esperávamos que nesse teste os estudantes aplicassem a regra da mão direita novamente, mas em uma situação onde o campo magnético que atravessava a espira

diminuísse com o tempo. Para esse caso, queríamos que eles vissem que a corrente induzida produziria um campo magnético induzido no mesmo sentido do campo magnético inicial, que se oporia à diminuição do fluxo magnético e usando a regra da mão direita, encontraria a corrente induzida no sentido anti-horário. Em relação ao TC anterior, esse teste foi respondido mais rápido, como esperávamos. Observamos que a maior parte das discussões foram utilizadas para confirmar a resposta dos colegas de grupo do que para contradizer, como foi no TC3. O gráfico das respostas desse teste, mostrado na Figura 5.8.

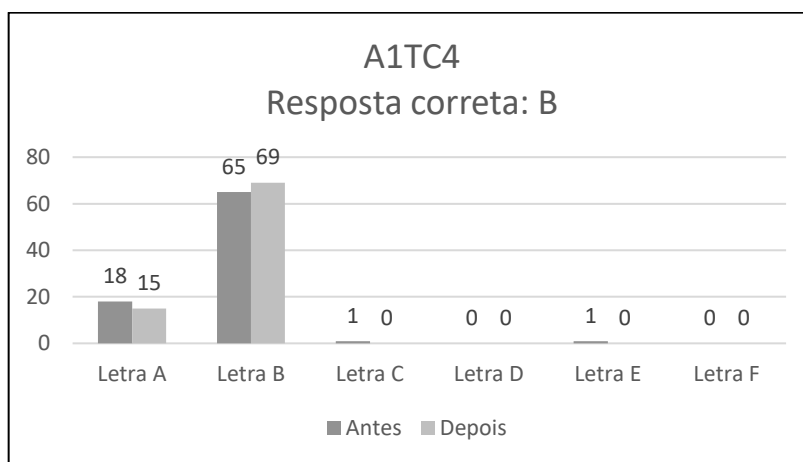


Figura 5.8. Gráfico com as respostas da A1TC4.

De fato, o número de respostas individuais aumentou para a resposta correta (de 42 na questão anterior para 65 nessa), porém ainda tiveram 15 alunos que se mantiveram na letra “A – Sentido horário”. Podemos supor que é um tema que causa confusão e quem sabe possa ser mais trabalhado dentro e fora de sala. O aumento nas respostas dessa questão foi de apenas 4%, porém o número de respostas corretas individuais aumentou. Inclusive, houve nesse teste uma turma onde 100% dos estudantes acertaram tanto antes quanto depois das discussões.

Aula 1 – Teste Conceitual 5

Esse TC envolveu o conceito de indução eletromagnética e que poderia ser analisado pela lei de Faraday. Queríamos verificar se os estudantes tinham entendido o conceito de indução, quais são as condições para que houvesse indução de fem e se conseguiram analisar uma situação onde houvesse campo magnético passando por uma espira e não ocorresse o fenômeno de indução. A Figura 5.9 mostra o TC5.

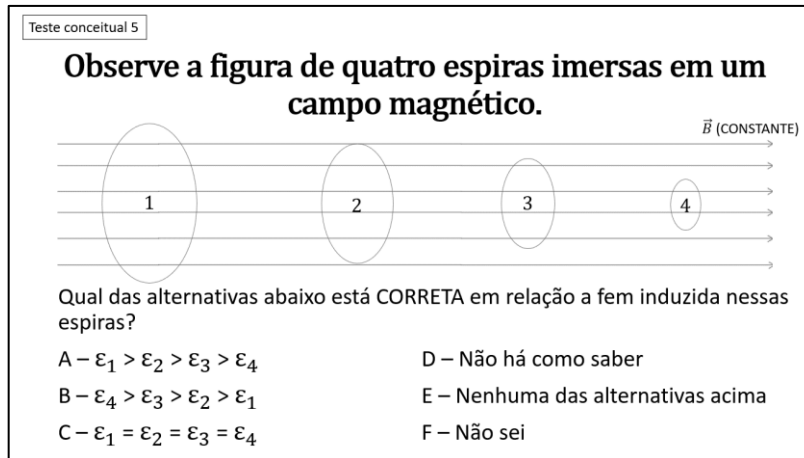


Figura 5.9. Teste conceitual 5 da primeira aula.

Esperávamos que os estudantes reparassem que o campo magnético que passava pelas espiras era constante e que as espiras tinham áreas fixas, de modo que não havia variação do fluxo magnético, logo não induziria *fem* em nenhuma das espiras. Esse teste conceitual, chamado de “pegadinha” pelos estudantes, na maioria das turmas foi respondido rapidamente no minuto de resposta individual, porém obteve bastante discussão em cima da lei de Faraday, alguns alunos argumentando que a *fem* na espira maior era maior e outros dizendo que era zero. A Figura 5.10 mostra a relação das respostas desse TC.

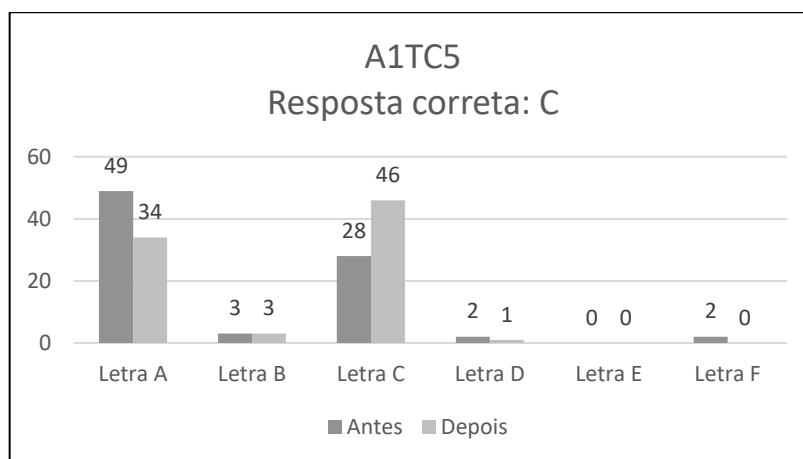


Figura 5.10. Gráfico com as respostas da A1TC45.

Nessa questão, supomos que os 49 alunos que marcaram a letra “A - $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3 > \epsilon_4$ ” como correta não levaram em consideração que as áreas das espiras eram fixas ou não viram que o campo magnético era constante. Para os três alunos que marcaram

a letra “B - $\varepsilon_4 > \varepsilon_3 > \varepsilon_2 > \varepsilon_1$ ” é possível que tenha ocorrido a mesma coisa dos alunos que marcaram a letra “A”, acrescido da inversão de proporcionalidade entre área interna da espira e fluxo. Houve ainda 2 estudantes que marcaram como correta a letra “D – não há como saber”, onde é possível que não tenham se atentado a todos os detalhes do TC. Nesse teste, houve uma turma onde o número de estudantes que marcaram a letra “A” como correta, superou o número de alunos que marcou a letra “C” como correta tanto antes como depois da discussão.

Essa foi a primeira questão que houve comoção quando mostrada a resposta correta. Pode ser porque mesmo depois da discussão ainda tiveram muitos estudantes que mantiveram a resposta correta como sendo a letra “A”. Contudo, depois que explicamos o porquê que a resposta correta era a letra “C”, eles falaram que fazia sentido. Uns disseram que não tinham visto que o campo era constante, outros não levaram em consideração que as áreas das espiras era fixa e ainda teve um pequeno grupo que disse que marcou a letra “C” como correta, mas pensaram que a corrente era diferente de zero.

A diferença entre o número de respostas corretas depois e antes das discussões foi de 21%. Mas vimos que, nem todos os alunos que marcaram a resposta correta tiveram uma conclusão correta. Podemos utilizar essas questões especiais, que fogem do senso comum, para explorar, por exemplo, como os estudantes pensam a respeito do conteúdo, como eles chegam às suas conclusões sobre problemas propostos para eles.

5.1.2. SEGUNDA AULA

Na segunda aula foi trabalhado dois tópicos: Força eletromotriz produzida pelo movimento (*fem* de movimento) e campo elétrico induzido. No total, contamos com 103 alunos.

Aula 2 – Teste Conceitual 1

Esse teste envolveu o conceito de indução eletromagnética aplicado à um problema particular e que consistiu em uma barra metálica se movendo em um trilho também metálico em formato de “U”, ambos imersos em um campo magnético uniforme. Fizemos a demonstração do cálculo da *fem* nesse caso, de duas formas, como

mostramos no Capítulo 4, de Indução Eletromagnética e enfatizamos durante a aula relação entre as grandezas envolvidas. A Figura 5.11 mostra o TC1 da segunda aula.

Teste conceitual 1

Como podemos aumentar o módulo da força eletromotriz no circuito da barra móvel?

A – Aumentado o comprimento da barra
 B – Aumentando o módulo do campo magnético
 C – Aumentando a velocidade da barra
 D – Todas as alternativas acima
 E – Somente as alternativas “B” e “C”.
 F – Não sei

Figura 5.11. Teste conceitual 1 da segunda aula.

Para esse teste, esperávamos que os estudantes conseguissem relacionar a força eletromotriz com as grandezas comprimento e velocidade da barra e o campo magnético o qual essa barra estivesse imersa e ver que, como todas são grandezas proporcionais à *fem*, caso aumentasse o comprimento da barra ou o módulo do campo magnético ou a velocidade da barra, de todo modo aumentaria o módulo da *fem*. Para essa questão, os tempos estabelecidos foram suficientes e a discussão foi constante, pois alguns estudantes tentavam convencer os outros sobre sua escolha de resposta. O gráfico da Figura 5.12 mostra as respostas desse teste.

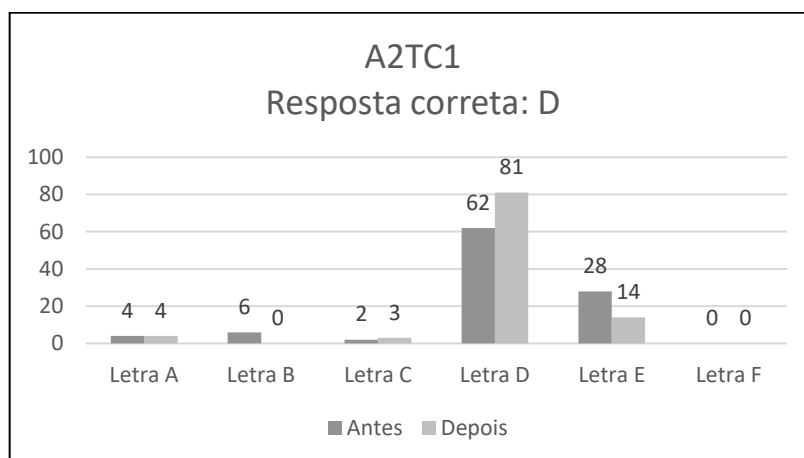


Figura 5.12. Gráfico com as respostas da A2TC1.

Sobre esses resultados podemos supor algumas explicações. Os estudantes que

marcaram as letras “A – Aumentando o comprimento da barra”, “B – Aumentando o módulo do campo magnético” e “C – Aumentando a velocidade da barra”, podem ter esquecido da relação entre as grandezas e relacionado apenas um dos parâmetros à fem induzida. Já os 28 estudantes que marcaram a letra “E – Somente as alternativas “B” e “C”” podem ter confundido a relação entre comprimento da barra e fem induzida ou podem ter confundido comprimento com espessura ou ainda, podem não ter desvencilhado a barra do trilho, onde mantemos o comprimento dessa constante.

Mesmo depois das discussões, 14 alunos se mantiveram na alternativa “E” e para melhorar o entendimento dessas relações para fem de movimento podemos, durante a aula, fazer exemplos de casos onde esses parâmetros variam de forma combinada para mostrar aos alunos que quando mais de um parâmetro em uma expressão varia, deve-se ter cautela ao afirmar o que acontece com a variável analisada.

Aula 2 – Teste Conceitual 2

O TC2 buscou a aplicação da lei de Lenz e da regra da mão direita no tema fem de movimento, para reforçar que a lei de Lenz é válida para os casos de indução. Queríamos verificar se os estudantes conseguiram ver que nesse caso, onde mudamos o sentido da velocidade da barra em relação ao problema da barra móvel apresentado em sala de aula, também haveria indução de fem . A Figura 5.13 apresenta esse teste.

Teste conceitual 2

Qual seria o sentido da força eletromotriz induzida caso a barra condutora estivesse se movendo conforme a figura abaixo?

A – Sentido horário

B – Sentido anti-horário

C – Não haveria força eletromotriz induzida

D – Não há dados suficientes para responder

E – Não sei

Figura 5.13. Teste conceitual 2 da segunda aula.

Queríamos com esse teste, que os estudantes vissem que, com a velocidade nesse sentido, a área da região fechada onde passava o campo magnético estava

diminuindo com o tempo, o que resultava em um fluxo magnético diminuindo com o tempo, fazendo surgir uma fem induzida no circuito formado pela barra e pelo trilho e, para encontrar o sentido dessa fem , utilizariam a lei de Lenz, que para esse caso, diz que a fem induzida produziria um campo magnético induzido no mesmo sentido do campo magnético inicial de modo a se opor à diminuição do fluxo e utilizando a regra da mão direita nesse campo magnético induzido encontrariam para a fem o sentido horário. O tempo para respostas individuais foi quase insuficiente para uma parte dos estudantes, que ficaram pensando até o último instante. O mesmo aconteceu para o tempo de discussão onde alguns grupos tinham discordância sobre qual alternativa seria a correta. No fim, as respostas se distribuíram conforme mostra a Figura 5.14.

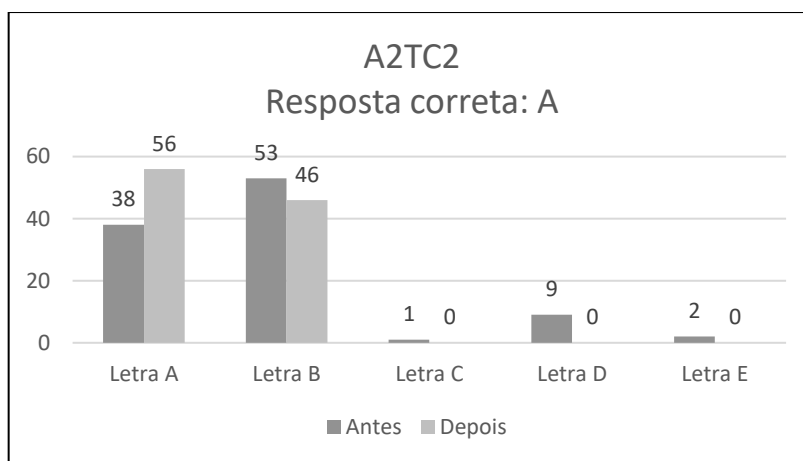


Figura 5.14. Gráfico com as respostas da A2TC2.

Como nos outros TCs da primeira aula, usados para encontrar o sentido da fem induzida, houve uma divisão nítida nas quatro turmas sobre qual seria o sentido da fem nesse TC, porém nesse teste não tínhamos o problema da face da espira, já que o desenho estava de frente para eles. Então, supomos outras possibilidades para essa confusão sobre a regra da mão direita. Os 53 estudantes que marcaram a letra “B – sentido anti-horário” podem não ter entendido que para os casos onde o fluxo diminui a fem induzida produz um campo magnético induzido que “reforça” esse fluxo, ocorrendo no mesmo sentido do campo magnético original, fazendo com que eles utilizassem a regra da mão direita em um vetor no sentido errado, gerando um sentido para a fem também errado. Ou então, podem ter aplicado a regra da mão direita utilizando o campo magnético original. Os 9 estudantes que marcaram a letra “D – Não há dados suficientes para responder” podem não ter se atentado a todos os

detalhes da questão.

Mesmo com um aumento de 17% no número de alunos que marcaram a alternativa correta depois das discussões, 46 alunos (45% dos estudantes) se mantiveram na alternativa “B”, que indicava o sentido oposto ao correto. Isso pode indicar um reforço no que dissemos nos TC3 e TC4 da primeira aula onde também pedimos para que os alunos aplicassem a lei de Lenz e a regra da mão direita. Um fato é que utilizamos apenas uma forma para apresentar a lei de Lenz, porém, pode ser uma boa alternativa apresentar outros modos de aplicar essa lei, de modo a deixar mais claro para os alunos.

Aula 2 – Teste Conceitual 3

O TC3 abrangeu o tema campo elétrico induzido e tratou da questão das proporcionalidades entre grandezas. Buscamos verificar se os estudantes discerniam entre o campo elétrico induzido e o produzido por cargas em repouso. Comentamos na aula a diferença entre esses dois campos e o fato de dependerem de modo diferente da distância onde se encontram os pontos a serem analisados, o primeiro é inversamente proporcional à distância e o segundo é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Na figura 5.15 está apresentado esse teste.

Teste conceitual 3

Caso dobremos o raio da espira, o que acontece com o módulo do campo elétrico induzido no exemplo visto? Por que?

A – Reduz a quarta parte, pois o campo elétrico induzido é inversamente proporcional ao quadrado da distância

B – Reduz a metade, pois o campo elétrico induzido é inversamente proporcional a distância

C – Dobra, pois o campo elétrico induzido é diretamente proporcional a distância

D – Quadruplica, pois o campo elétrico é diretamente proporcional ao quadrado da distância

E – Nenhuma das alternativas acima

F – Não sei

Figura 5.15. Teste conceitual 3 da segunda aula.

Esperávamos com esse teste que os estudantes se lembrassem da relação entre o módulo do campo elétrico induzido e o raio da espira ou das linhas de campo elétrico induzido e que diferenciasssem as duas formas de campo elétrico mencionados anteriormente. Dessa forma, veriam que o campo nessa questão é induzido de modo

que seu módulo é inversamente proporcional à distância, ou para esse caso, o raio da espira, por isso, quando dobrasse o raio dessa, reduziria à metade o módulo do campo elétrico induzido. O tempo dado para os estudantes foi suficiente, não havendo muita discussão quando agrupados. Tivemos um problema com a formulação desse teste conceitual e aplicamos ele nas duas primeiras turmas sem notar um erro em suas respostas, o que resultou na diminuição de respostas (nesse teste tivemos apenas 60 das 103 respostas). Nas turmas 3 e 4 fizemos a correção e coletamos as respostas dadas por eles como mostra a Figura 5.16.

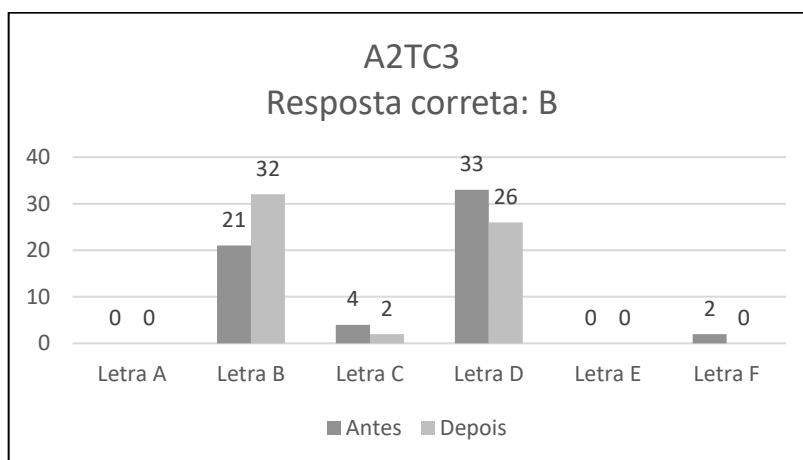


Figura 5.16. Gráfico com as respostas da A2TC3.

As respostas dos estudantes para esse teste se concentraram na alternativa “B – Reduz a metade, pois o campo elétrico induzido é inversamente proporcional à distância”, que é a resposta correta e, para nossa surpresa, na alternativa “D – Quadruplica, pois, o campo elétrico é diretamente proporcional ao quadrado da distância”. Ficamos surpresos porque esperávamos que os estudantes ficariam em dúvida entre as letras “A – Reduz a quarta parte, pois o campo elétrico induzido é inversamente proporcional ao quadrado da distância” e a letra “B”, devido ao fato de o campo elétrico produzido por cargas possuir esse comportamento. Supomos então que os 33 estudantes que marcaram a letra “D” e os 26 que mantiveram essa resposta, confundiram a relação entre essas grandezas, colocando-as de forma proporcional e com a distância variando de forma quadrática em relação ao campo elétrico induzido. Acreditamos que fazer um reforço sobre as diferenças entre esses campos elétricos, juntamente com a exploração das expressões que descrevem esses campos ajude no entendimento dessas proporcionalidades.

Aula 2 – Teste Conceitual 4

O TC4, além de indução de *fem* de movimento, envolveu proporcionalidade entre a *fem* induzida e o comprimento da barra que é inserida na região de campo magnético. Foi enfatizado durante a aula que, para que houvesse indução de *fem* em uma barra retilínea inserida em um campo magnético uniforme, os vetores comprimento e velocidade devem ser perpendiculares ao vetor campo magnético. Na Figura 5.17 se encontra o TC4.

Teste conceitual 4

No desenho abaixo, todas as espiras possuem a mesma velocidade e a mesma área.

Todas as espiras estão indo na direção da região onde se encontra um campo magnético uniforme de módulo B . Em qual espira será produzida a maior *fem* quando ela entrarem na região de campo magnético?

A – Espira 1
B – Espira 2
C – Espira 3
D – Todas terão a mesma *fem*.
E – Não haverá *fem* em nenhuma.
F – Não sei.

Figura 5.17. Teste conceitual 4 da segunda aula.

Nesse teste, esperávamos que os estudantes usassem a informação mencionada acima sobre a relação entre os vetores campo magnético, velocidade e o comprimento da barra, juntamente com a expressão da *fem* de movimento apresentada em sala de aula, para ver que a área da espira, nesse caso, não iria influenciar no resultado e já que os módulos da velocidade da espira e do campo magnético da região eram constantes, apenas o comprimento lateral que está entrando na região de campo iria alterar o valor da *fem* induzida. O tempo para essa questão foi suficiente, mas gerou bastante discussão entre os grupos. Também tivemos um erro nessa questão com a Turma 1, de modo que os resultados correspondentes a ela não foram colocados. Todos os outros se encontram abaixo, na Figura 5.18.

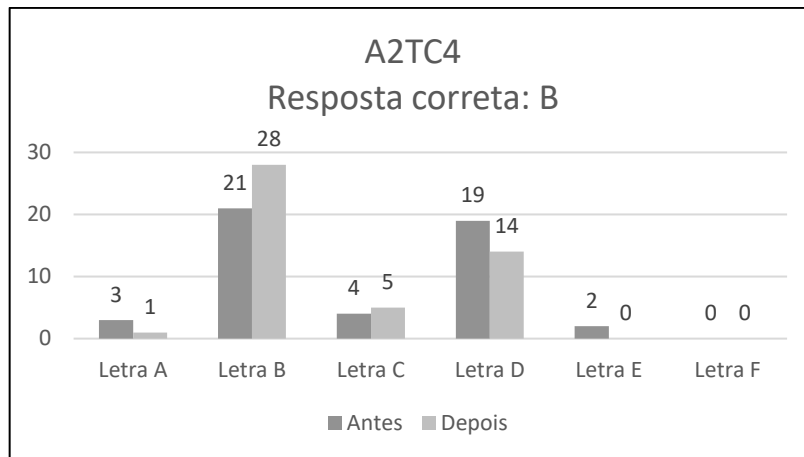


Figura 5.18. Gráfico com as respostas da A2TC4.

Fizemos algumas suposições sobre esses resultados, como, por exemplo, para os 3 alunos que marcaram a letra “A – Espira 1” e os 4 que escolheram a letra “C – Espira 3” como alternativas corretas, estes podem ter relacionado grandezas de forma equivocada, de modo que chegaram a relações entre essas que não eram corretas. Para os 19 alunos que marcaram a letra “D – Todas terão a mesma *fem*”, podem ter sido levados pelo fato de falarmos que as áreas eram iguais e não terem se atentado ao fato que os comprimentos eram diferentes ou podem ter associado esse TC ao TC5 da primeira aula, onde as áreas nem o campo magnético variavam e a *fem* era a mesma em todas as espiras, sem se atentar ao fato de que são problemas diferentes. Assim como para o TC anterior, dar uma ênfase nas relações entre as variáveis envolvidas e o que estas significam na expressão da *fem* pode ajudar na assimilação dos estudantes.

Aula 2 – Teste Conceitual 5

O TC5 compreende os temas de *fem* de movimento, lei de Faraday e relação entre variáveis. Durante a aula, frisamos com os estudantes que a expressão para *fem* de movimento que mostramos valia apenas para condutores retilíneos onde seu comprimento e velocidade fossem perpendiculares ao campo magnético o qual estava submetido. Voltamos a falar também que era a variação do fluxo magnético passando por um circuito que induzia uma *fem* nele. A Figura 5.19 apresenta o TC5.

