



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA

**UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA
PARA O ENSINO FUNDAMENTAL – OS EXPERIMENTOS DO *DISCO DE
FARADAY* E DO *MOTOR HOMOPOLAR*.**

LETHÍCIA VIEIRA MARQUES

Brasília – UnB
2018



**UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA
PARA O ENSINO FUNDAMENTAL – OS EXPERIMENTOS DO *DISCO DE
FARADAY* E DO *MOTOR HOMOPOLAR*.**

Dissertação de Mestrado apresentada a banca examinadora da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de mestre em ensino de física, sob a orientação do professor Dr. Antony Marco Mota Polito e coorientação da professora Dr^a. Maria de Fátima da Silva Verdeaux.