Teste conceitual 5

Podemos afirmar que em um circuito de área variável no tempo passando com velocidade v imerso em um campo magnético uniforme:

A – quanto maior a velocidade v do circuito, maior a fem induzida nele.
 B – quanto maior o campo magnético, maior a fem induzida no circuito.
 C – quanto maior a área do circuito, maior será a fem induzida nele.
 D – Todas as alternativas acima.
 E – Nenhuma das alternativas acima.
 F – Não sei.

Figura 5.19. Teste conceitual 5 da segunda aula.

Nesse teste buscávamos que os estudantes vissem que o circuito não era, necessariamente, o exemplo da barra móvel, mas por estar todo imerso no campo magnético, sua velocidade não interferiria na *fem* e que segundo a lei de Faraday, apenas a variação do fluxo ocasionaria a indução de uma *fem*, porém, como o campo magnético é uniforme, a *fem* dependeria apenas do módulo desse campo e da taxa de variação da área do circuito no tempo. Também esperávamos que eles se lembrassem da condição imposta para *fem* de movimento descrita anteriormente no TC4 para não aplicar equivocadamente a expressão para *fem* de movimento. Aqui, os estudantes responderam rapidamente no primeiro minuto, no entanto, quando os grupos se formaram houve uma boa discussão sobre a questão, resultando nas respostas que estão colocadas no gráfico da Figura 5.20.

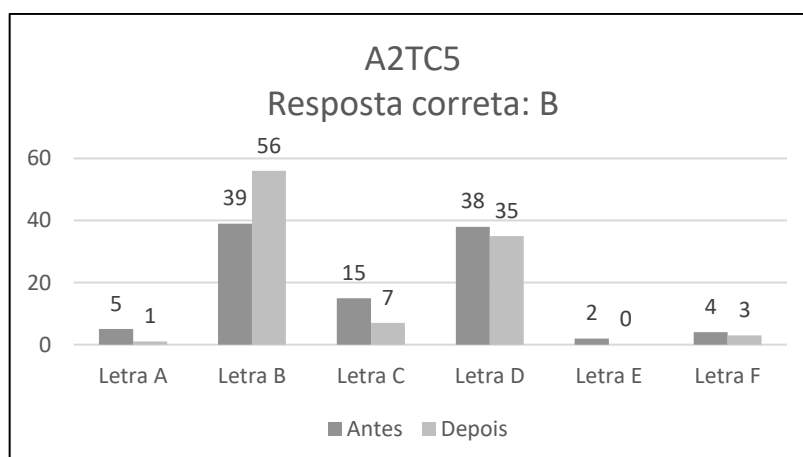


Figura 5.20. Gráfico com as respostas da A2TC5.

Sobre esse teste, supomos que os 5 estudantes que colocaram a letra “A – Quanto

maior a velocidade v do circuito, maior a *fem* induzida nele”, podem ter aplicado a expressão para *fem* de movimento apresentada durante a exposição do conteúdo e acreditamos que não tenham se atentado ao fato do circuito estar completamente imerso no campo magnético. Os 15 alunos que marcaram a letra “C – Quanto maior a área do circuito, maior a *fem* induzida nele” podem ter interpretado esse “quanto maior” como variação e não como módulo, como era proposto. Os 38 alunos que marcaram a letra “D – Todas as alternativas acima” podem ter feito as mesmas confusões que os que marcaram as letras “A” e “C” como corretas.

Mesmo havendo 17% de aumento no número de respostas corretas, ainda restaram 35 alunos marcando a letra “D” como correta, um número considerável de estudantes. Essa foi a questão que alguns me disseram achar mais difícil, pois envolvia muitos parâmetros. Investir mais em problemas desse tipo pode vir a ser vantajoso para os estudantes verem que existem vários pontos a serem analisados em um problema e que a mudança de uma variável pode interferir em mais de uma outra.

5.1.3. TERCEIRA AULA

Nessa aula, o tema trabalhado foi correntes de Foucault e contou com 94 alunos.

Aula 3 – Teste Conceitual 1

Esse teste envolveu, dentro do tema proposto para a aula, o comportamento de isolantes e foi feito para mudar um pouco o foco. Utilizamos o experimento que tínhamos apresentado a eles em vídeo para fazer o teste apresentado na Figura 5.21.

Teste conceitual 1

Se, no vídeo, ao invés de uma placa condutora, fosse uma placa isolante, o que ocorreria com esta ao passar pelo campo magnético do eletroímã?

A – Ocorreria polarização na placa, induzindo uma corrente.
B – Induziria uma corrente, mas não circular.
C – Não induziria corrente, mas o freamento ocorre, porém de modo não tão significativo.
D – Nada.
E – Nenhuma das alternativas acima.
F – Não sei.

Figura 5.21. Teste conceitual 1 da segunda aula.

Queríamos que eles se atentassem ao fato de que, para funcionar, o experimento do vídeo (pêndulo de Waltanhofen) teria que ser feito com uma placa de material metálico, pois possuem elétrons livres, passando entre as faces do eletroímã para induzir corrente, e assim ocasionar o fretamento, para que concluíssem então que no caso de um isolante nada aconteceria ao passa-lo pelas faces do eletroímã. Os alunos responderam rapidamente essa questão no primeiro minuto, havendo, principalmente em duas turmas específicas, bastante discussão. A relação das respostas para esse teste está exposta na Figura 5.22.

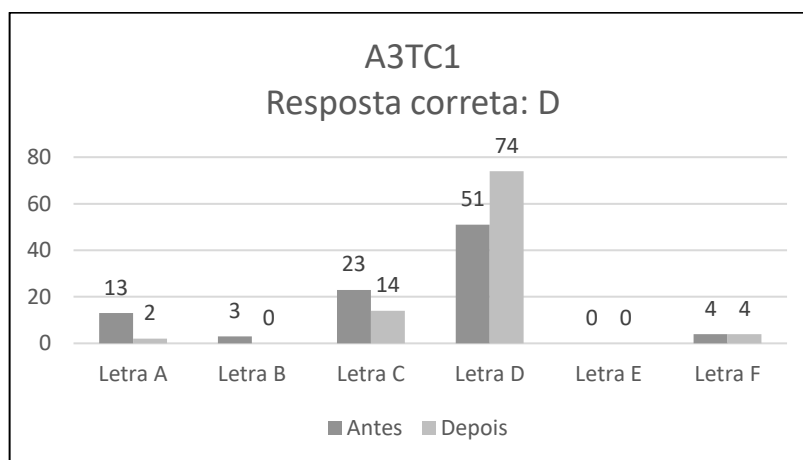


Figura 5.22. Gráfico com as respostas da A3TC1.

Supomos que os 13 alunos que marcara a letra “A – Ocorreria polarização na placa, induzindo uma corrente” poderiam não saber ou não lembrar do que é polarização, induzindo-os a resposta errada ou terem associado a polarização com movimento gerando confusão. Os 23 de marcaram a letra “C – Não induziria corrente, mas o fretamento ocorre, porém de modo não tão significativo” podem não ter se lembrado das características de um isolante e não ter associado isso ao fato de um material isolante não possuir elétrons livres para a produção de qualquer corrente, o que inclui a induzida. O que poderíamos fazer é tentar relacionar mais os conteúdos para mostrar que eles não são independentes um do outro e mostrar mãos exemplos disso.

Aula 3 – Teste Conceitual 2

No TC2 dessa aula, utilizamos o esquema que fizemos para o vídeo mostrado em sala, apresentado junto com os outros slides utilizados no Apêndice A e envolveu a relação entre a velocidade da placa e a intensidade do campo magnético o qual ela

estava submetida. Falamos em sala sobre essa relação, focando no fato de que quanto maior a velocidade de entrada/saída da placa na região de campo, mais intensa é a variação do fluxo e conseqüentemente, maior a corrente induzida nela o que implica em uma maior força de oposição ao movimento, já que essa depende diretamente da intensidade da corrente produzida e frisamos que o mesmo efeito é produzido no caso de aumentarmos a intensidade do campo magnético entre os ímãs. A Figura 5.23 mostra esse teste.

Teste conceitual 2

No desenho, a placa entra no campo magnético entre os ímãs e nela é induzida correntes de Foucault. Como pode-se intensificar a força de oposição que estas produzem no movimento da placa?

A – Aumentando-se a velocidade do condutor.

B – Aumentando-se a intensidade do campo magnético.

C – Aumentando-se a distância entre os ímãs.

D – Todas as alternativas acima

E – Somente as alternativas “A” e “B”.

F – Não sei.

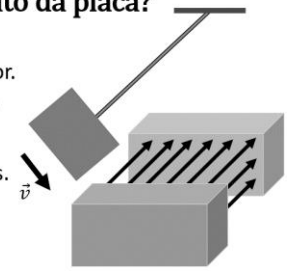


Figura 5.23. Teste conceitual 2 da segunda aula.

Para esse teste, esperávamos que os estudantes utilizassem do que dissemos acima e que relacionassem a velocidade da placa e o campo magnético entre os ímãs com a variação do fluxo, para ver que a força de oposição se intensificaria ao se aumentar a velocidade de entrada da placa e que se lembrassem também que caso afastassem os ímãs, a intensidade do campo iria diminuir, contrariando a alternativa “B”. O tempo para essa questão foi suficiente, havendo bastante discussão entre boa parte dos grupos sobre duas alternativas, como mostram os resultados desse teste no gráfico apresentado na Figura 5.24.

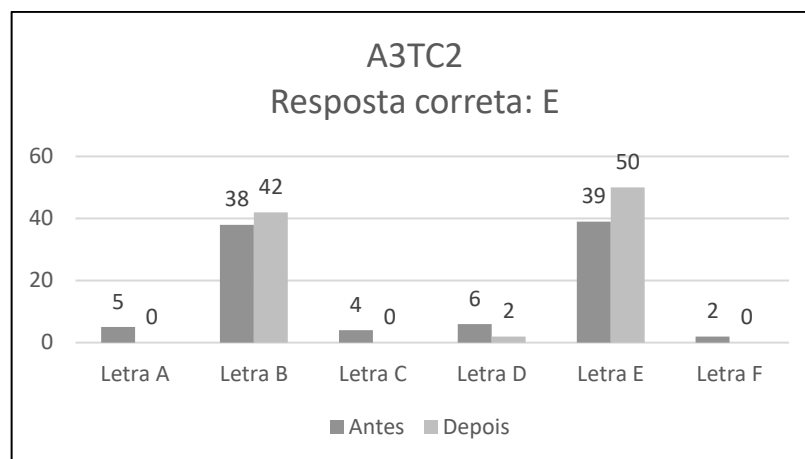


Figura 5.24. Gráfico com as respostas da A3TC2.

As alternativas desse teste são semelhantes ao A2TC5, o que pode ter influenciado os 38 alunos que marcaram a letra “B – Aumentando-se a intensidade do campo magnético” como correta, pode ter ocorrido também a associação apenas do campo magnético com a força de oposição devido a equações que relacionam essas grandezas. Os 5 alunos que marcaram a letra “A – Aumentando-se a velocidade o condutor.” Podem não ter se atentado ao fato de que não era a única resposta correta ou então, podem não ter associado a intensidade do campo magnético com a força de oposição exercida sobre a placa. Já os 4 alunos que marcaram a letra “C – Aumentando-se a distância entre os ímãs” e os 6 que marcaram a alternativa “D – Todas as alternativas acima” podem não ter se atentado ao fato de que afastando os ímãs o campo magnético entre eles diminui.

Mesmo depois das discussões, 42 alunos marcaram a letra “B” como alternativa correta, o que pode indicar uma generalização nos problemas, ou seja, os alunos podem ter achado que, por ser uma placa, entrando em uma região de campo, é a mesma coisa do teste da aula anterior, onde era uma espira. Porém, no outro teste, só o campo magnético influenciava no valor da fem , pois a espira estava totalmente imersa no campo. Aqui é uma situação bem diferente, porém envolve os mesmos parâmetros. O que podemos fazer sobre isso é mostrar melhor as condições iniciais dos problemas, mostrando que nem sempre se pode analisar da mesma forma duas situações que envolvam variáveis parecidas ou até idênticas.

Aula 3 – Teste Conceitual 3

No TC3, usamos a segunda parte do vídeo apresentado, onde o experimentador faz

a troca da placa maciça por uma vazada (em formato de pente), e faz com que essa oscile, assim como a placa maciça, entre as faces do eletroímã. Porém, ao contrário do que ocorreu anteriormente, quando ele liga o eletroímã, a placa vazada continua oscilando sem sofrer nenhuma influência aparente do campo magnético. Esse teste é apresentado na Figura 5.25.

Teste conceitual 3

No vídeo, quando se troca a placa maciça por uma vazada, não ocorre o “freamento”. Isso acontece porque...

A – a placa vazada passa com uma velocidade maior.
B – o campo magnético atravessa direto a placa.
C – a corrente induzida não consegue fechar um ciclo.
D – a corrente é muito pequena e quase não interfere no movimento.
E – Nenhuma das alternativas acima.
F – Não sei.

Figura 5.25. Teste conceitual 3 da segunda aula.

O que esperávamos é que os estudantes percebessem que, por ser feita do mesmo material da placa (falamos isso durante a apresentação do vídeo e enfatizamos quando lemos o teste), haveria indução de corrente na placa dentada, porém não da mesma forma como na placa maciça. Na placa vazada não haveria como ter apenas uma corrente intensa como na placa maciça, mas sim, pequenas correntes nos espaços entre seus dentes, o que geraria um conjunto de pequenas forças contrárias ao movimento, que não fariam tanto efeito no freamento da placa, mas ainda assim, ocorreria a indução da corrente. Para esse teste, tiveram alunos que ficaram até o último instante para responder individualmente e houve bastante discussão nos grupos em três das quatro turmas. Os resultados para esse teste se encontram na Figura 5.26.

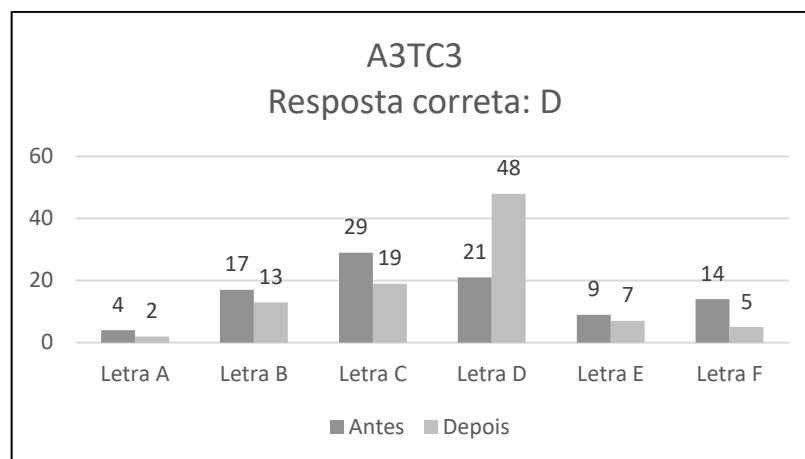


Figura 5.26. Gráfico com as respostas da A3TC3.

As respostas ficaram bem divididas, o que pode também ser um responsável pela discussão intensa entre os componentes da maior parte dos grupos. Pensamos que os 4 alunos que marcaram a letra “A – A placa vazada passa com uma velocidade maior” podem ter se confundido com a relação entre a velocidade da placa e a força de resistência, os 17 alunos que marcaram a letra “B – o campo magnético atravessa a placa” podem ter imaginado, por exemplo que os “pentos” da placa vazada fossem muito finos e que o campo não passaria neles. Para os 29 alunos que colocaram a letra “C – a corrente induzida não consegue fechar um ciclo” como correta, supomos que eles podem ter imaginado que a corrente induzida precisava de uma placa maciça e de espaço para ocorrer de modo que os espaços entre os “dentes” não a deixariam passar, impedindo-a de fechar seu ciclo.

Esse foi um teste cujo conteúdo não foi muito explorado dentro de sala, até porque se fosse, daríamos a resposta para eles. Só contamos com as associações que eles fizeram da aula e do vídeo com a questão. Poderíamos explorar mais esse tipo de problema falando mais sobre o comportamento da corrente induzida nesses casos de materiais maciço ou com “buracos” passando por uma região de campo magnético uniforme.

Aula 3 – Teste Conceitual 4

Nesse TC exploramos novamente a relação entre velocidade da placa e a força que se opõe ao movimento da placa. Falamos durante a aula, no TC2 e no TC3 sobre a influência da velocidade e da força de oposição e que esses parâmetros eram proporcionais. O teste está apresentado na Figura 5.27.

Teste conceitual 4

Uma placa condutora quadrada se encontra no centro de uma região retangular onde existe um campo magnético constante. De que forma haverá menor resistência para se retirar a espira desta região?

A – Movendo-a rapidamente para cima ou para baixo.
 B – Movendo-a rapidamente para direita ou para esquerda.
 C – Movendo-a lentamente para cima ou para baixo.
 D – Movendo-a lentamente para direita ou para esquerda.
 E – As alternativas “A” e “B” estão corretas.
 F – As alternativas “C” e “D” estão corretas.




Figura 5.27. Teste conceitual 4 da segunda aula.

Com esse teste queríamos que os estudantes vissem que, caso a velocidade da retirada da placa fosse alta, ou seja, se ela fosse retirada rapidamente, haveria uma variação de fluxo maior, gerando uma corrente maior e conseqüentemente, uma força de resistência ao movimento também maior. E o oposto ocorreria caso a velocidade de retirada fosse menor, ou seja, se retirasse lentamente a placa. Também esperávamos que eles observassem que, dentre as opções apresentadas, o caminho dentro da região de campo era irrelevante, pois enquanto a placa estivesse imersa no campo magnético não seria produzido uma corrente induzida, logo não haveria uma força se opondo ao movimento. Falamos para os alunos que as velocidades em questão eram constantes e que os caminhos para a retirada (para cima, para baixo, para direita e para a esquerda) eram retilíneos. Em duas turmas muitos grupos giraram as discussões entre as letras “C” e “F” até onde pudemos observar e nessas mesmas duas turmas o tempo foi certo, pois as discussões duraram até quase o final dos dois minutos. Já as respostas individuais tiveram tempo suficiente. Na Figura 5.28 estão as respostas do TC4.

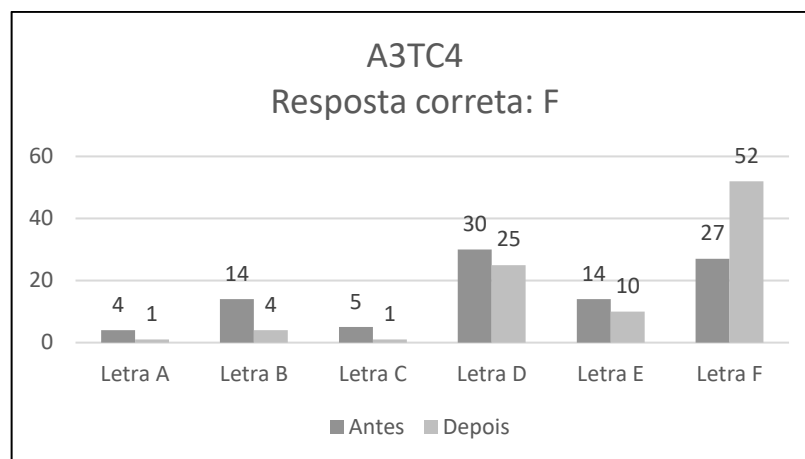


Figura 5.28. Gráfico com as respostas da A3TC4.

Com esses resultados supomos que os 4 alunos que marcaram a letra “A – Movendo-a rapidamente para cima ou para baixo”, os 14 alunos que marcaram a letra “B – Movendo-a rapidamente para direita ou para esquerda” e os 14 estudantes que marcaram a letra “E – As alternativas “A” e “B” estão corretas” como corretas, podem relacionado erroneamente a velocidade de retirada da placa com a força de oposição ao movimento, podem ter sido levado pela sensação de que quando se retira um objeto rapidamente esse aparentemente sai com maior facilidade se comparado a uma menor velocidade e ainda não devem ter assumido que, dentro da região de campo não haveria uma força de oposição ao movimento. Esse último ponto pode não ter sido assumido também pelos 5 estudantes que marcaram a letra “C – Movendo-a lentamente para cima ou para baixo” e os 30 alunos que marcaram a letra “D – Movendo-a lentamente para a direita ou para esquerda” como correta. Reforçar o conceito de indução eletromagnética, como ocorre em placas maciças e quais parâmetros influenciam na força de oposição pode ser um bom passo para melhorar o entendimento dos alunos.

Aula 3 – Teste Conceitual 5

Esse TC utilizou o conceito de indução magnética em uma espira passando por um campo magnético uniforme. Com esse teste queríamos mostrar para os alunos que nem sempre os parâmetros variam linearmente. Isso foi falado para eles durante a aula e queríamos testar como eles se portariam diante de uma questão que envolvia proporcionalidade e alguns cálculos depois de aulas puramente teóricas. Esse teste não faz menção ao termo teste conceitual do método PI e tem um formato bem

diferente dos que mostramos até agora como mostra a Figura 5.29.

Teste conceitual 5

Um trem utiliza-se do freio magnético para frear, utilizando uma espira retangular de resistência R . Carregando metade da capacidade máxima, o campo magnético utilizado para freá-lo vale B . Nas mesmas condições, caso ele esteja com capacidade máxima, qual deve ser o valor do campo para o trem frear com o mesmo tempo?

A – $B/2$
 B – $\sqrt{2} B$
 C – $2B$
 D – B^2
 E – Não há informações suficiente.
 F – Não sei.

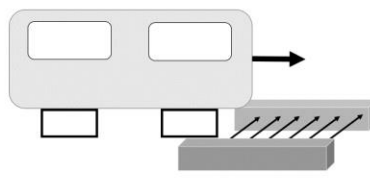


Figura 5.29. Teste conceitual 5 da segunda aula.

Queríamos com esse teste que os estudantes aplicassem a lei de Faraday para que chegasse ao resultado do campo magnético pedido, não só pelos cálculos, mas sim para perceberem que não necessariamente as grandezas se comportam linearmente com as outras, mesmo parecendo que sim. Vimos que a maior parte dos estudantes fez rapidamente o teste, e não foi diferente na parte das discussões. O resultado desse teste se encontra na Figura 5.30.

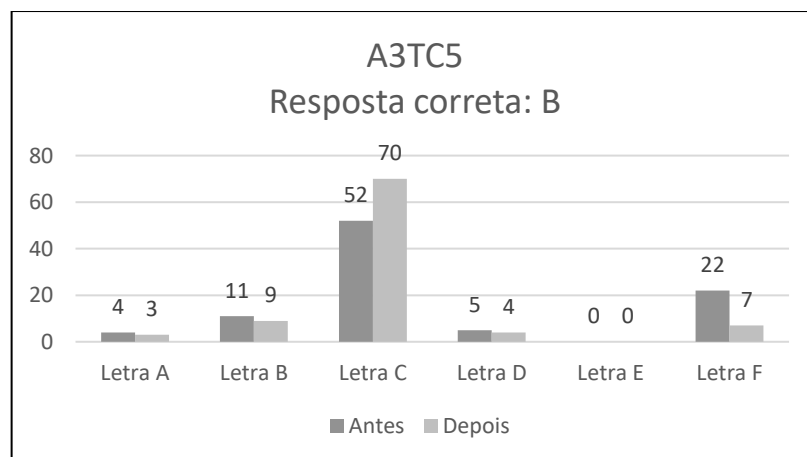


Figura 5.30. Gráfico com as respostas da A3TC5.

A primeira reação sobre esse teste foi um “o quê?” vindo do fundo da sala na primeira turma e vários murmúrios sobre a resposta. Os 52 alunos que marcaram a letra “C – 2B” antes da discussão e os 70 que marcaram depois dessa, podem ter achado que dobrando a capacidade, teria que dobrar o campo magnético para que freassem com o mesmo tempo o trem. Além de serem vetores ortogonais nesse caso, ou seja, um

não interfere no módulo do outro, eles não têm relação linear. Foi uma questão acima das outras em termos de dificuldade, mas ficamos curiosos para ver como eles se saíam com uma questão desse tipo. Vale lembrar que não era nosso objetivo trabalhar com cálculos ou coisas do tipo, mas esse teste conceitual trouxe mais do que apenas cálculos e mostrou para os alunos que nem sempre a resposta que parece óbvia é a correta.

5.2. SOBRE O MÉTODO APLICADO

5.2.1. OPINIÃO DOS ESTUDANTES

Pedimos aos estudantes para escrever de forma livre, no verso do cartão resposta, o que acharam da aula, o ritmo dela, o método e o que mudariam na aula que tinham acabado de participar. Destacamos alguns comentários que estão descritos a seguir, sem identificação. Todos os comentários foram feitos na primeira aula, não pedimos para que fizessem o mesmo nas outras aulas, o que resultou em comentários apenas das duas primeiras turmas (53 comentários de um total de 103 alunos), onde a maior parte deles retrataram que os alunos mostraram interesse em participar do método, o que facilitou bastante a aplicação. A maior parte dos comentários foi sobre o método e os TC aplicados ao final de cada aula.

“A teoria realmente fez sentido na prática com a aplicação do teste, foi bem prático, objetivo, todas as matérias seriam melhores aplicadas e o conteúdo bem mais *entendível* se usassem esse método.”

“O método aplicado foi interessante e eficaz. Mostrou, exemplificando o que estava fazendo. Valeu a pena.”

“O método é muito interessante, a associação do conteúdo com experimentos facilita a compreensão. As perguntas durante as explicações também estimularam o meu entendimento, pois facilita a assimilação dos conceitos.”

“Foi divertido e muito mais produtivo do que ficar sentada apenas escutando. A ideia nos de nos fazer pensar ao acompanhar o conteúdo é melhor.”

“[...] as perguntas durante as explicações também estimularam o meu entendimento, pois facilita a assimilação dos conceitos.”

Tanto na escrita quanto pessoalmente, os alunos se mostraram bem animados com a

nova abordagem, tanto que ao final da primeira aula alguns alunos vieram nos perguntar se iríamos aplicar de novo esse método nas próximas aulas, pois tinham achado bem interessante. Outros comentários foram centrados na aula, as questões nos slides e o ritmo da aula.

“Gostei do método. As vezes a matéria se torna muito difícil de se ver, um pouco abstrata. Como foi apresentada, conseguimos compreender melhor a matéria. A aula seria ainda mais proveitosa caso a matéria fosse apresentada mais devagar.”

“Muito didática, facilitando no entendimento da matéria apresentada e na fixação.”

“Eu realmente gostei da aula e fixou bastante os conteúdos em minha mente. Visto isso, eu acertei todas as questões devido a aula trazer um melhor conceito e aplicabilidade da teoria [...]”

“[...] foi uma aula bem dinâmica, com um foco bem definido e de fácil compreensão com o conteúdo.”

“[...] mas a aula foi um tanto rápida.”

“Aula legal, pois a participação dos alunos e o método de ficar fazendo perguntas torna as aulas mais dinâmicas e faz os alunos pensarem mais sobre a matéria.”

A aula foi bem elogiada pelos estudantes pelo fato de ter questões para que eles respondessem que levava a um conceito. Alguns alunos acharam a primeira aula um pouco rápida, porém isso foi revisto por nós e não ouvimos mais isso nas aulas seguintes. Também houveram comentários sobre a contribuição do experimento para a aula.

“Gostei bastante, pois foi possível perceber através do experimento a prática, e para auxiliar as discussões em grupo, reforça a troca de conhecimentos.”

“[...] deu para entender tudo, ainda mais com o experimento, deu para visualizar melhor.”

“[...] chamou minha atenção já que começou com um experimento e me deixou curiosa.”

“[...] devido ao fato de ter um experimento e a explicação depois fez com que

ficássemos prestando atenção para saber o que estava acontecendo.”

O experimento que mais chamou a atenção, segundo os alunos, foi o do tubo, pois fugiu ao senso comum de que o imã iria cair com o mesmo tempo da outra esfera ou até mais rápido que ela. Isso foi demonstrado pelos comentários dos alunos durante e depois da apresentação do experimento dele para nós.

5.2.2. NOSSA IMPRESSÃO

5.2.2.1. SOBRE A APLICAÇÃO

Quando chegamos nas turmas, na primeira aula em que aplicaríamos o método, fomos recebidos com atenção e boa receptividade. Pensamos que seria um pouco mais complicado apresentar nossa proposta de aula para eles por ser um método um pouco diferente do que estão acostumados, mas nos surpreendemos com o interesse deles em ver o que viria depois, como seria o próximo teste conceitual e em como discutiram realmente as questões. Mesmo os alunos que não se interessaram, respeitaram a aula e não atrapalharam a execução do nosso trabalho em hora nenhuma.

Na primeira turma percebemos alguns pontos que podíamos melhorar na aplicação. Notamos por exemplo, que gastamos menos tempo do que pretendíamos na exposição do conteúdo da primeira, o que fez com que o conteúdo fosse apresentado um tanto rápido, o que inclusive isso foi comentado por alguns estudantes no verso do cartão resposta. Nas outras aplicações nos atentamos mais para esse fato e não tivemos mais problemas a respeito.

5.2.2.2. SOBRE O MÉTODO EM SI

O método adaptado foi no geral, bem executado. Não tivemos problemas grandes em nenhuma das etapas. Gostamos do resultado nas interações, na participação e na atitude dos alunos. Observando alguns pontos que mereceram nossa atenção e que servirão para futuras aplicações desse e de outros métodos. Uma coisa que foi recorrente nas aplicações foi o fato de que as duas primeiras aplicações foram bem movimentadas, com discussões e reações bem expressivas. Na terceira aula, no entanto, vimos que a aplicação já não era mais novidade e se tornou até um pouco

repetitiva, gerando uma pequena queda na empolgação dos estudantes. O que nos faz pensar em alternar métodos diferentes para estimular os alunos de modos variados, tornando as aulas sempre novas (o que, inclusive, é mencionado nas bases da metodologia ativa) (SILBERMAN, 1996). Seria proveitoso já que uns conteúdos são mais facilmente adaptados em certos tipos de métodos ativos, enquanto outros se encaixam em vários. Inclusive, em aulas mais técnicas ou que exijam mais formalismo matemático, fazê-la de modo mais tradicional não seria igual, podendo tornar a aula mais interessante.

A parte de exercícios e problemas com cálculos não estava incluído no que queríamos apresentar, porém é parte importante do conteúdo de física, em todas as suas áreas. O que podemos fazer é adaptar métodos, até mesmo esse que utilizamos nesse trabalho, para incluir o aspecto matemático e interpretativo da física nas aulas, deixando-as mais completas. Um aspecto que julgamos que será valioso ao ser inserido em futuras aplicações e que não conseguimos aplicar nesse trabalho é a aproximação do conteúdo com a realidade, o dia a dia dos estudantes. Isso tornaria os temas mais próximos dos estudantes, podendo facilitar sua compreensão. Levar o conteúdo para a vida cotidiana dos estudantes é um dos problemas no Ensino de Física que pretendemos levar em consideração para as próximas pesquisas.

Responder as questões dos slides durante a aula ajudou a mantê-los participando, porém, achamos que o tempo de exposição do conteúdo foi demasiado grande. Usar o Data Show otimizou bastante o tempo em sala de aula, mas usado em excesso pode ser prejudicial, já que alguns estudantes podem se cansar desse recurso e dormir, por exemplo. Dito isso, acreditamos que explorar mais os TCs, como no método PI, seja uma boa ideia para as aulas e para os estudantes.

Sobre os testes conceituais podemos dizer que fizeram seu trabalho e geraram discussão entre os estudantes. Para aplicar TCs como o TC5 da terceira aula, acreditamos que tenha que ter modificações tanto no conteúdo quanto no método, de modo a dar aos estudantes mais ferramentas para a resolução desse tipo de problema. Outro quesito foi o problema com algumas questões conceituais. Tivemos problemas com duas e não pensamos em fazer TCs extras para caso ocorresse esse tipo de situação, por exemplo.

5.3. ANÁLISE DO TESTE FINAL

Aplicamos o teste final na terceira aula que contou com nove questões conceituais e de múltipla escolha que envolveu o conteúdo de todas as três aulas. Esse teste não fez parte do método ativo que descrevemos anteriormente.

Semelhante aos testes conceituais, vamos analisar o número de respostas no geral e levantaremos suposições acerca dos resultados desse teste, para fim de construir hipóteses sobre possíveis dificuldades novas e persistentes sobre o conteúdo. Usaremos também as questões dos TC para auxiliar nas suposições. Usaremos os resultados gerais, contudo, os gráficos com o número de acertos das questões do teste final por turma estão no Apêndice F.

O teste foi feito oito dias depois da primeira aula de aplicação do método e supomos que a maioria dos estudantes não tenha estudado nesse meio tempo, o que nos deixa basicamente com o que eles conseguiram reter durante as aulas. Foi composto por cinco questões envolvendo o conteúdo da primeira aula, três questões contendo o conteúdo da segunda e uma envolvendo o conteúdo da terceira aula. Fizemos mais questões do conteúdo da primeira aula pelo fato de ser o conteúdo base para entender as outras aulas.

Vamos analisar as questões do teste de acordo com o tema, ou seja, as questões que envolveram o fenômeno de indução e lei de Faraday, a questão que envolveu lei de Lenz, a questão que envolveu *fem* de movimento, as questões que envolveram campo elétrico induzido e a questão que envolveu correntes de Foucault.


Questões que envolveram conceito de indução e lei de Faraday

Nessa categoria, tivemos quatro questões, que exploraram de formas diferentes o conceito de indução eletromagnética e a lei de Faraday. Foram elas as questões 1, 3, 4 e 5 do teste. Nas questões 1 e 3, buscamos relacionar a força eletromotriz induzida com parâmetros como movimento relativo e a área da espira. Na questão 4, usamos o experimento 2 para mostrar a relação entre os tipos de materiais e a indução de *fem*. Na questão 5, relacionamos o vetor campo magnético com o vetor área, para mostrar que o fluxo magnético deve atravessar a área da espira, ou seja, os vetores

campo magnético e área não podem ser perpendiculares, para que haja indução de *fem*.

Olhando para as questões 1 e 3, que são apresentadas na Figura 5.31 e Figura 5.32, respectivamente, vemos que fizemos essa relação entre a força eletromotriz e movimento relativo e a área da espira no TC1 da primeira aula.

Questão 1. A figura abaixo representa uma espira e um ímã próximos um do outro.

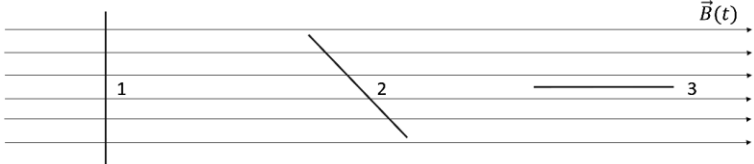


Das situações abaixo, a que **NÃO** corresponde à indução de corrente na espira é aquela em que:

- A - a espira e o ímã se afastam.
- B - a espira está em repouso e o ímã se move para cima.
- C - a espira se move para cima e o ímã para baixo.
- D - a espira e o ímã se aproximam.
- E - a espira e o ímã se movem com a mesma velocidade para a direita.

Figura 5.31. Questão 1 do teste final.

Questão 3. Observe a figura abaixo:



Essa figura representa a vista lateral de uma espira com diferentes ângulos em um campo magnético variável. Qual será a relação entre a *fem* induzida na espira em cada uma das três posições ilustradas?

- A - $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3$.
- B - $\varepsilon_1 < \varepsilon_2 < \varepsilon_3$.
- C - $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$.
- D - $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 > \varepsilon_2$.
- E - $\varepsilon_3 > \varepsilon_1 = \varepsilon_2$.

Figura 5.32. Questão 3 do teste final.

Dos 95 alunos, 57 responderam corretamente à questão 1 e 68 responderam corretamente à questão 3. Na questão 1 pode ter havido confusão, pois em todas as opções há movimento, porém, na letra “E – a espira e o ímã se movem com a mesma velocidade para a direita” não representa movimento relativo entre a espira e o ímã. Elas estão em repouso uma em relação à outra já que estão na mesma direção e sentido e com a mesma velocidade. Na questão 3, pode ter havido confusão devido

ao TC5 da primeira aula onde as áreas das espiras também eram diferentes, porém lá o campo magnético era constante e nessa questão isso não acontece. Como o campo varia nessa questão, a *fem* será diretamente proporcional à área onde o fluxo passa, ou seja, a resposta correta será a letra “A - $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3$ ”.

Questão 4

Para essa questão usamos o experimento do tubo feito em sala para fazê-la. Queríamos ver se os estudantes tinham entendido seu funcionamento e como isso dependia do material do tubo (mostramos em sala que o tubo era metálico). Utilizamos a ideia de um material isolante na A3TC1, onde perguntamos aos alunos o que aconteceria se trocássemos a placa por uma de material isolante no experimento do vídeo apresentado. Essa questão está representada na Figura 5.33.

Questão 4. A figura mostra um ímã caindo dentro de um tubo preso a um suporte.

De acordo com o experimento, assinale a alternativa correta.

A – A velocidade do ímã aumenta se o tubo for metálico.
B – O ímã cai mais rapidamente se o tubo for de plástico, ao invés de metálico.
C – O tempo de queda do ímã é o mesmo se o tubo for de plástico ou metálico.
D – Enquanto o ímã cai no interior do tubo de plástico, há uma corrente induzida no tubo.
E – O tempo de queda só depende do peso do ímã, independente do tubo ser de plástico ou metálico.

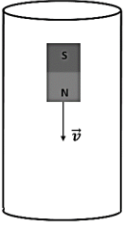


Figura 5.33. Questão 4 do teste final.

Essa foi a questão em que teve o maior número alunos que acertaram. Foram 84 alunos dos 95. Acreditamos que os estudantes que não acertaram não tenham se atentado ao fato de que materiais isolantes não induzem corrente, não podendo assim, criar resistência no movimento do ímã quando esse é jogado no tubo. É o que a resposta correta, a letra “B – O ímã cai mais rapidamente se o tubo for de plástico, ao invés do metálico” diz.

Questão 5

Nessa questão, esperávamos que os estudantes vissem a relação entre a variação do fluxo magnético e a força eletromotriz envolvida, mais especificamente, a direção

e sentido do campo magnético em relação à área da espira para induzir *fem*. A questão 5 está mostrada na Figura 5.34.

Questão 5. Sabe-se que uma corrente elétrica pode ser induzida em uma espira colocada próxima a um fio condutor onde passa uma corrente que varia com o tempo. Considere que uma espira retangular é colocada próxima a um fio reto e longo de duas maneiras diferentes, como representado abaixo:

Na situação representada em I, o fio está perpendicular ao plano da espira e, na situação representada em II, o fio está paralelo a um dos lados da espira. Nos dois casos, há uma corrente variando no tempo no fio. Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que uma corrente elétrica induzida na espira...

A – ocorre apenas na situação I. D – não ocorre em qualquer das duas situações.
 B – ocorre apenas na situação II. E – Não há dados suficientes para responder.
 C – ocorre nas duas situações.

Figura 5.34. Questão 5 do teste final.

Nessa questão, 45 alunos marcaram a resposta correta. Os que não marcaram, podem não ter se atentado acerca da direção e o sentido do campo magnético, admitindo somente o fato de que ele variava. Ou ainda podem não ter lembrado do comportamento do campo magnético em um fio condutor retilíneo. Nesse caso, eles não veriam que na situação I as linhas de campo magnético seriam perpendiculares ao vetor normal da área da espira, não provocando um fluxo magnético atravessando essa última, logo não induzindo *fem*. Diferente da situação II, onde os vetores campo magnético e área são paralelos, ocasionando a indução de *fem*, nos levando a resposta correta como sendo a letra “B – ocorre apenas na situação II”.

Questão que envolveu a lei de Lenz

Somente uma questão envolveu apenas a aplicação da lei de Lenz (mais adiante vamos mostrar outra questão que utiliza a lei de Lenz, mas não é o objetivo central da questão) que foi a questão 2. Queríamos que os estudantes aplicassem a lei de Lenz nas espiras A e B para encontrar o sentido da *fem* em ambas as espiras. Essa questão está apresentada na Figura 5.35.

Questão 2. A figura representa um fio retilíneo pelo qual circula uma corrente $i(t)$ no sentido indicado. Próximo do fio existem duas espiras planas retangulares, A e B, coplanares com o fio e que possuem áreas diferentes. Se a corrente no fio retilíneo está crescendo com o tempo pode-se afirmar que:



- A - aparecem correntes induzidas em A e B, ambas no sentido horário.
- B - aparecem correntes induzidas em A e B, ambas no sentido anti-horário.
- C - aparecem correntes induzidas no sentido anti-horário em A e horário em B.
- D - aparecem correntes induzidas no sentido horário em A e anti-horário em B.
- E - neste caso só se pode dizer o sentido da corrente induzida se conhecermos as áreas das espiras A e B.

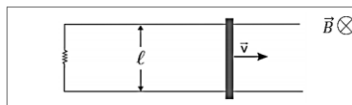
Figura 5.35. Questão 2 do teste final.

Usamos um fio condutor retilíneo para que o campo magnético “saísse da folha” quando atravessasse a espira B e “entrasse na folha” ao atravessar a espira A, induzindo forças eletromotriz de sentidos opostos nas espiras já que a variação de fluxo aumentava da mesma forma para as duas espiras. Somente 29 alunos marcaram a resposta correta, letra “C – aparecem correntes induzidas no sentido anti-horário em A e horário em B.”. Podemos supor que houve confusão entre as alternativas “C” e “D”, por serem muito parecidas, ou ainda, eles podem não ter visto que o sentido do campo nas espiras inverte. Nos TC3 e TC4 a primeira aula tivemos questões envolvendo a aplicação da lei de Lenz, onde alguns estudantes revelaram possuir certa dificuldade com a regra da mão direita, o que nos leva a pensar que possivelmente tenhamos sido precipitados ao acrescentar ainda mais elementos para serem analisados em uma questão envolvendo essa regra.

Questão que envolveu *fem* de movimento

A questão que envolveu aspectos do conteúdo de *fem* de movimento foi a questão 6. Nos TC1, TC4 e TC5 da segunda aula, relacionamos a força eletromotriz produzida pelo movimento com parâmetros como comprimento da barra, módulo do campo magnético e variação da área do circuito. Falamos também durante a aula da interferência da resistência da barra que se movia sobre a corrente induzida. Nesse último aspecto que nos concentramos para fazer essa questão, que está apresentada na Figura 5.36.

Questão 6. Uma barra metálica é puxada de modo a deslocar-se com velocidade \vec{v} sobre um trilho condutor em forma de U, de tamanho ℓ , em um campo magnético uniforme que atravessa perpendicularmente o plano do conjunto, preenchendo todo o espaço, como mostra a figura abaixo.



Se dobrarmos a resistência da barra, supondo esse um condutor ôhmico, o que ocorrerá com a intensidade da corrente induzida?

- A – Reduzirá a quarta parte.
- B – Reduzirá a metade.
- C – Se manterá.
- D – Dobrará.
- E – Quadruplicará.

Figura 5.36. Questão 6 do teste final.

Nessa questão, tivemos 51 acertos. Os alunos que não marcaram a opção correta, letra “B – Reduzirá a metade.” Podem ter se confundido com a proporcionalidade entre resistência da barra e corrente induzida ou acreditarem que a resistência elétrica da barra não interferiria no módulo da corrente. Aqui, utilizamos o exemplo da Aula 2 para fazer a questão, mas focamos em um aspecto diferente, a resistência elétrica, pois acreditamos que há um parâmetro que deve ser levado em consideração já que interfere diretamente no valor da corrente elétrica induzida e na *fem*.

Questões que envolveram campo elétrico induzido

Fizemos duas questões para o teste final envolvendo campos elétricos induzidos, as questões 8 e 9. A questão 8 remeteu diretamente ao TC3 da segunda aula, que envolveu a questão da proporcionalidade entre o raio da espira e o valor do campo elétrico induzido, porém para essa questão utilizamos as áreas das espiras ao invés dos raios. Na questão 9, usamos o fato de o campo elétrico induzido pela variação do fluxo magnético ser o responsável pela movimentação de cargas para a indução de corrente na espira.

Questão 8

Na questão 8 queríamos verificar se os estudantes tinham entendido a relação entre o campo elétrico induzido e o raio da espira e para isso, colocamos o mesmo exemplo dado em sala que propunha que um solenoide longo onde passava uma corrente que variava no tempo e que passava perpendicularmente no centro de uma espira de raio

r. Nessa questão, colocamos 4 espiras de áreas variadas ao invés de apenas uma. Na Figura 5.37 está apresentada a questão 6.

Questão 8. Em um solenoide infinito, passa uma corrente $i(t)$. Esse solenoide passa perpendicularmente pelo centro de quatro espiras cujas áreas obedecem a seguinte relação: $A_1 = 2A_2 = 4A_3 = 8A_4$. Marque a alternativa que mostra corretamente a relação entre os campos elétricos induzidos que passa nessas espiras.

A - $E_1 > E_2 > E_3 > E_4$.

B - $E_1 < E_2 < E_3 < E_4$.

C - $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$.

D - $E_1 = E_2/2 = E_3/4 = E_4/8$.

E - Nenhuma das alternativas acima.

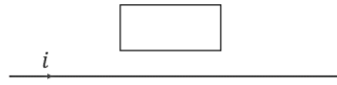
Figura 5.37. Questão 8 do teste final.

Esperávamos que os estudantes relacionassem as grandezas envolvidas e vissem que o campo elétrico induzido é inversamente proporcional ao raio da espira e chegassem a conclusão que a letra “B - $E_1 < E_2 < E_3 < E_4$.” seria a resposta correta. Somente 21 alunos acetaram essa questão. O que pode ter ocorrido é que, novamente, alguns estudantes tenham confundido a relação de proporcionalidade entre os parâmetros envolvidos ou não ter se lembrado de tal relação. Essa questão foi a segunda com o menor número de acertos. A seguir, a Questão 9, que foi a questão com o menor número de acertos do teste final.

Questão 9

Durante a aula, enfatizamos o fato que deveria haver movimento relativo entre as o circuito analisado e o campo magnético para que a força magnética fosse a responsável pela movimentação de cargas, mas que havia situações em que, mesmo sem esse movimento relativo, haveria indução de *fem*. E foi isso que utilizamos para a questão 9, que está representada na Figura 5.38.

Questão 9. Por um fio retilíneo infinito, passa uma corrente $i(t)$ que varia no tempo. Próximo a esse fio está uma espira condutora retangular em repouso, conforme a figura abaixo:



Sabe-se que uma corrente será induzida na espira e também se sabe que corrente são cargas em movimento. Nesse problema, quem é responsável pela movimentação de cargas na espira?

- A – Força magnética.
- B – Força elétrica.
- C – A diferença de potencial entre a espira e o fio.
- D – A diferença de potencial entre as laterais da espira.
- E – Nenhuma das alternativas.

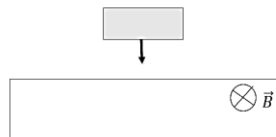
Figura 5.38. Questão 9 do teste final.

Como apenas 15 estudantes acertaram essa questão ao marcar a letra “B – Força elétrica”, supomos que alguns estudantes podem ter esquecido do que foi falado em sala ou ter associado ddp à corrente, como no conteúdo de circuitos elétricos. Podemos ter sido um pouco ambiciosos ao pensar que os estudantes lembrariam de detalhes como esse da matéria que foram apenas falados durante a aula.

Questão que envolveu correntes de Foucault

A questão 7 envolveu a característica apresentada na terceira aula, de correntes de Foucault, de inversão no sentido da corrente induzida e, também, utilizou lei de Lenz para encontrar o sentido dessa corrente. Esse teste está apresentado na Figura 5.39.

Questão 7. Uma placa retangular condutora está caindo verticalmente. A partir de certo momento, ela começa a entrar em uma região de campo magnético horizontal, de módulo constante, que penetra o plano da página. De acordo com a perspectiva da figura, escolha a opção que descreve o que acontecerá quando a placa começar a entrar na região, quando estiver totalmente imersa e quando começar a sair, respectivamente, em termos do sentido da corrente na placa:



- A – horário, nulo, horário.
- B – anti-horário, nulo, anti-horário.
- C – nulo, nulo, nulo.
- D – anti-horário, nulo, horário.
- E – horário, nulo, anti-horário.

Figura 5.39. Questão 7 do teste final.

Apresentamos um exemplo muito semelhante ao dessa questão para apresentar o conteúdo de correntes de Foucault na aula. Nos TCs não colocamos uma questão

como essa, então a colocamos no teste final. Nessa questão tiveram 51 alunos que marcaram acertadamente a alternativa “D – anti-horário, nulo, horário” como a resposta correta. O que pensamos foi que alguns alunos podem não ter levado em consideração o fato de o fluxo magnético atravessando a placa estar aumentando enquanto essa entra na região de campo magnético, não variar enquanto a placa se encontra imersa na região e diminuir à medida que a placa sai dessa região, ou ainda, podem ter tido problemas com a regra da mão direita e confundido os sentidos da corrente induzida.

Queríamos com esse teste final tentar descobrir se, de alguma forma, o modo como lecionamos as aulas tenha auxiliado os estudantes. O que podemos dizer é apenas o que nos foi dito por alguns deles, como mostramos na seção anterior. Não foi nosso objetivo medir o quanto eles aprenderam a longo prazo, mas sim como eles se relacionaram com conteúdo mesmo depois de um tempo.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Enquanto fazíamos a pesquisa, nos deparamos com vários métodos que possuíam objetivos variados e que vêm sendo aplicados em instituições de ensino públicas e privadas no Brasil e no exterior e de diversos níveis. A maior parte desses métodos não abandonavam totalmente a abordagem expositiva, mas colocavam a opinião dos alunos em evidência de forma explícita, outros ainda, possuíam materiais que não dispúnhamos. Com isso, começamos a pensar como implementaríamos um método ativo em uma turma que possivelmente nem soubesse que existisse qualquer coisa desse tipo. Norreamo-nos pelo bom senso e chegamos à conclusão de que não podíamos colocar os estudantes abruptamente em um ambiente em que nunca tiveram antes inseridos, então decidimos por algo um pouco mais sutil, que fosse ativo, mas que não se afastasse tanto da metodologia que os estudantes já conheciam. Como não encontramos nenhum método da forma que procurávamos de modo que estivesse pronto para aplicação, começamos a pesquisar métodos mais conhecidos por sua aceitação em sala de aula e que não fugissem tanto do ensino tradicional, mas que também colocassem o aluno em destaque, fazendo-o adotar uma postura ativa em sala. Juntamos características dos dois métodos ativos que julgamos mais adequados para nossos objetivos e assim conseguimos montar o método TPS+PI que aplicamos.

Sobre a aplicação, esperávamos na primeira aula um distanciamento por parte dos alunos, já que eles iriam ser questionados durante a aula por uma pessoa diferente de seu professor e sobre uma matéria que ainda não tinham visto. Decidimos começar a aula com experimentos e o resultado foi que os estudantes pareceram gostar bastante. Olhavam para o amperímetro quando a corrente era lida e quando o imã foi solto, eles ficavam rindo, contando o tempo para ver quando ele iria cair, munidos com uma feição de curiosidade. A primeira boa surpresa veio quando eles começaram a responder as questões dos slides durante a aula. Uns respondiam para eles mesmos, apenas gesticulando com a boca o que achavam que era a resposta. Já outros, mais desinibidos, falavam mais alto.

A recepção deles para com o método foi a melhor que podíamos esperar. Foram respeitosos, pacientes e se envolveram, cada um a seu modo, com o que estava

sendo mostrado a eles. Ao final da primeira aula, alguns alunos vieram perguntar se iríamos aplicar aquilo novamente, pois queriam responder mais questões, que era divertido e que tinham entendido o conteúdo. A parte mais expressiva foi quando os alunos começaram a responder os TCs. Na primeira questão, enquanto respondiam individualmente, nada diferente de alunos concentrados na questão, porém, quando se agruparam para discutir começaram a falar sobre a questão e ver que alguns de seus colegas não concordavam com a resposta que tinham escolhido e então se iniciou os questionamentos de porque a resposta do outro estava correta e a dele não. Isso se repetiu por todas os cinco TC. Ficamos observando para ver se tinha algum grupo que conversava sobre outras coisas e impressionantemente a resposta foi não. Alguns alunos ficavam mais distantes, não querendo participar, mas os que estavam no grupo estavam empenhados em discutir o problema do TC. Isso nos deixou perplexos, pois não esperávamos tal reação inicial. Na correção dos testes conceituais, vimos a comemoração dos que acertavam dizendo aos outros, coisas do tipo *“eu te falei”* e outro se lamentando dizendo *“eu tinha marcado essa”*. E isso foi inesperado. Foi uma espécie de prêmio aos que acertavam e um aprendizado para os que erravam.

Nesse trabalho, o que fizemos foi envolver os alunos em um ambiente mais agradável para o aprendizado e com isso tentar fazer com que eles se relacionem melhor com o que está sendo lecionado. Isso pudemos ver em todas as aplicações. Os alunos ficaram à vontade, discutiram o conteúdo com seus colegas e se interessaram em descobrir a resposta correta e ainda, mesmo não sendo nosso objetivo analisar o número de respostas corretas, vimos melhora em praticamente todos os testes conceituais aplicados em sala. Claro que nós, como professores, não temos controle do que os alunos realmente aprendem e não podemos obriga-los a estudar e aprender. Isso tem que partir da vontade deles. O que podemos fazer é mostrar que os estudos são enriquecedores e ajudam na vida de todos e, além disso, apresentar um caminho não tão tortuoso para que eles venham a adquirir gosto pelo conhecimento, pelos estudos e pela matéria, para formarmos seres pensantes e autônomos, capazes de aprender por eles mesmos e ensinar outros a fazerem o mesmo.

Em termos de conteúdo, supomos algumas dificuldades que os estudantes puderam ter tido durante o processo dos testes conceituais. Não podemos garantir que foram exatamente essas as dificuldades, como dissemos são suposições baseadas em nossas observações e comentários feitos pelos próprios estudantes durante a aplicação do método. Essas suposições servirão de base para trabalhos futuros e para auxiliar professores que tenham interesse em lecionar esse conteúdo.

O resultado do teste final se mostrou um ponto de reflexão. Mesmo gostando das aulas e do método, participando das aulas e respondendo corretamente os TC, vimos que, os resultados do teste final poderiam ter sido melhores em termo de números de respostas corretas. Isso nos faz pensar na importância do estudo autônomo extraclasse e que tenhamos que incentivá-los e até criar meios e estratégias para manter os estudantes estudando mesmo depois das aulas.

Finalizando, o método teve como ponto positivos a melhora na participação, vimos os estudantes crescerem tanto em termos de melhora na argumentação nas discussões em grupo como na atitude deles para o conteúdo. Durante a aplicação, os estudantes foram mais cuidadosos ao usar “termos físicos” e gastaram mais tempo nas discussões. Já os pontos negativos foram o fato de uma possível estagnação do método na última aula e não termos tido mais aplicações para que pudessemos usar mais de um método. Porém, no geral, ficamos satisfeitos com o retorno dos estudantes sobre o método e nos resultados dos testes.

Diante dessas observações, vimos nas aplicações do método um primeiro passo para unir um ambiente favorável ao aprendizado e o entendimento do conteúdo. Esse foi um trabalho inicial, porém já conseguimos perceber pontos importantes a respeito do relacionamento dos estudantes com o conteúdo, como por exemplo, algumas de suas possíveis dificuldades e a influência do ambiente de aprendizado na vontade de participar. Devemos ainda fazer mudanças no método e até mesmo agregar outros, como dissemos no Capítulo 5, de Resultados, para deixar as aulas ainda mais interessantes e chamativas, de modo a enaltecer a participação e a atividade dos estudantes dentro de sala, fazendo com que as aulas incentivem o aprendizado.

7. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2, p. 362, 2013.
- ARAUJO, A. V. R. de; SILVA E. S.; JESUS, V. L. B. de; OLIVEIRA, A. L. de. **Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 2, 2017.
- BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, v. 32, n. 1, p. 25, 2011.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**; Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro. LTC, 2017.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. **O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica**. Caderno brasileiro de ensino de física. v. 24, n. 2, p. 195, 2007.
- BORGES, M. C.; CHACHÁ, S. G. F.; QUINTANA, S. M.; FREITAS, L. C. C.; RODRIGUES, M. L. V. **Aprendizado baseado em problemas**. Medicina, v. 47, n. 3, p. 301, Ribeirão Preto, 2014.
- BORGES, T. S.; ALENCAR, G. **Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior**. Cairu em revista, v. 3, n. 4, p. 119, 2014.
- BONWELL, C.; EISON, J. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. Jossey-Bass, 1991.
- CAÇÃO, R.; DIAS, P. J. **Introdução ao e-learning**. Editora sociedade Portuguesa de inovação. 1ª edição. Porto, 2003.
- CARDOSO, N. M. S.; LIBRELOTTO, G. R. **O método Montessori e a proposta de criação da oficina tecnológica de aprendizagem infantil**. TCC de especialização. Santa Maria, 2011, disponível em http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1422/Cardoso_Neida_Menezes_Silveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CARVALHO, A. M. P. **O que há em comum com o ensino de cada um dos conteúdos específicos**. Carvalho, A. M. P. (org.) Formação continuada de professores: uma releitura das áreas de conteúdo. São Paulo: Ed. Thomson, p. 1, 2003.
- CARVALHO, V. B. As influências do pensamento de John Dewey no cenário educacional brasileiro. Revista redescrições – Revista online do GT de pragmatismo, ano 3, v. 7, n. 1, p. 58, 2011.
- COSTA, A. C. S.; MARCHIORI, P. Z. **Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência**. InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação, v. 6, n. 2, p. 44, Ribeirão Preto, 2016.
- COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O ensino de física no Brasil: problemas e desafios**. Disponível em http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347 acesso em

31/08/2017 às 10:32.

COSTA, M. S. P. **Maria Montessori e seu método**. Linhas Líricas v. 7, n. 13, 2001.

DINIZ, A. C. **Implementação do método peer instruction em aulas de física do ensino médio. Dissertação de mestrado**. Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2015.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 487, 2006.

Fontes hidráulicas geram a maior parte da energia elétrica, disponível em <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/fontes-hidraulicas-geram-a-maior-parte-da-energia-eletrica> acesso em 12/09/2017 às 10:40.

FARDO, M. L. **A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem**. Novas tecnologias na educação. V.11, n. 1, 2013.

FREITAS, V. J. **A aplicabilidade da Flipped Classroom no ensino de física para turmas da 1ª série do ensino médio**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em ensino de física. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org). **Métodos de pesquisa**. Ed. Da UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GOMES, J. C.; CASTILHO, W. S. **Uma visão de como a física é ensinada na escola brasileira e a experimentação como estratégia para mudar essa realidade**. Anais eletrônicos. 1ª jornada de iniciação científica e extensão do IFTO, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física, volume 3: Eletromagnetismo**. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 9ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2013.

HENRIQUES, V. B.; PRADO, C. P. C.; VIEIRA, A. P. **Editorial convidado: Aprendizagem ativa**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, 2014.

IFUSP adota método de ensino que aumenta a participação do aluno em sala de aula. Sala de imprensa: instituto de física. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://portal.if.usp.br/imprensa/pt-br/node/665>>. Acesso em 9 maio de 2017 às 16:00.

KIELT, E. D. **Utilização integrada do Just-in-Time Teaching e Peer Instruction como ferramenta de ensino de mecânica no ensino médio mediadas por app**. Programa de pós-graduação em ensino de ciência e tecnologia. Mestrado em ensino de ciência e tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

KIELT, E. D.; SILVA, S. C. R.; MIQUELIN, A. F. **Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de física com Peer Instruction**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 4, 2017.

KRAMER, R. **Maria Montessori**. University of Chicago Press. p. 60, Chicago, 1976.

LEÃO, D. M. M. **Paradigmas contemporâneos de educação: Escola tradicional e escola construtivista**. Cadernos de pesquisa. n. 107, p. 187. 1999.

LOPES, A. M. **Combinando metodologia de ensino peer instruction com just-in-**

time teaching para o ensino de física. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2016.

MCTIGHE, J.; LYMAN JR., F. T. **Cueing thinking in the classroom: the promise of theory-embedded tools.** Education leadership, p. 18, 1988.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea.** Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

MOREIRA, V. **De Carl Rogers a Merleau-Ponty: a pessoa mundana em psicoterapia.** São Paulo: Ed. Annablume, p. 44-48, 2007.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. **Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios.** Revista de Administração Contemporânea, v. 15, n. 4, p. 731. Curitiba, 2011.

MÜLLER, M. G.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; SCHEL, J. **Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015).** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, n 3, 2017.

NASCIMENTO, T. E.; COUTINHO, C. **Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de ciências.** Multiciência online, v. 2, n 3, p. 134. Santiago, 2017.

Notas de aula da disciplina Física 3: Eletromagnetismo. **Cap. 29: Indução Eletromagnética.** Disponível em <https://drive.google.com/file/d/0ByFK9PZdKTRjeGI4bUltra3BDdbDg/view>. Acesso em 19/09/2017 às 10:00.

NUNES, C. **Anísio Teixeira entre nós: a defesa da educação como direito de todos.** Revista Educação e sociedade, ano XXI, n. 73, p. 9, 2000.

OLIVEIRA, E.; ENS, R. T.; ANDRADE, D. B. S. F.; MUSSIS, C. R. de. **Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação.** Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.9, p.11, 2003.

OLIVEIRA, T. E. **Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de auto eficácia: um estudo de caso com o método Team-Based Learning em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo.** Dissertação. Programa de pós-graduação em ensino de física. Mestrado acadêmico em ensino de física. Universidade do Rio grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, T. E., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. **Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p.962, 2016.

OLIVEIRA, T. E.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (Flipped Classroom): inovando as aulas de física.** Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura.** Revista Brasileira de Física, v. 39, n. 3, 2017.

PAGANINI, E. R.; BOLZAN, M. S. **Ensinando física através da gamificação.** Blucher Proceedings. VIII encontro de física aplicada. Vitória, 2017.

PARREIRA, J. E. **Aplicação e avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa (tipo ISLE) em aulas de Mecânica, em cursos de Engenharia.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 1, 2018.

PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O.; BONFIM, G. H. C. **Características qualitativas, quantitativas e quali-quantitativas de abordagens científicas.** Revista de Design, Tecnologia e Sociedade, v. 2, n. 1, p. 65, 2015.

PENA, F. L. A. **Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula?** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.26, n.4, p 293, 2004.

PEREIRA, E. a.; MARTINS, J. R.; ALVES, V. S.; DELGADO, E. I. **A contribuição de John Dewey para a educação.** Revista Eletrônica de Educação, v. 3, n. 1, p. 154, 2009.

ROGERS, C. R. **Liberdade para aprender.** Editora Interlivros. Belo Horizonte, 1972. Resenha de QUEVEDO, T. L. Revista eletrônica Acolhendo a alfabetização nos países de língua portuguesa. p.148, 2012.

RÖHRS, H. **Maria Montessori.** Tradução: Danilo Di Manno de Almeida e Maria Leila Alves. Coleção educadores MEC. Recife, 2010.

SAMPSEL, A. **Finding the effects of Think-Pair-Share on student confidence and participation.** Honors projects, paper 28, 2013.

SANTOS, W. S. **Métodos ativos de aprendizagem aplicados em aulas de física do ensino médio.** Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em ensino de física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Campus Macaé. Macaé, 2017.

SANTOS, R. J. DOS; SASAKI, D. G. G. **Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, 2015.

SASAKI, D. G. G.; DE JESUS, V. L. B. **Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 2, p. 232, 2017.

SILBERMAN, M. L. **Active Learning: 101 Strategies to Teach Any Subject.** Simon & Schuster Company, Massachusetts, 1996.

_____. **Teaching actively: Eight steps and 32 strategies to spark learning in any class.** Pearson, 2005.

SILVA, O. G.; NAVARRO, E. C. **A relação professor-aluno no processo ensino-aprendizagem.** Interdisciplinar: Revista Eletrônica da Univar. v. 2, n.8, p. 95, 2012. Disponível em <http://revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/82> acesso em 16/10/2017 às 10:40.

SIMON CAULKIN, **Reg Revans.** The guardian, 8 Março 2003. Disponível em <https://www.theguardian.com/news/2003/mar/08/guardianobituaries.simoncaulkin> acesso em 30/08/2017 às 8:59.

SOUZA, S. C.; LOURADO, L. **Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo.** HOLOS. Ano 31, v. 5, p. 182, 2015.

TEIXEIRA, K. L. **Contribuições do ensino adaptativo para aprendizagem de**

conceitos matemáticos. Dissertação. Mestrado em educação e tecnologias digitais-tema e-learning. Universidade de Lisboa, 2015.

TREVELIN, A. T. C.; PEREIRA, M. A. A. **A utilização da “sala de aula invertida” em cursos superiores de tecnologia: comparação entre o modelo tradicional e o modelo invertido “flipped classroom” adaptado aos estilos de aprendizagem.** Revista de Estilos de Aprendizagem, v. 6, n. 12, 2013.

VALENTE, J. A. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida.** Educar em revista. Edição especial, n. 4, p. 79, Curitiba, 2014.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the win: how game thinking can revolutionize your business.** Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

WESTBROOK, R. B.; TEIXEIRA, A. **John Dewey.** Tradução: José Eustáquio Romão e Verone Lane Rodrigues. Coleção educadores MEC. Recife, 2010.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo.** Tradução Sônia Midori Yamamoto. 12ª edição. Editora Pearson. São Paulo, 2009.

ZIMRING, F. **Carl Rogers.** Trad. LORIERI, M. A. (org.) Coleção educadores, Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Ed. Massangana, 2010.

APÊNDICES

A. SLIDES UTILIZADOS NAS AULAS DE INDUÇÃO

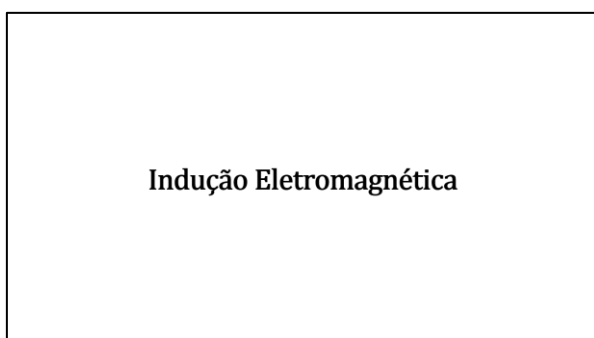
Os slides foram utilizados nas aulas de indução eletromagnética como auxílio visual para os estudantes e uma forma de fazer com que estes pudessem acompanhar as aulas e participar. Os slides contam com ilustrações e esquemas para facilitar a visualização dos fenômenos e com questões para incentivar a participação dos alunos. A medida que o conteúdo era lecionado, interagíamos com os slides de modo a torna-los complementos da aula.

A sigla para cada slide segue o seguinte formato $A\#S\#$, onde $A\#$ representa a aula em que o slide $S\#$ foi utilizado. Por exemplo, caso queiramos encontrar o terceiro slide da segunda aula, procuraremos o código $A2S3$, que significa aula 2, slide 3.

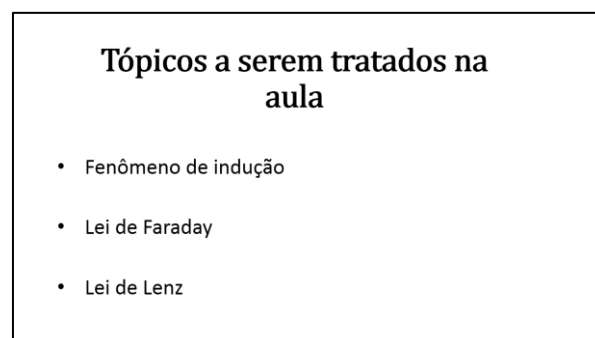
a. PRIMEIRA AULA

Os slides apresentados a seguir foram utilizados na primeira aula. Com eles, introduzimos o fenômeno de indução, a lei de Faraday e a Lei de Lenz.

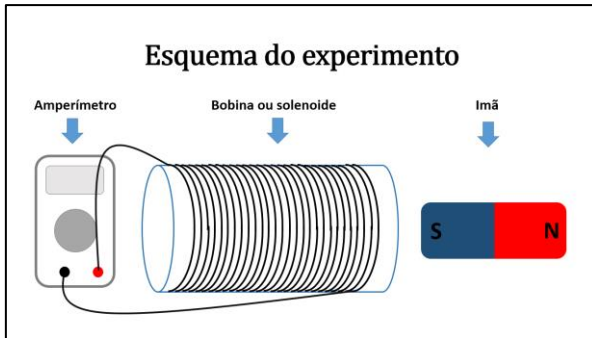
A1S1.



A1S2.



A1S3.



A1S4.

Já percebemos que é o movimento relativo entre o imã e o circuito que faz o amperímetro se mover. Como isso acontece é o que vamos ver nessa aula.

A1S5.

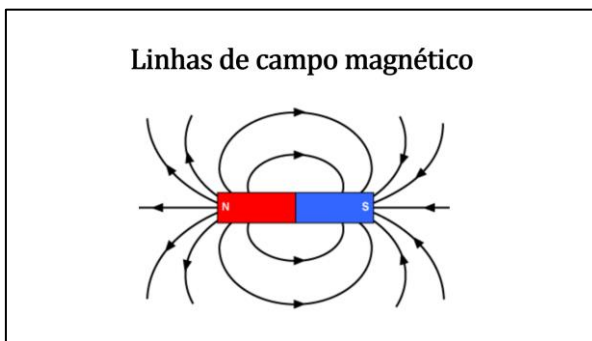
O que um imã produz ao seu redor?

Campo magnético

A1S6.

Como esse campo magnético pode ser representado no imã?

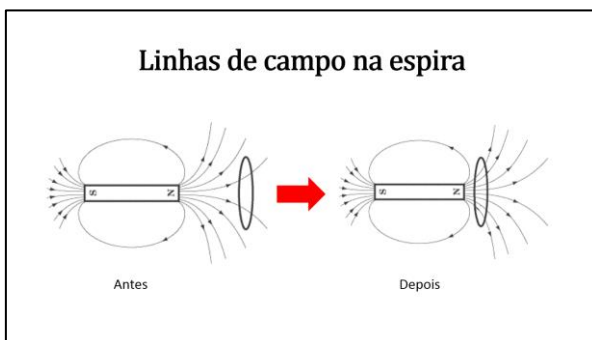
A1S7.



A1S8.

O que ocorre com a **quantidade de linhas de campo magnético** atravessando a espira quando **aproximamos** o imã?

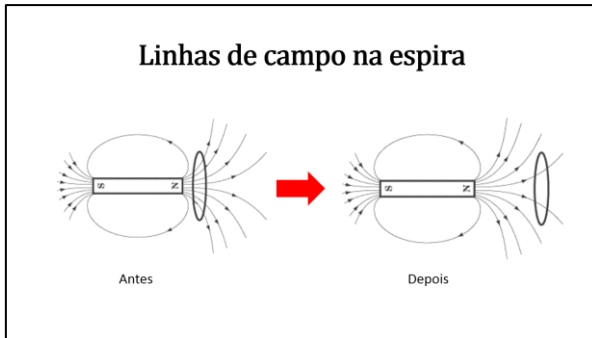
A1S9.



A1S10.

O que ocorre com a **quantidade de linhas de campo magnético** atravessando a espira quando **afastamos** o imã?

A1S11.



A1S12.

O que é uma quantidade de linhas de campo atravessando a área da espira?

↓

Fluxo magnético

↓

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \theta$$

A1S13.

A quantidade de linhas de campo atravessando a área da espira varia.

↓

O fluxo magnético varia.

A1S14.

É essa **variação do fluxo magnético** que faz o amperímetro se mover!

A1S15.

Sabemos que se o amperímetro se moveu, é por que existe uma corrente no circuito e, para que essa corrente exista, deve haver uma força eletromotriz (fem). **Como essa força eletromotriz aparece no circuito?**

A1S16.

A força eletromotriz (fem) é **INDUZIDA** pela variação do fluxo magnético!

A1S17.

Lei de Faraday

O módulo da fem induzida em uma espira é igual a variação no tempo do fluxo magnético que atravessa tal espira, com sinal oposto.

A1S18.

Matematicamente:

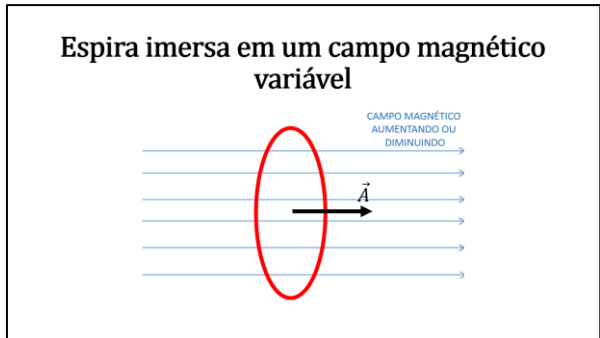
$$\epsilon_{ind} = -\frac{d\phi_B}{dt} \qquad \epsilon_{ind} = -N \frac{d\phi_B}{dt}$$

(Para 1 espira) (Para N espiras)

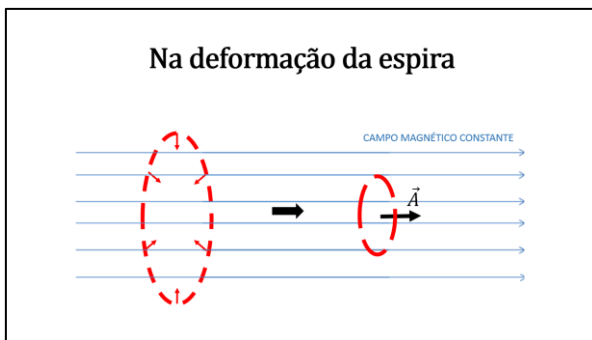
A1S19.

Observando a expressão do fluxo magnético (sabendo que é a variação dele que induz a fem), **quais seriam outras formas de variar esse fluxo**, além de aproximando ou afastando um ímã de uma espira?

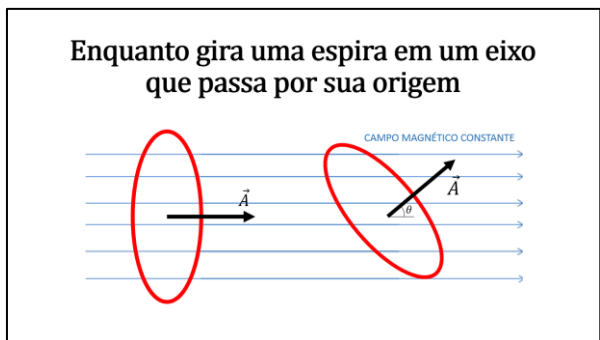
A1S20.



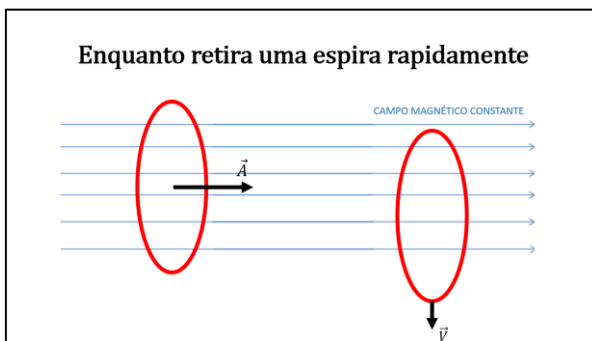
A1S22.



A1S23.



A1S24.



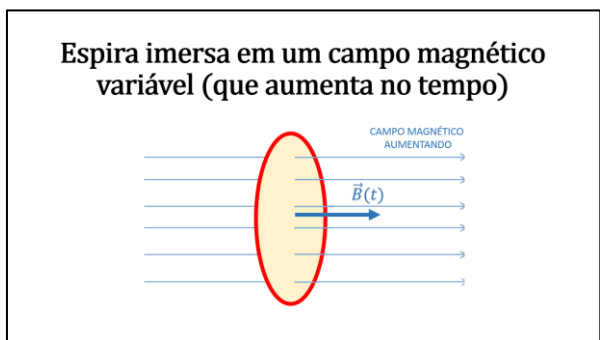
A1S25.

Sentido da fem induzida

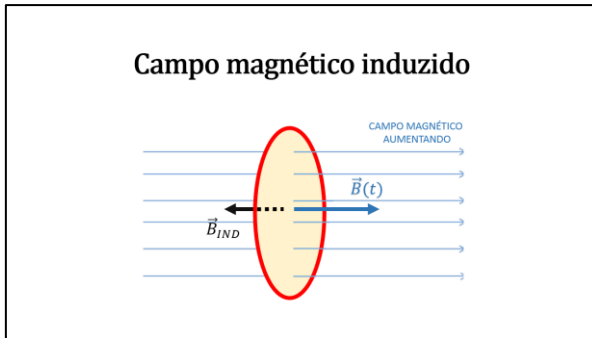
A1S25.

Como encontrar o sentido da fem induzida de forma não matemática?

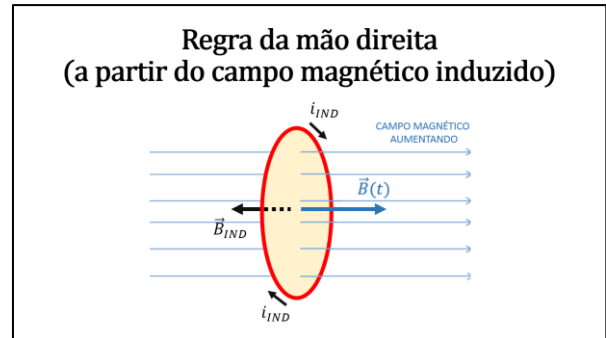
A1S26.



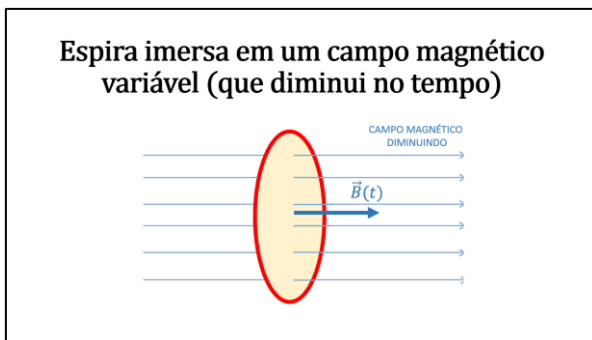
A1S27.



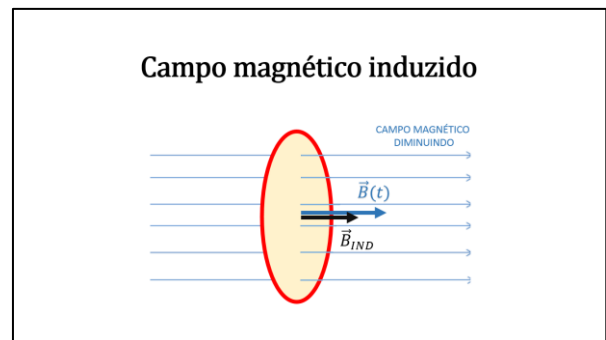
A1S28.



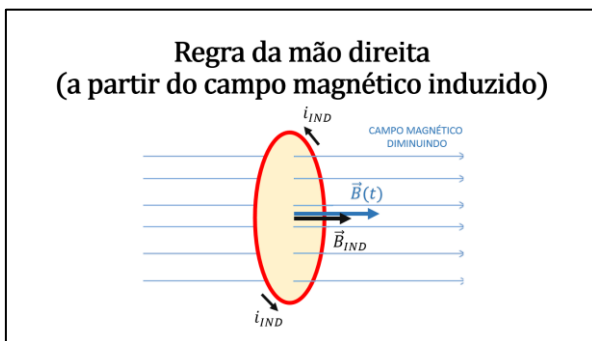
A1S29.



A1S30.



A1S31.



A1S32.

O que a determinação do sentido da corrente induzida nos exemplos anteriores nos diz sobre a relação entre o campo magnético original, a corrente induzida e o campo magnético induzido?

A1S33.

Lei de Lenz

A corrente induzida em uma espira tem sentido tal que o campo magnético produzido por ela, \vec{B}_{ind} , se opõe ao campo magnético que a induziu, $\vec{B}(t)$.

b. SEGUNDA AULA

Os slides (s) apresentados a seguir foram utilizados na segunda aula para expor o conteúdo de força eletromotriz induzida pelo movimento (*fem* de movimento) e campo elétrico induzido. Com eles, introduzimos o cálculo da *fem* induzida para circuitos com movimento e sem movimento relativo, como ocorre a movimentação de cargas em um circuito sem fonte e quem eram os agentes responsáveis por esse movimento.

A2S1.

Vamos analisar outras formas de induzir uma força eletromotriz.

A2S2.

Tópicos a serem tratados na aula

- Força eletromotriz induzida pelo movimento
- Força eletromotriz induzida quando não há movimento relativo

A2S3.

Força eletromotriz produzida pelo movimento (*fem* de movimento)

A2S4.

Barra condutora se movendo em um trilho condutor ou espira entrando em um campo magnético constante

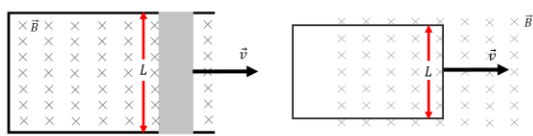
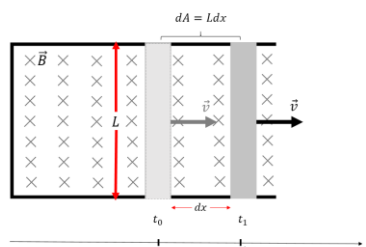


Figura 1 – Livro Young & Freedman

Figura 2 – Livro Halliday

A2S5.

Movimento em t_0 e t_1



$dA = L dx$

A2S6.

O que acontece com a área interna do circuito a medida que a barra se move?

A área do circuito varia (aumenta)

A2S7.

Então, o que está acontecendo com o fluxo que passa por esse circuito?

O fluxo também varia (aumenta)

A2S8

E o que acontece quando o fluxo varia dentro de um circuito (lei de Faraday)?

Surge uma fem induzida

A2S9.

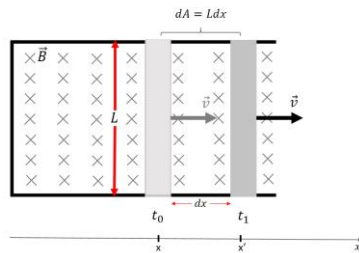
E qual é o módulo dessa fem?

A2S10.

Análise do movimento da barra como um todo (utilizando a lei de Faraday)

A2S11.

Cálculo da fem de movimento



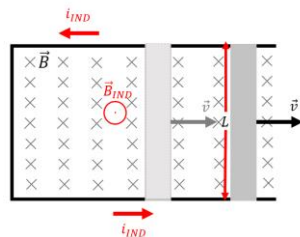
A2S12.

Força eletromotriz produzida pelo movimento (fem de movimento)

$$\mathcal{E}_{IND} = -BLv$$

A2S13.

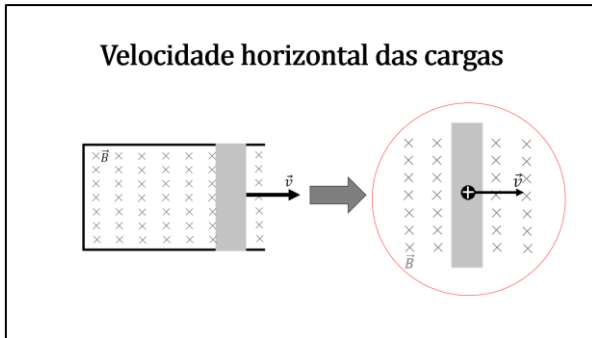
Sentido da fem de movimento



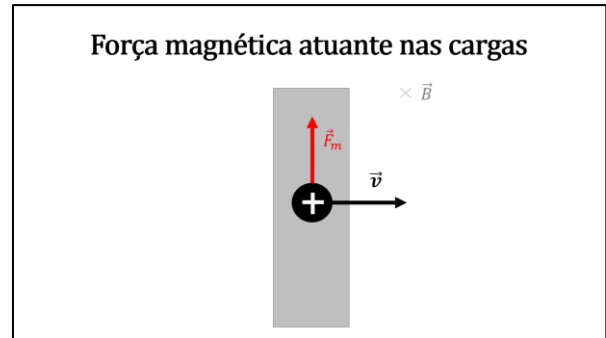
A2S14.

Análise do movimento das cargas individuais

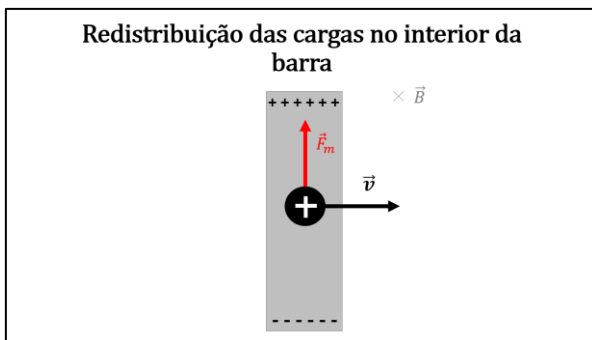
A2S15.



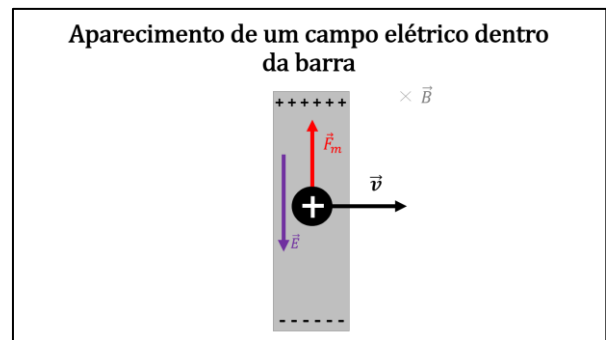
A2S16.



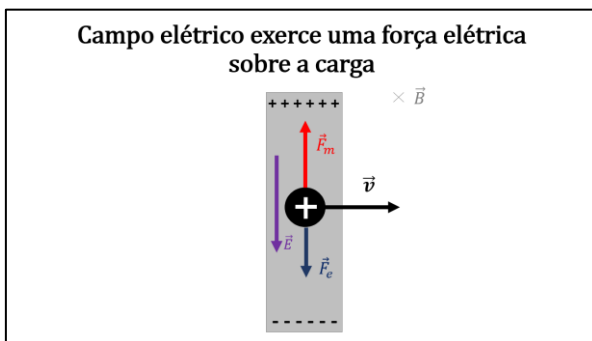
A2S17.



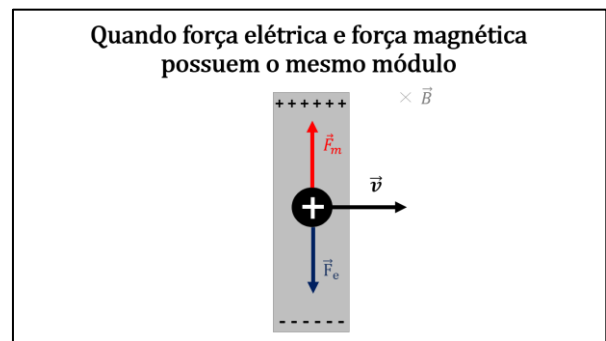
A2S18.



A2S19.



A2S20.



A2S21.

Efeito equivalente

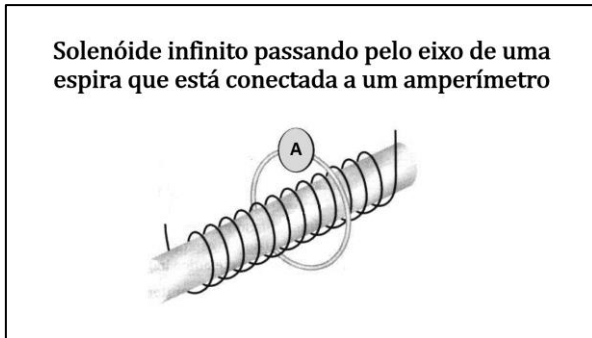
$$V_{+-} = BLv = |\epsilon_{ind}|$$

Essa expressão é válida para **CONDUTORES RETILÍNEOS** cuja velocidade e comprimento sejam perpendiculares a um campo magnético **UNIFORME**.

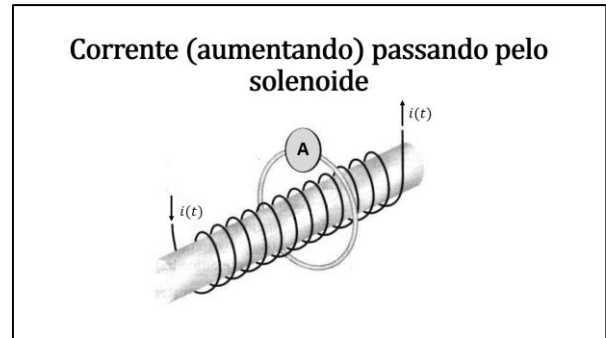
A2S22.

Indução de fem quando **NÃO** há movimento relativo entre o circuito e o campo

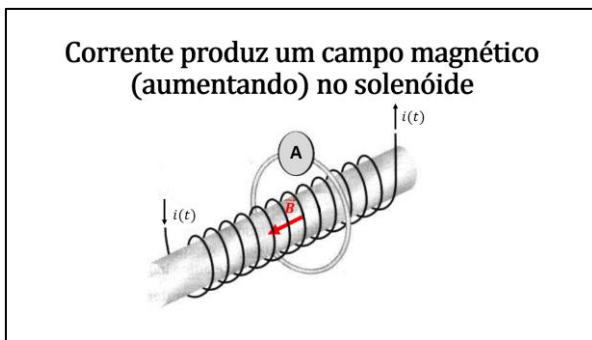
A2S23.



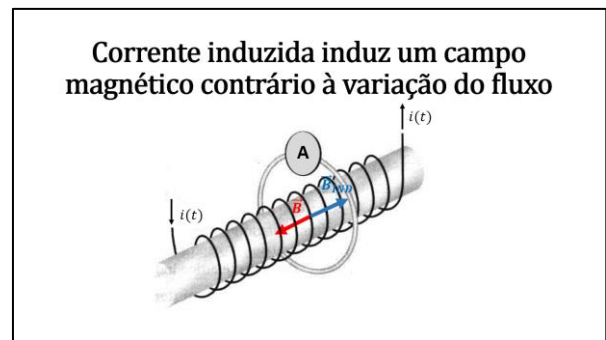
A2S24.



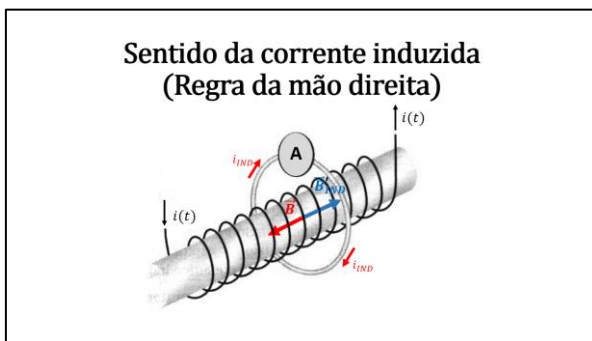
A2S25.



A2S26.



A2S27.



A2S28.

Não há movimento relativo entre as partes, então NÃO é a força magnética que movimenta as cargas. Então quem as movimenta na espira?

Um campo elétrico induzido!

A2S29.

Mas campo elétrico é representado por linhas, não círculos...

O campo elétrico gerado por cargas em repouso sim, mas o campo elétrico induzido é diferente.

A2S30.

Para o campo elétrico induzido

$$\oint \vec{E}_{ind} \cdot d\vec{l} = \varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Só é válido quando NÃO há movimento relativo entre os componentes. Para caminhos de integração ESTÁTICOS

A2S31.

Agora vamos determinar o módulo, direção e sentido desse campo elétrico induzido

A2S32.

Comparação de problemas (matematicamente)

$\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_{int}$ (lei de Ampère)

$\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ (lei de Faraday)

A2S33.

Resolvendo as integrais para os problemas...

$$B = \frac{\mu_0 i_{int}}{2\pi r} \quad \text{e} \quad E_{ind} = \frac{-\partial\Phi_B}{2\pi r \partial t}$$

Novamente vemos que são análogos

A2S34.

Representação do campo elétrico induzido

São as linhas de campo elétrico induzido

c. TERCEIRA AULA

Os slides apresentados a seguir foram utilizados para expor o conteúdo de correntes de Foucault, como elas aparecem em objetos extensos, seu formato, suas consequências e sua aplicabilidade.

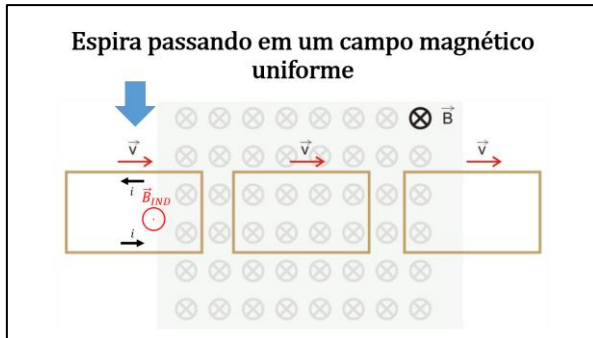
A3S1.

Correntes induzidas em corpos extensos (correntes de Foucault)

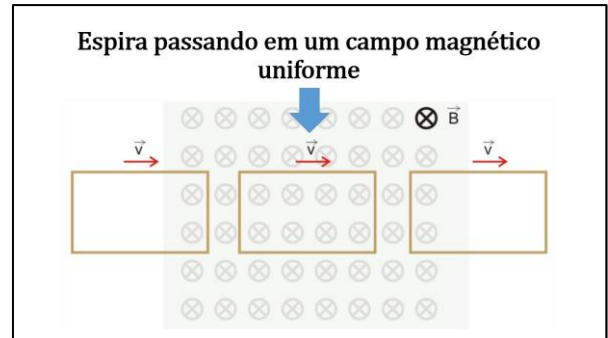
A3S2.

Espira passando em um campo magnético uniforme

A3S3.



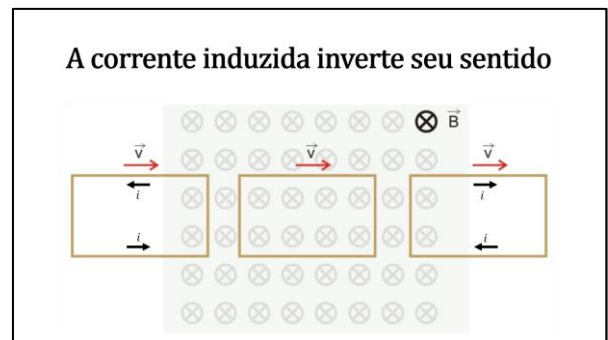
A3S4.



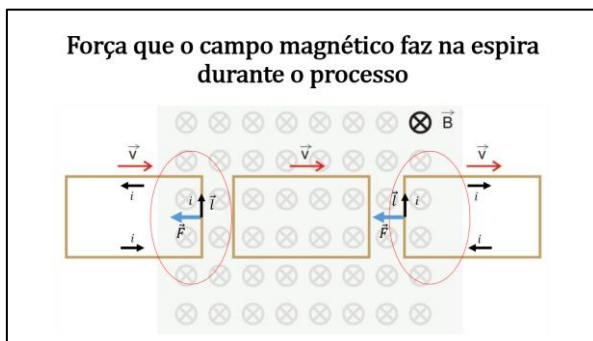
A3S5.



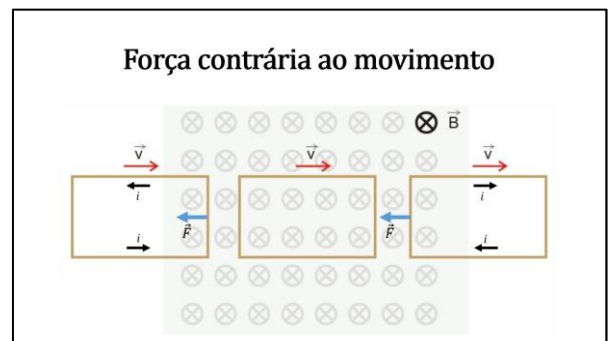
A3S6.



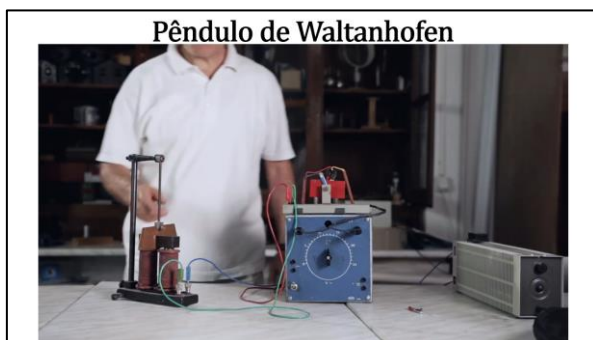
A3S7.



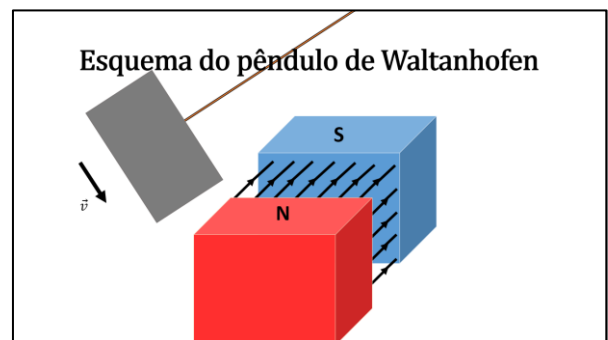
A3S8.



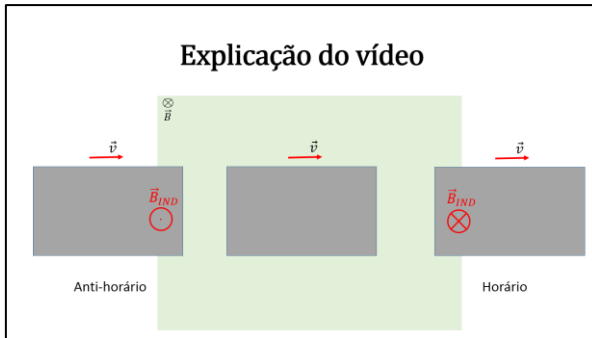
A3S9.



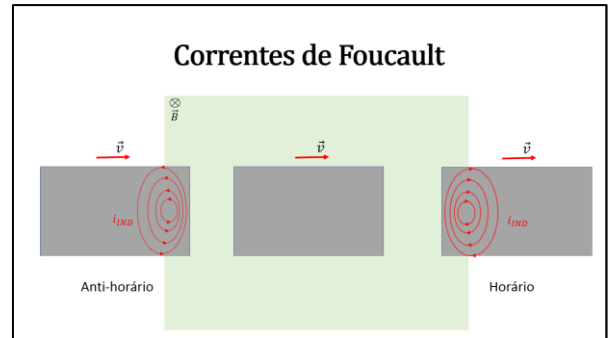
A3S10.



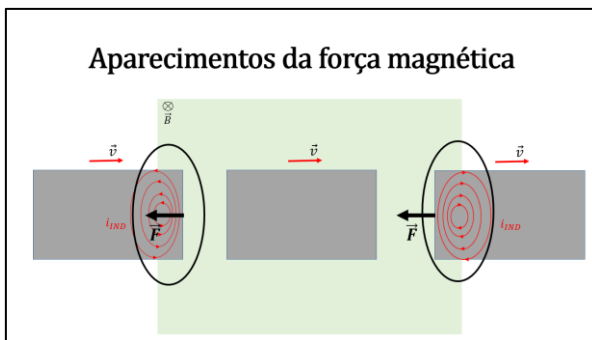
A3S11.



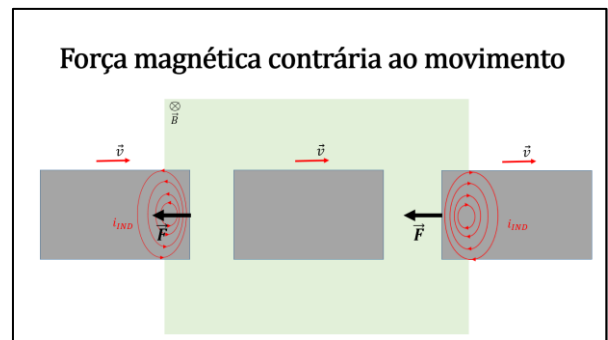
A3S12.



A3S13.



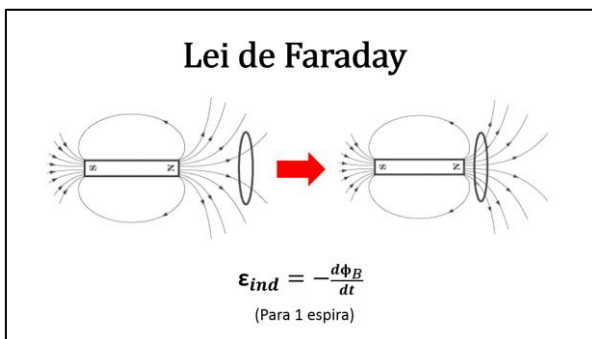
A3S14.



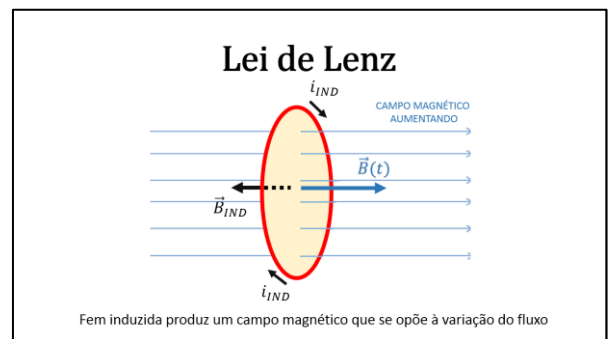
d. REVISÃO

Os slides apresentados a seguir foram utilizados para revisar o conteúdo de Lei de Faraday, lei de Lenz, *fem* de movimento e campo elétrico induzido. Cada slide corresponde a um dos tópicos e foi utilizado para lembrar aspectos importantes e relações matemáticas do conteúdo anteriormente lecionado de forma sucinta.

A3S15.



A3S16.



A3S17.

Fem de movimento

$\epsilon = BLv$

válida para **CONDUTORES RETILÍNEOS** cuja velocidade e comprimento sejam perpendiculares a um campo magnético **UNIFORME**

A3S18.

Campo elétrico induzido

$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \epsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

$E_{ind} = \frac{\frac{\partial \Phi_B}{\partial t}}{2\pi r}$

Só é válido quando **NÃO** há movimento entre os componentes

B. MODELO DO CARTÃO RESPOSTA

O cartão resposta apresentado a seguir foi utilizado para coletar as respostas dos estudantes durante a aplicação do método. O cartão é composto de um espaço para resposta individual (parte superior) e um para a resposta depois da discussão em grupo (parte inferior). Cada aluno recebeu um cartão e eles foram orientados a escreverem o motivo deles terem trocado suas respostas de uma etapa para outra no método e sua opinião sobre o método no verso.

Cartão resposta – Respostas antes da discussão						
Questão 1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Cartão resposta – Respostas depois da discussão						
Questão 1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 4.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F
Questão 5.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E	F

C. ROTEIRO DOS EXPERIMENTOS APLICADOS NA PRIMEIRA AULA

Os experimentos descritos nos roteiros que se seguem foram feitos no início da primeira aula de indução, com objetivos específicos expostos nos roteiros. Cada experimento foi feito mais de uma vez até que todos os estudantes tivessem visto.

a. PRIMEIRO EXPERIMENTO

O primeiro experimento foi utilizado para mostrar o fenômeno de indução assim como nos livros didáticos utilizados pelos estudantes, cujo objetivo foi mostrar uma forma de ver o fenômeno de indução eletromagnética e como ele ocorre.

Materiais necessários:

- Uma bobina de material condutor (usamos fio de cobre)
- Um ímã tipo bastão (usamos vários ímãs pequenos de neodímio acoplados)
- Um amperímetro e/ou um LED (usamos o amperímetro)

Montagem e procedimentos:

Para a montagem, basta conectar as extremidades da bobina às extremidades do amperímetro e/ou LED (isso vai fechar o circuito), conforme a Figura C.1.

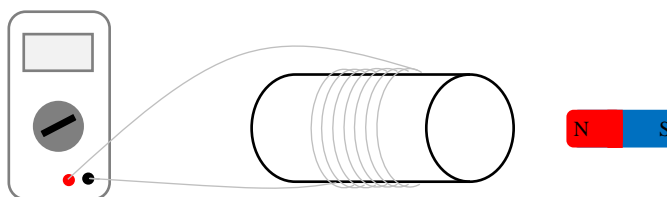


Figura C.1. Esquema de montagem do experimento de indução.

Para o procedimento, enfatizamos e mostramos aos alunos que não existe qualquer tipo de fonte externa conectada a nenhuma parte do circuito.

Primeiro, aproximamos o ímã do circuito e o deixamos em repouso perto dele e pedimos para os alunos observarem e descreverem o que tinha acontecido. Em seguida aproximamos o ímã do circuito rapidamente (o ímã deve estar na direção do centro da bobina) e novamente perguntamos aos alunos o que eles tinham observado. Fizemos o oposto e afastamos rapidamente o ímã do circuito e perguntamos o que tinha acontecido.

Observação: Caso seja usado o LED no lugar do amperímetro, deve ser levado em consideração que ele apenas aceita corrente em um sentido e isso deve ser deixado claro, pois a corrente marcada no amperímetro não mudará de sinal.

b. SEGUNDO EXPERIMENTO

O segundo experimento foi utilizado para mostrar o fenômeno de indução e a aplicação das leis de Faraday e Lenz de uma forma mais lúdica, cujo objetivo foi, além de mostrar outra forma de ver o fenômeno de indução, chamar a atenção dos alunos. Usamos esse experimento para esses fins pois é bem visível o fenômeno e contradiz o senso comum.

Materiais necessários:

- Um tubo metálico (usamos um tubo de alumínio)
- Um ímã (usamos um ímã de neodímio esférico)
- Um objeto não condutor (usamos uma esfera de material metálico)

Montagem e procedimentos:

Para esse experimento não há montagem.

Pegamos o tubo de alumínio e o colocamos na vertical.

Batemos com as esferas no alumínio para mostrar que não havia qualquer tipo de atração entre as esferas e o tubo, de modo que ele não interferia no movimento de nenhuma das esferas.

Pegamos a esfera metálica e perguntamos aos alunos quanto tempo ela gastaria para chegar ao chão passando pelo tubo. Jogamos a esfera metálica dentro do tubo e vimos que ela caiu em cerca de um segundo.

Por fim, pegamos o ímã e mostramos que ele era mais pesado que a esfera metálica e perguntamos quanto tempo eles achavam que o ímã iria levar para chegar ao chão passando pelo tubo. Jogamos o ímã dentro do tubo e ele gastou cerca de 4 segundos para cair.

D. EXPLICAÇÃO DO SEGUNDO EXPERIMENTO

Explicamos o primeiro experimento para os alunos durante a aula, porém, o segundo deixamos para o final da parte expositiva para que pudessem entender melhor o que estava acontecendo. A seguir, está descrito a forma como explicamos o segundo experimento para os alunos.

Primeiro, consideramos o tubo como sendo várias espiras coaxiais e depois analisamos uma dessas espiras. Supusemos que o ímã esteja caindo com a face norte para baixo (deixamos claro que, caso a face sul tivesse sido escolhida, a análise seria análoga). As linhas de campo magnético nessa face saem em direção à face sul, logo o campo magnético quando o ímã a medida que ele cai em direção à espira, o número de linhas de campo magnético que atravessa a área dela aumenta, ou seja, o fluxo magnético que passa através da espira está aumentando. Essa variação de fluxo magnético induz uma *fem* na espira que, segundo a lei de Lenz, produz um campo magnético induzido que se opõe ao aumento do campo magnético do ímã. Para que isso ocorra, esse campo magnético induzido possui sentido oposto ao campo magnético do ímã, conforme a Figura E.1.

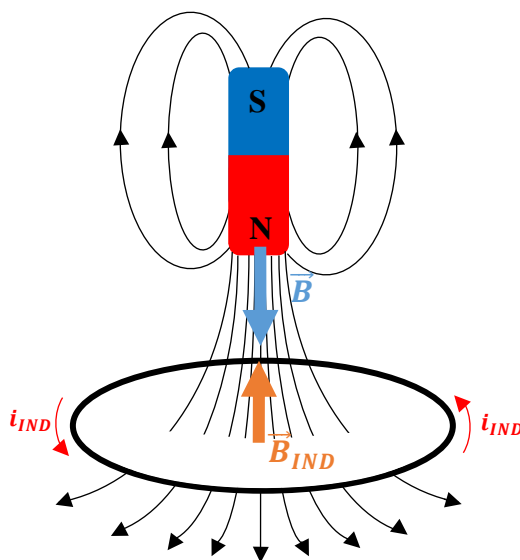


Figura D.1. Esquema de segundo experimento.

Bom, podemos comparar esses dois campos magnéticos (do ímã e o induzido) a duas faces norte (ou duas faces sul) de dois ímãs voltados um para o outro conforme a

Figura D.2.



Figura D.2. Ímãs de faces iguais virados um para o outro.

Os ímãs, quando voltados um para o outro com faces iguais, se repelem. O mesmo ocorre no experimento do tubo e do ímã. Cada espira que forma o tubo repele o ímã de forma a freia-lo em sua queda.

Os alunos podem se perguntar porque então o ímã não para completamente. Bem, o tubo possui uma resistência, assim como qualquer material, que reflete diretamente na corrente produzida nesse material, tornando-a menor. Logo, a corrente produzida nas espiras do tubo, por serem menores, produzem um campo magnético sempre menor que o campo magnético original que produziu essa corrente induzida. Por isso o campo magnético induzido não será de mesma intensidade que o campo magnético original, criando apenas uma resistência ao movimento de descida e não parando o ímã.

E. RESULTADO DOS TESTES CONCEITUAIS POR TURMA

Para a aplicação do método TPS+PI, desenvolvemos cinco questões conceituais, nomeadas testes conceituais (TC), de múltipla escolha, para cada aula lecionada. Os slides em questão serão apresentados a seguir de acordo com a aula em que foram utilizados.

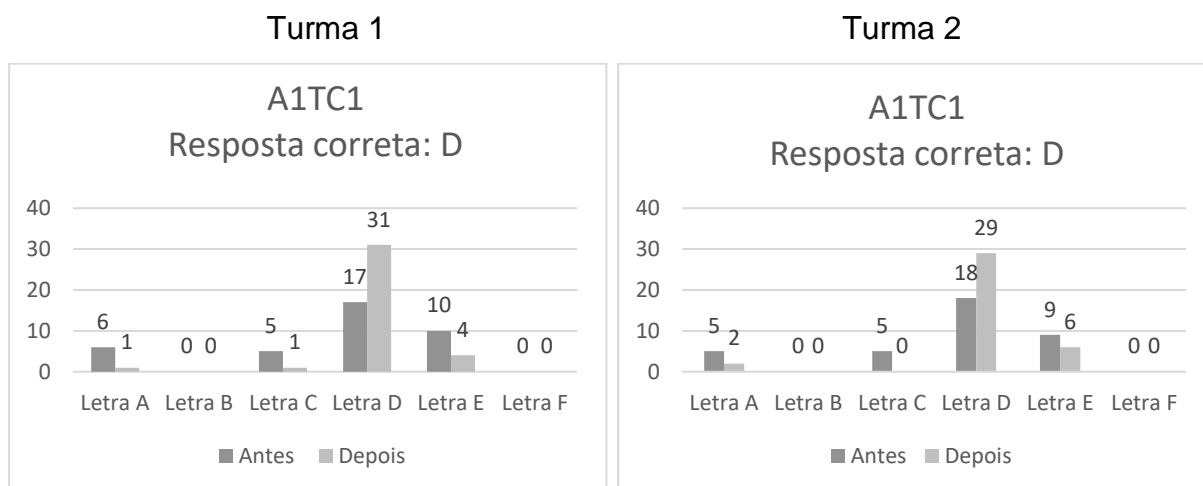
Os gráficos com os resultados por turma se encontram a seguir. Foram 4 turmas diferentes denominadas: Turma 1, Turma 2, Turma 3 e Turma 4. Não é nosso objetivo identificar essas turmas e muito menos seus estudantes. A análise geral dos TCs se encontra no Capítulo 5, de Resultados e discussões.

A sigla para cada slide contendo testes conceituais segue o formato A#TC#, ou seja, caso queiramos encontrar o segundo teste conceitual utilizado na terceira aula, procuraremos o código A3TC2, que significa aula 3, teste conceitual 2.

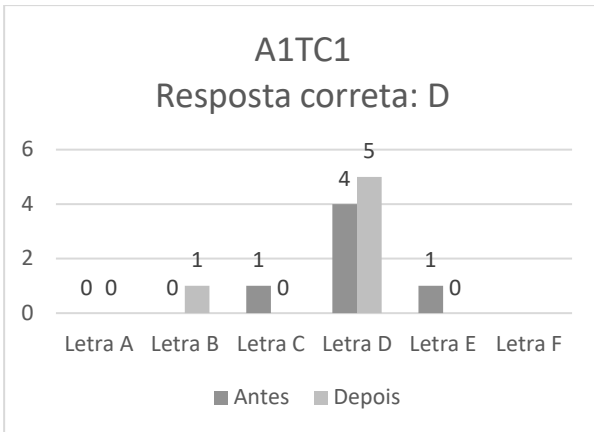
a. RESULTADOS POR TURMA - PRIMEIRA AULA

Os slides apresentados a seguir são referentes à primeira aula cujo assunto foi lei de Faraday e lei de Lenz.

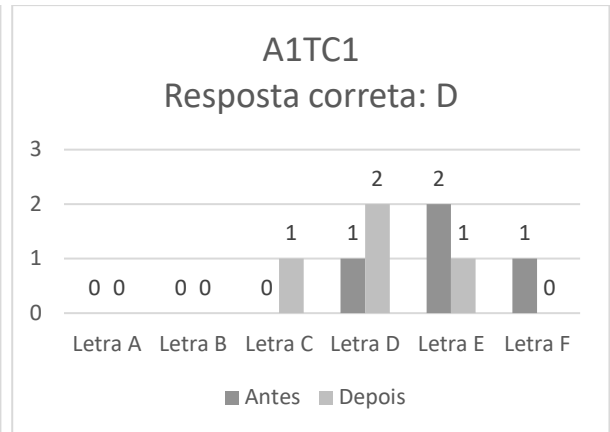
AULA 1 – TESTE CONCEITUAL 1



Turma 3

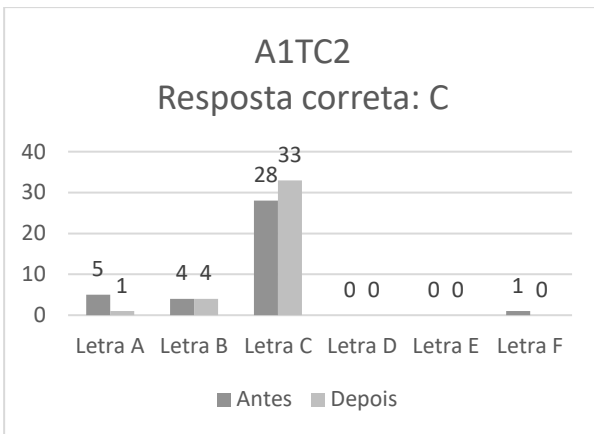


Turma 4

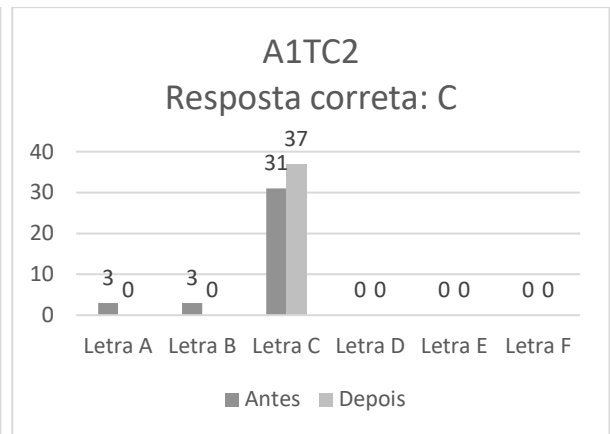


AULA 1 – TESTE CONCEITUAL 2

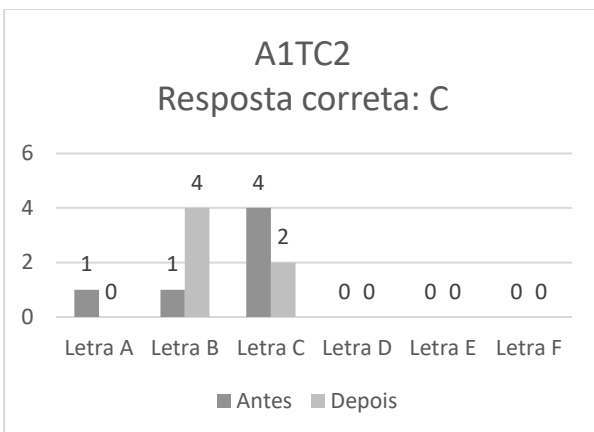
Turma 1



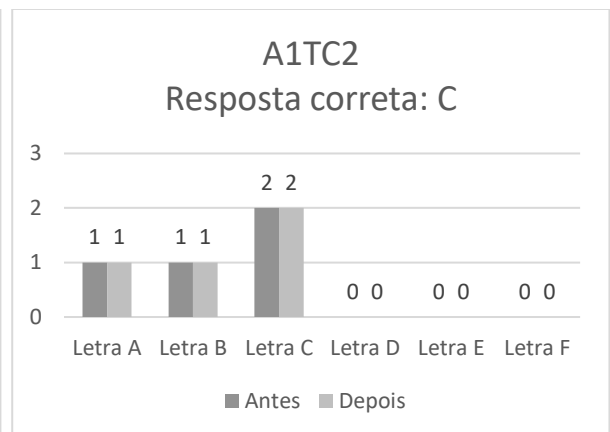
Turma 2



Turma 3

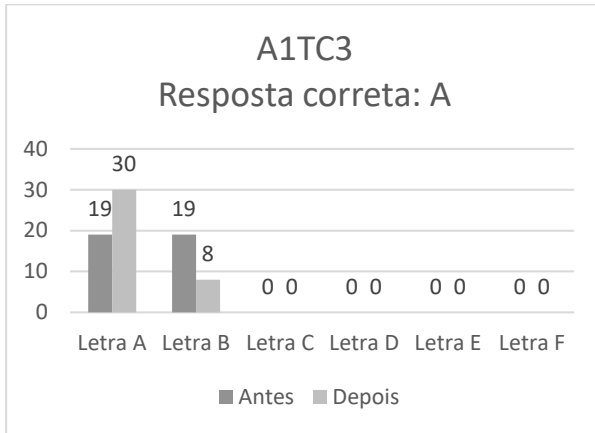


Turma 4

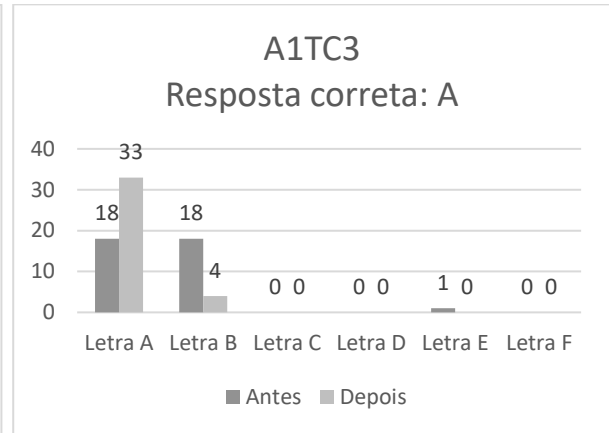


AULA 1 – TESTE CONCEITUAL 3

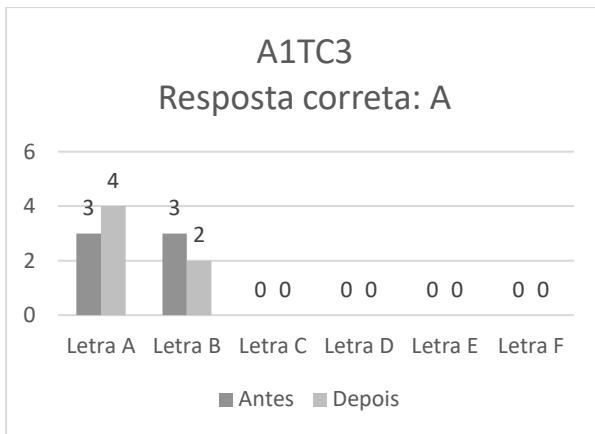
Turma 1



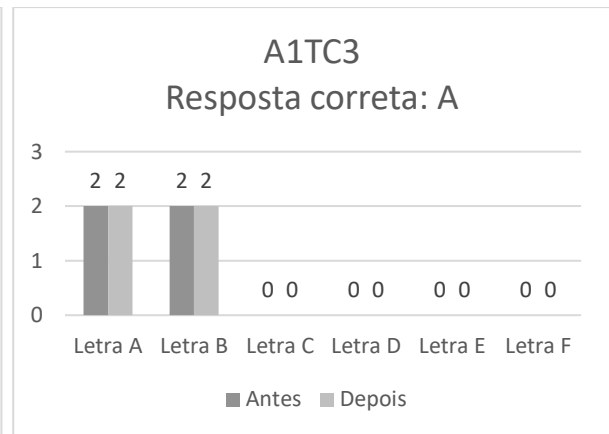
Turma 2



Turma 3

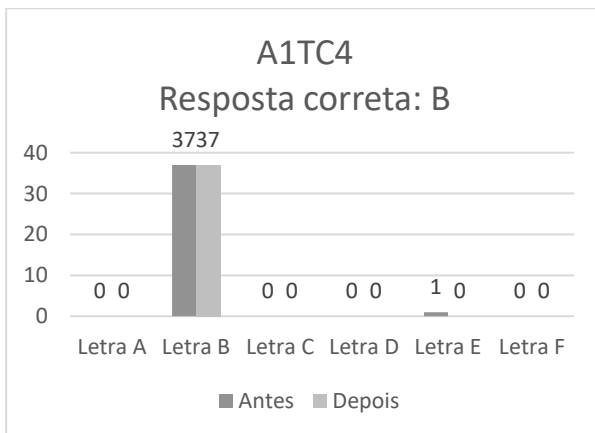


Turma 4

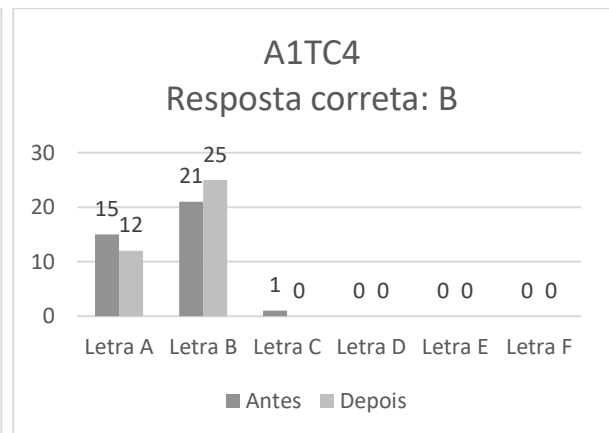


AULA 1 – TESTE CONCEITUAL 4

Turma 1

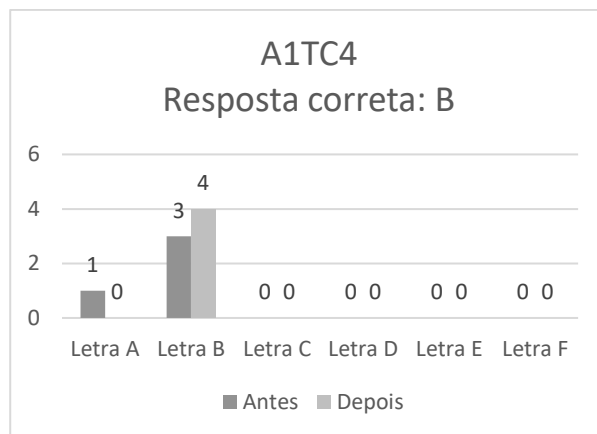
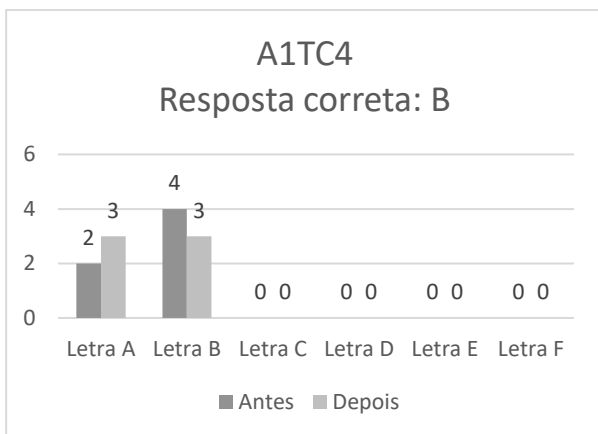


Turma 2

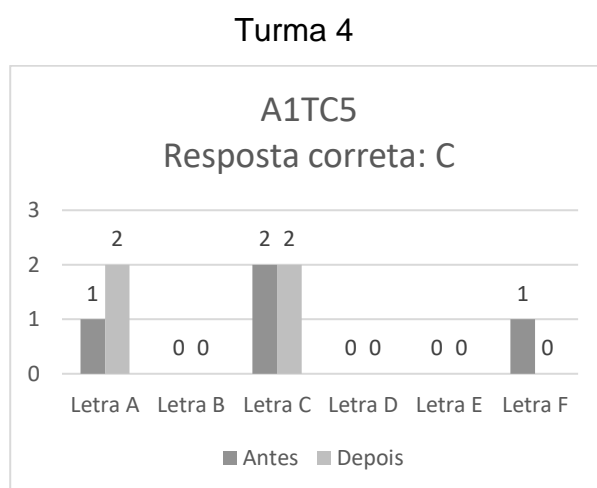
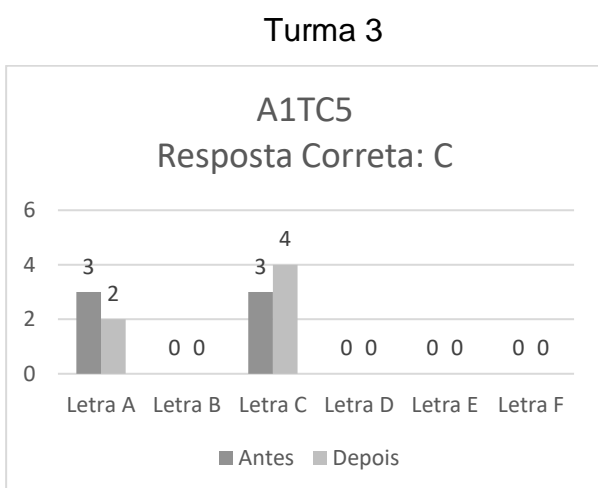
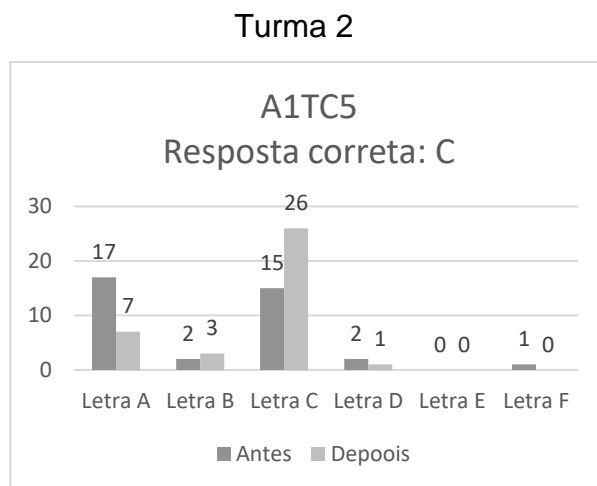
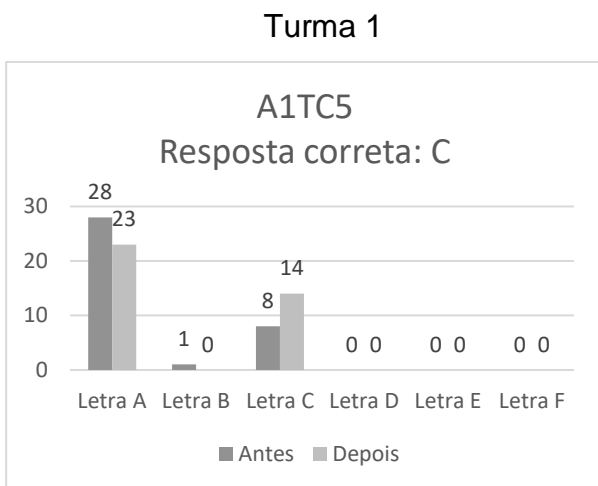


Turma 3

Turma 4



AULA 1 – TESTE CONCEITUAL 5

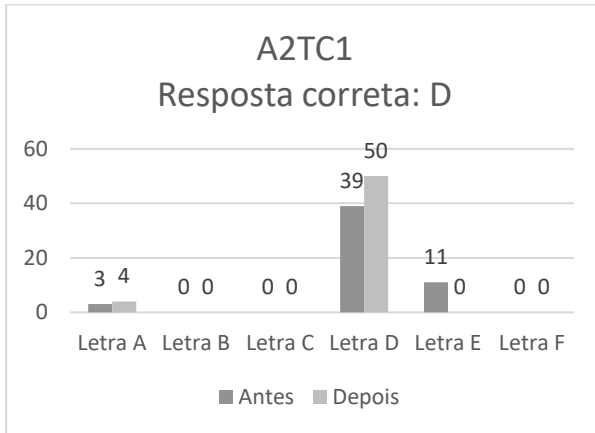


b. RESULTADOS POR TURMA - SEGUNDA AULA

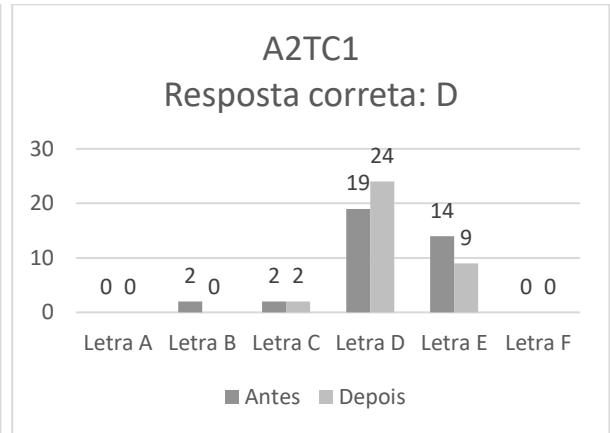
Os slides apresentados a seguir são referentes à segunda aula, cujos assuntos foram força eletromotriz induzida pelo movimento (*fem* de movimento) e campo elétrico induzido.

AULA 2 – TESTE CONCEITUAL 1

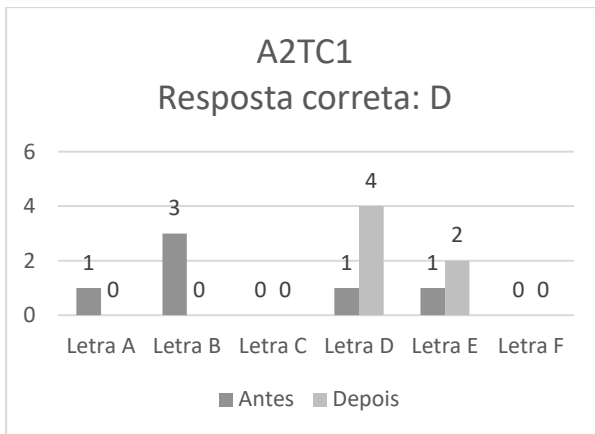
Turma 1



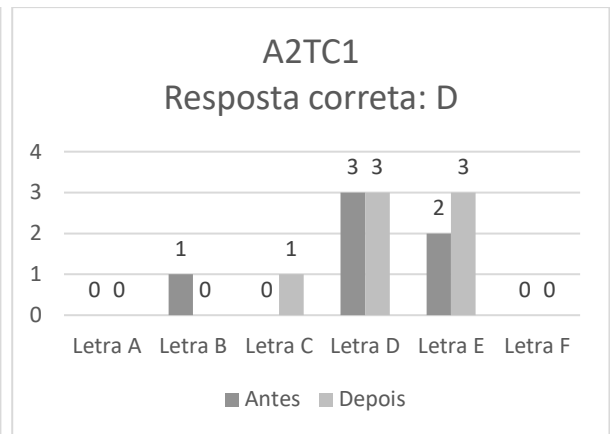
Turma 2



Turma 3

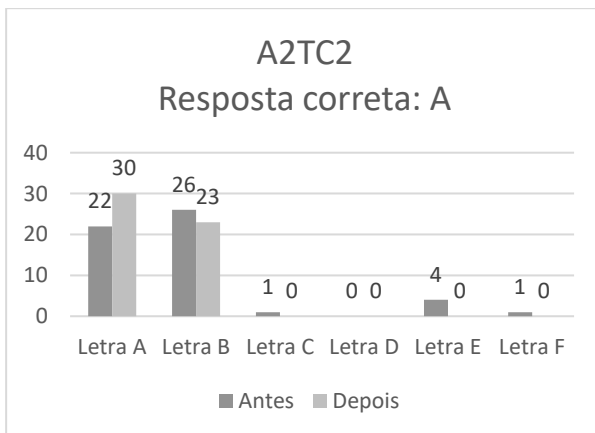


Turma 4

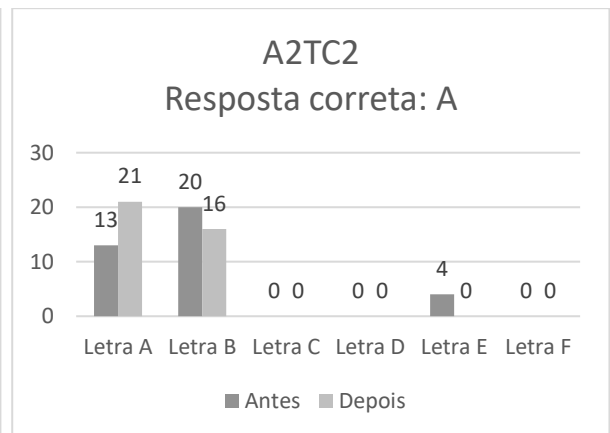


AULA 2 – TESTE CONCEITUAL 2

Turma 1

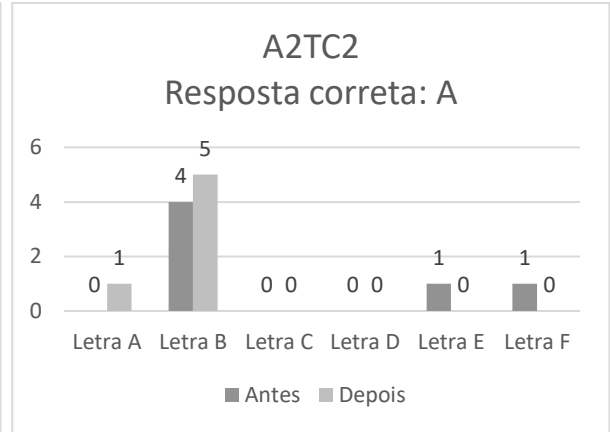
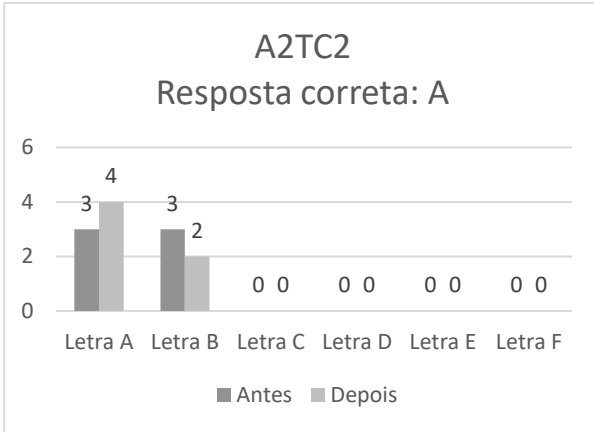


Turma 2

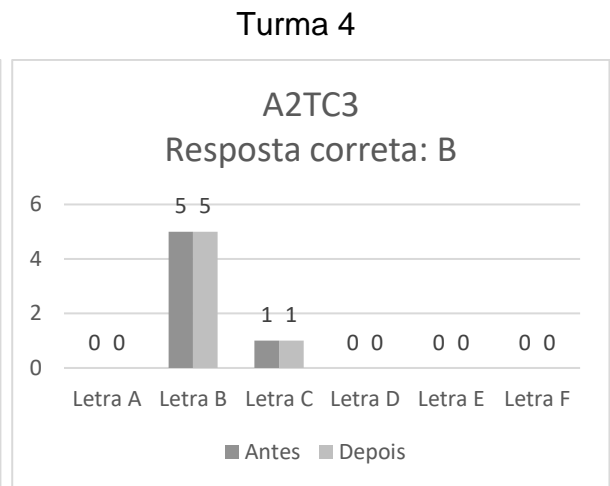
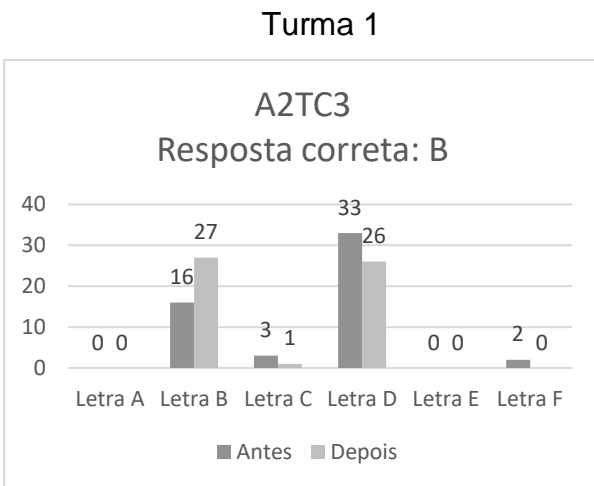


Turma 3

Turma 4

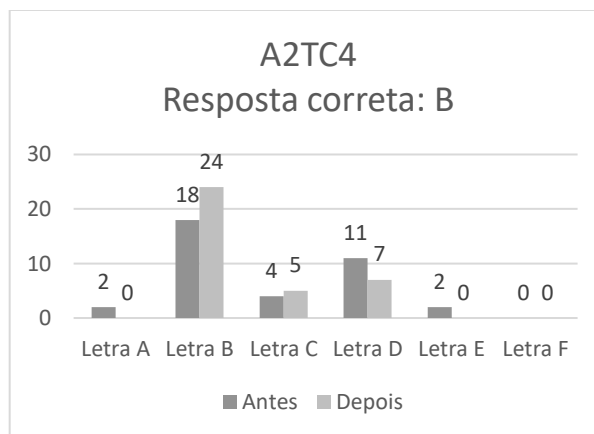


AULA 2 – TESTE CONCEITUAL 3

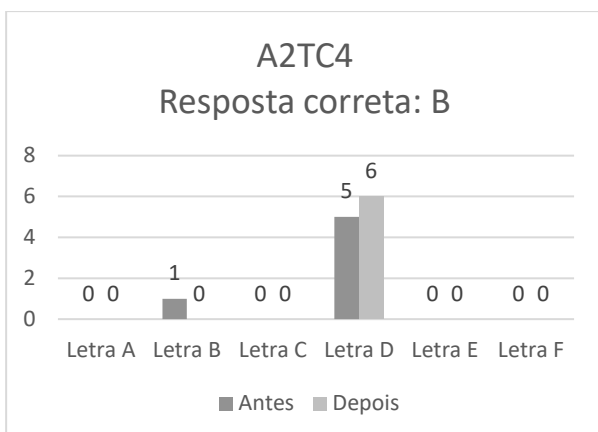


AULA 2 – TESTE CONCEITUAL 4

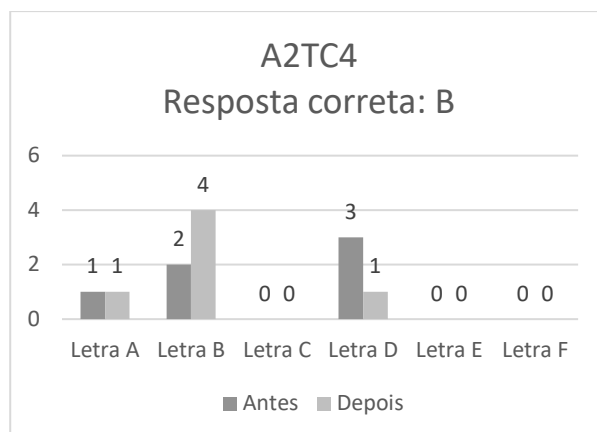
Turma 2



Turma 3

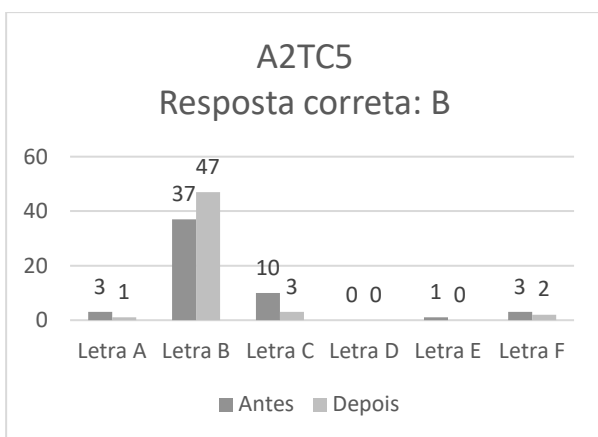


Turma 4

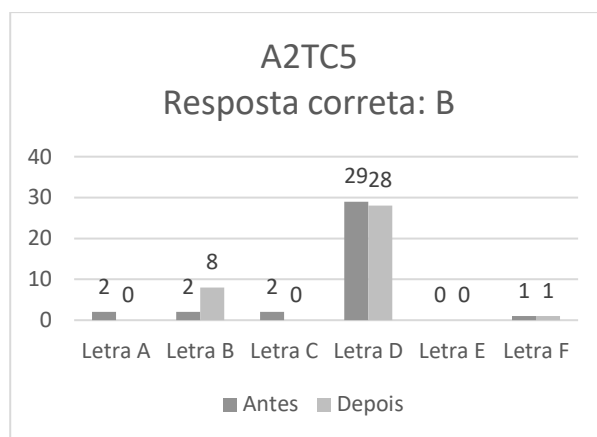


AULA 2 – TESTE CONCEITUAL 5

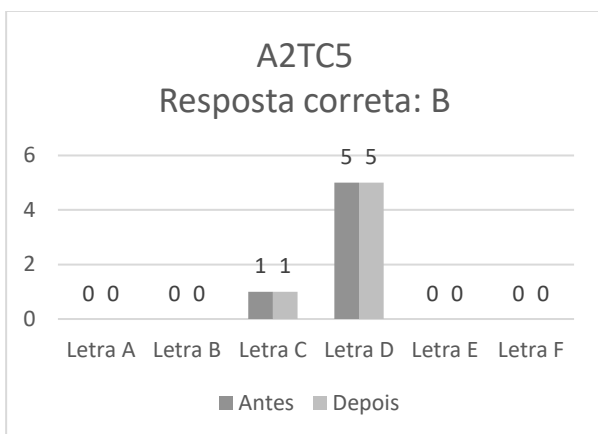
Turma 1



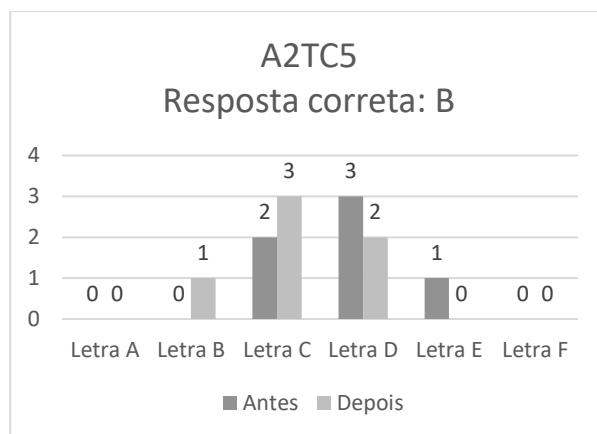
Turma 2



Turma 3



Turma 4



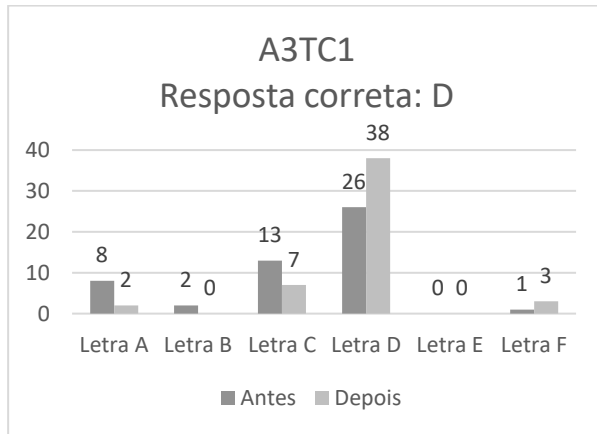
c. TERCEIRA AULA

Os slides apresentados a seguir são referentes à terceira aula, cujo assunto foi

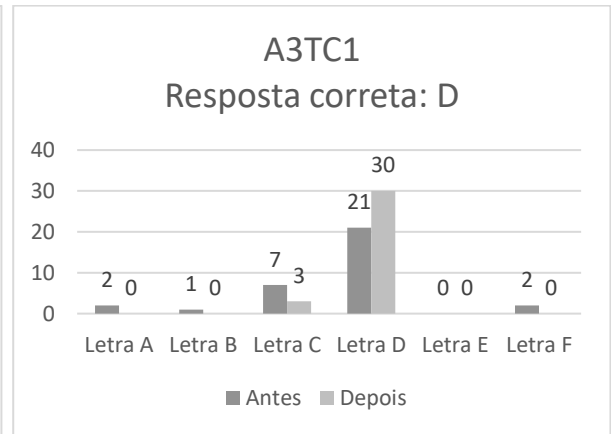
correntes de Foucault.

AULA 3 – TESTE CONCEITUAL 1

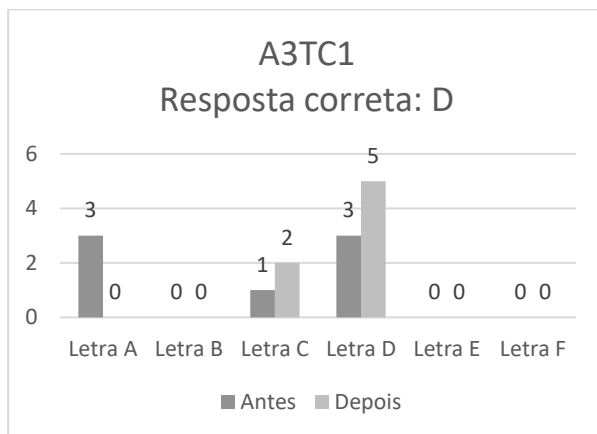
Turma 1



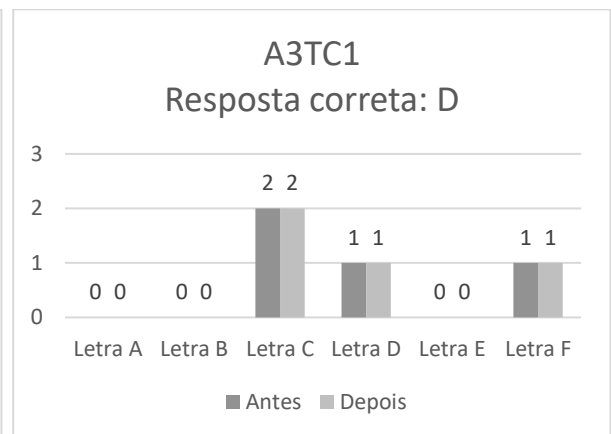
Turma 2



Turma 3

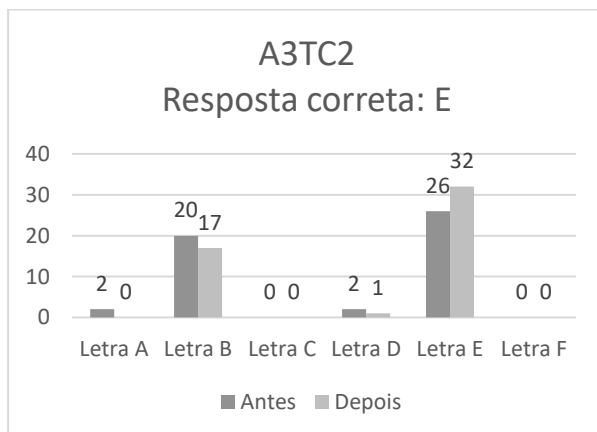


Turma 4

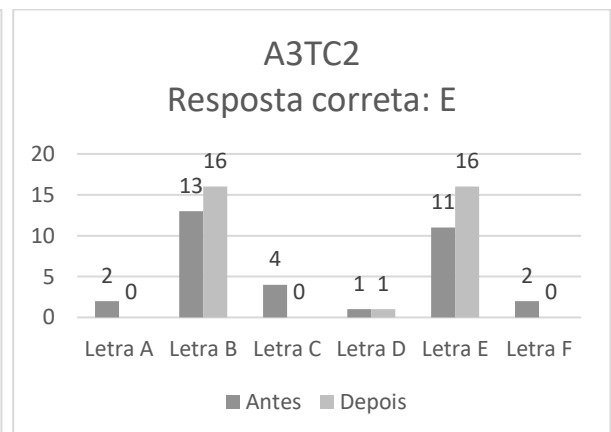


AULA 3 – TESTE CONCEITUAL 2

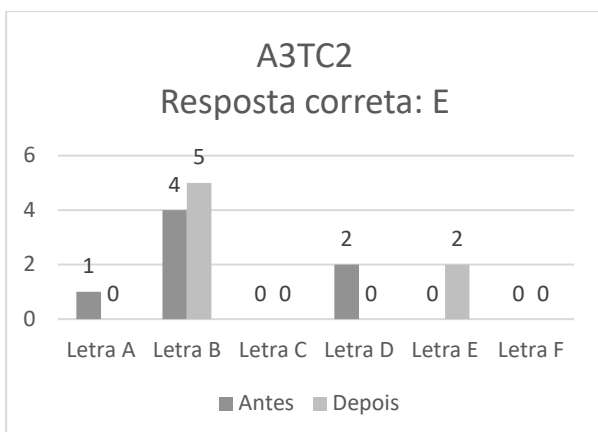
Turma 1



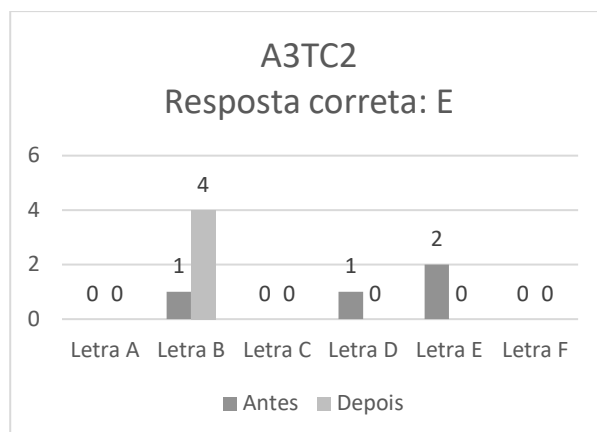
Turma 2



Turma 3

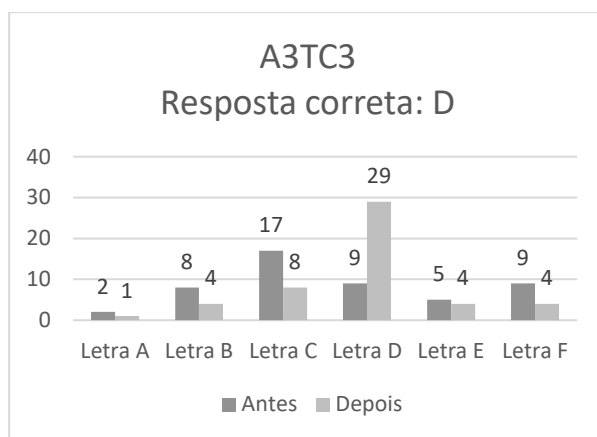


Turma 4

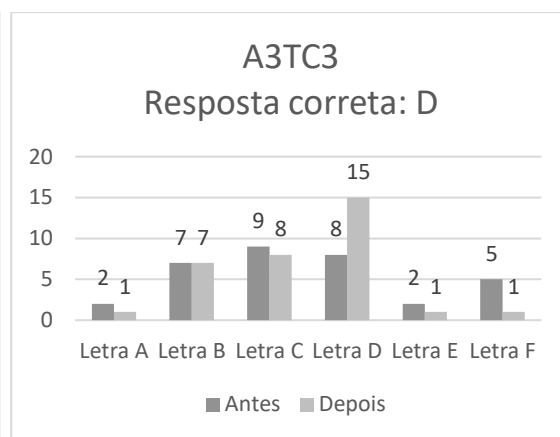


AULA 3 – TESTE CONCEITUAL 3

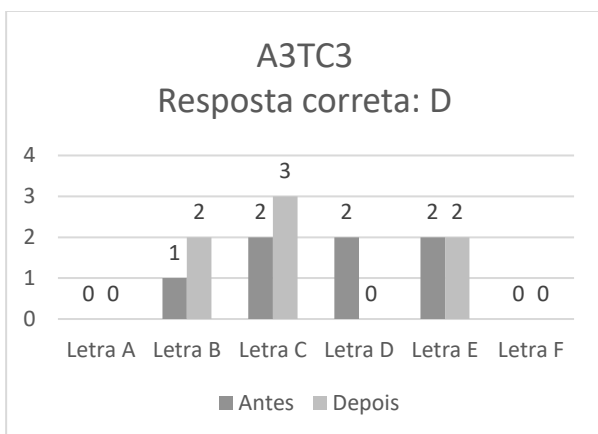
Turma 1



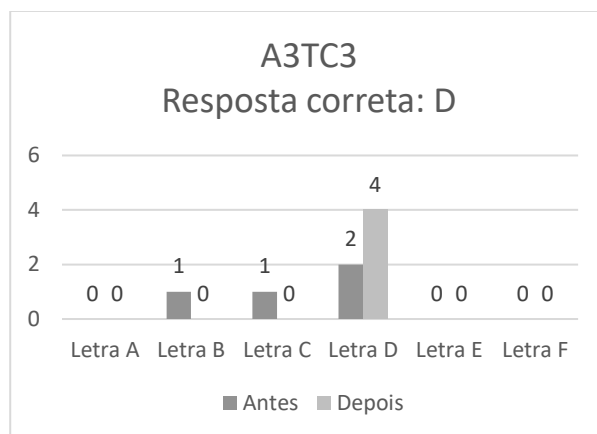
Turma 2



Turma 3

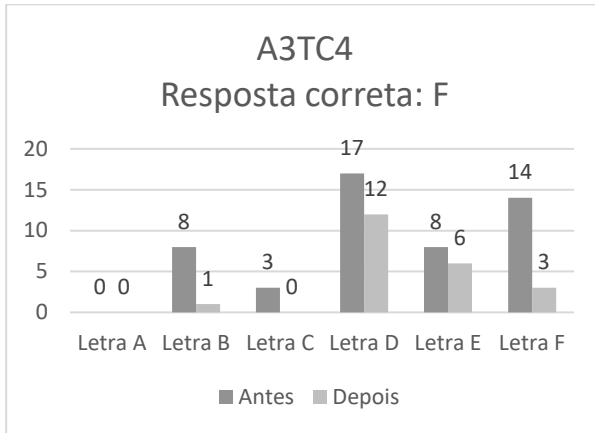


Turma 4

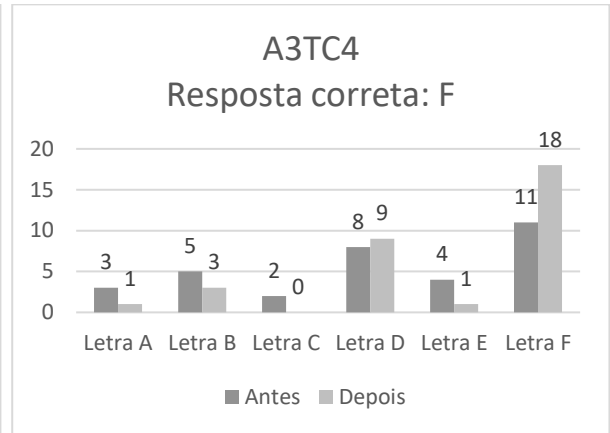


AULA 3 – TESTE CONCEITUAL 4

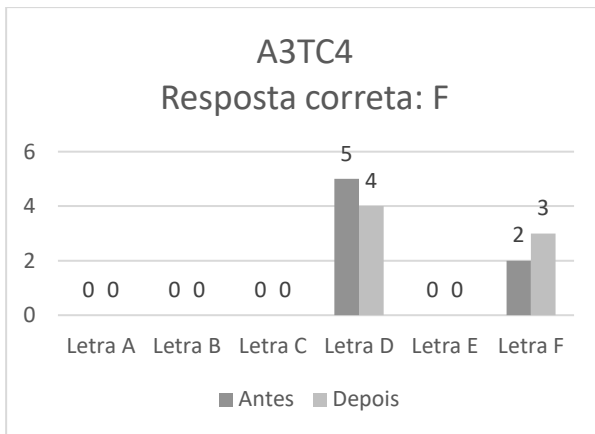
Turma 1



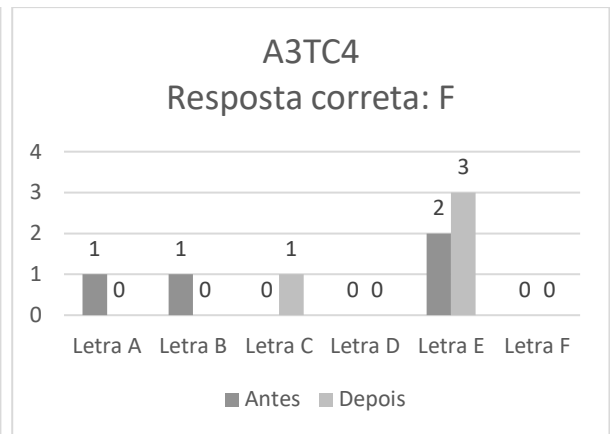
Turma 2



Turma 3

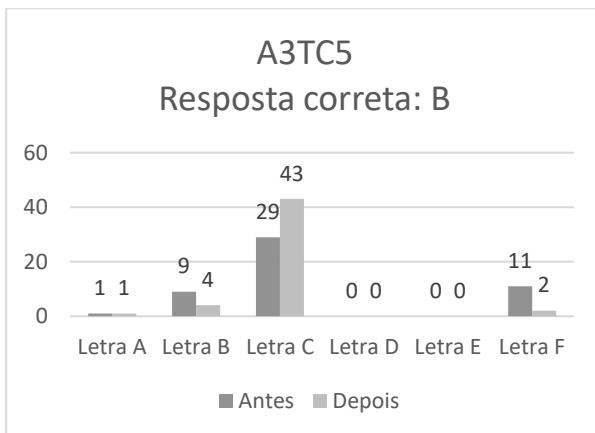


Turma 4

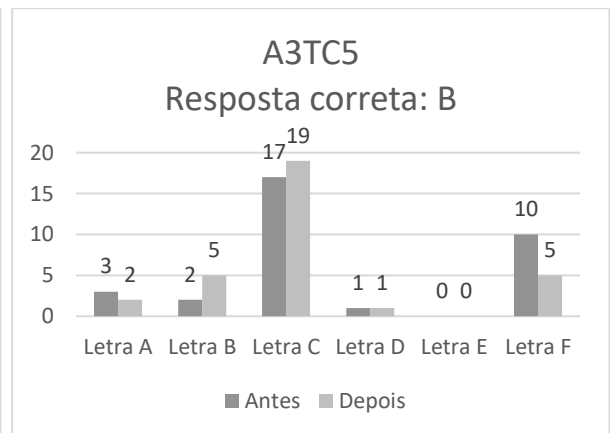


AULA 3 – TESTE CONCEITUAL 5

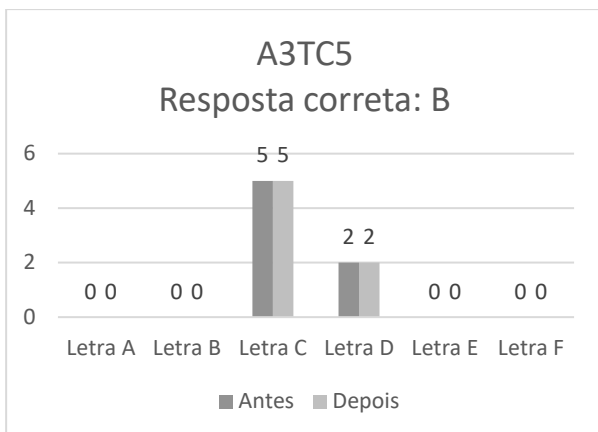
Turma 1



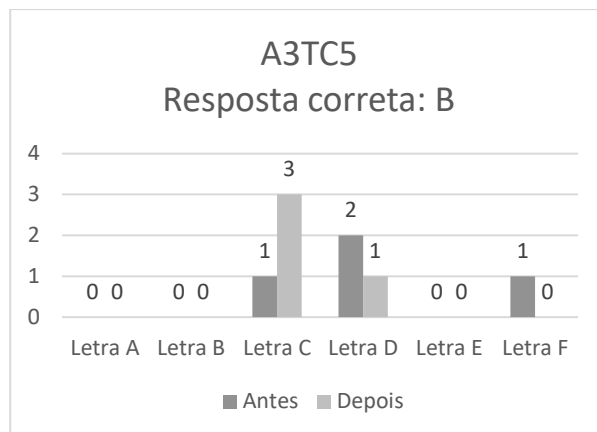
Turma 2



Turma 3



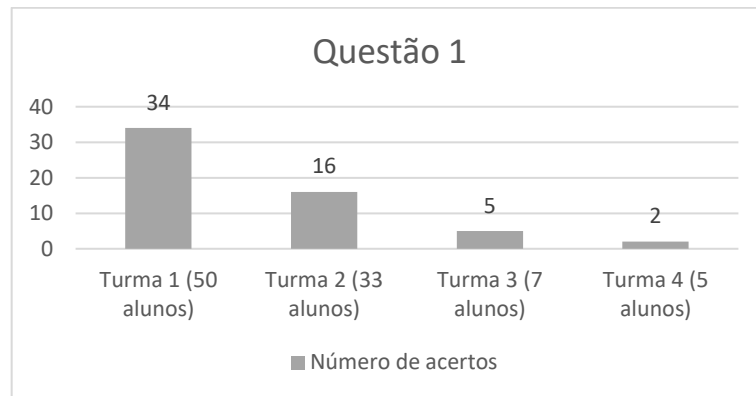
Turma 4



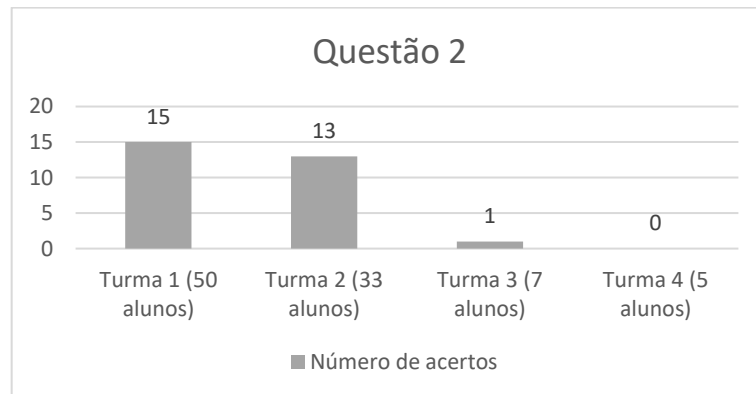
F. RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO TESTE FINAL POR TURMA

A seguir, estão apresentados os gráficos com o número de estudantes de cada turma que responderam corretamente cada questão do teste final.

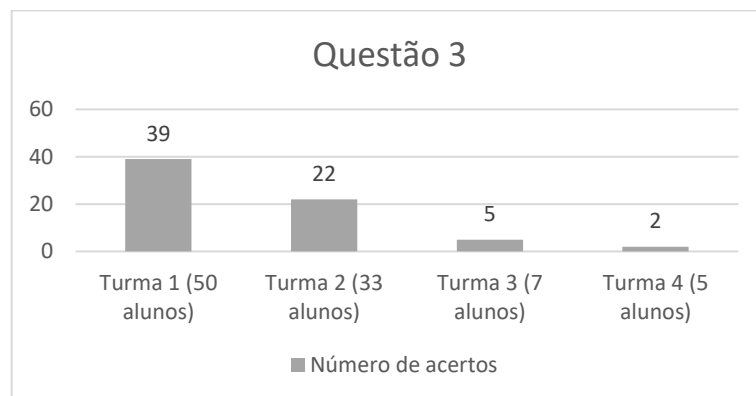
Questão 1



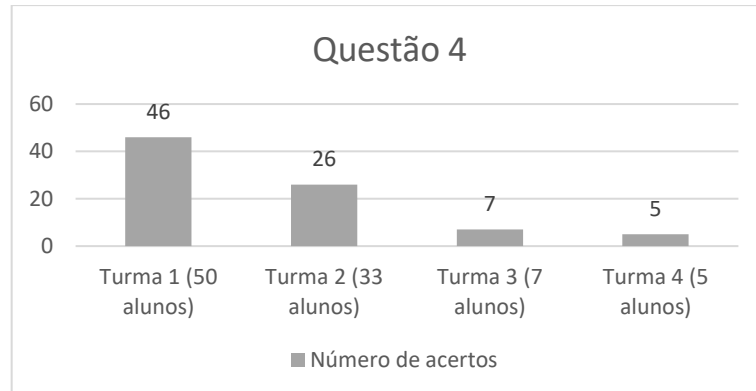
Questão 2



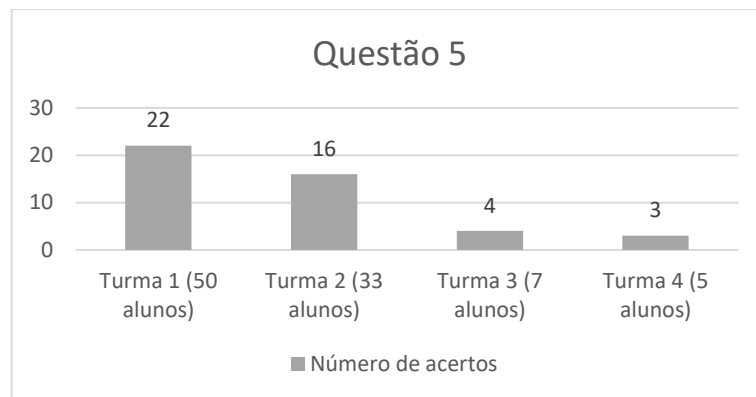
Questão 3



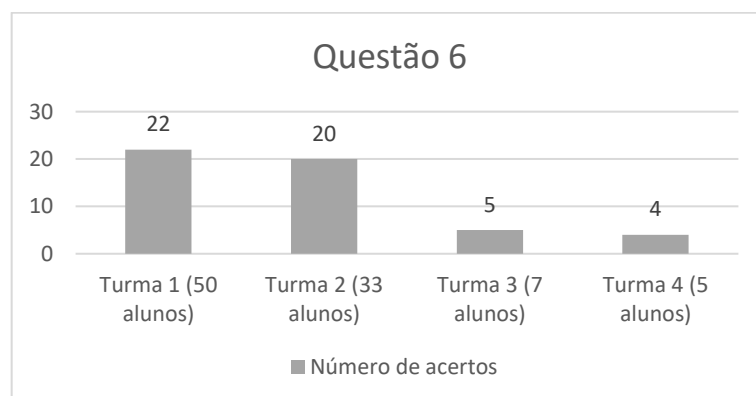
Questão 4



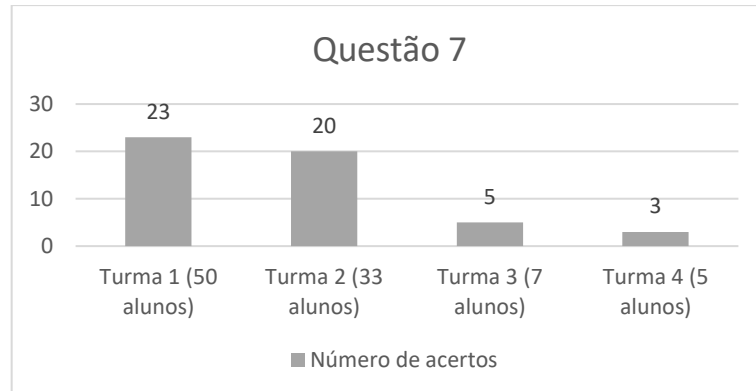
Questão 5



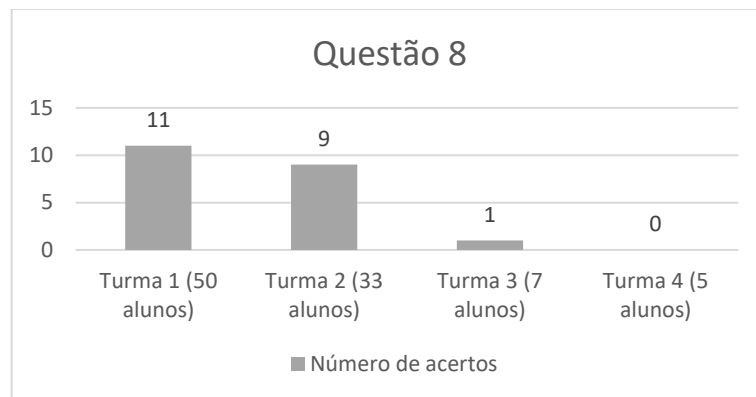
Questão 6



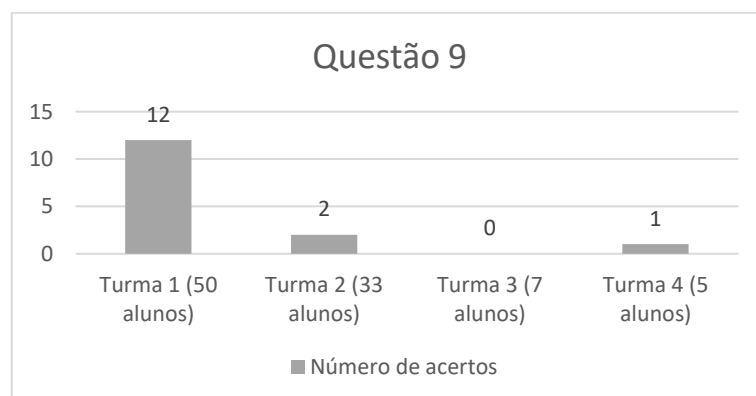
Questão 7



Questão 8



Questão 9



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

MARIA INÊS APARECIDA FERREIRA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ENSINO INSPIRADA NOS MÉTODOS
PENSAR-EMPARELHAR-COMPARTILHAR E INSTRUÇÃO POR PARES: UMA
IMPLEMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

SÃO MATEUS

2018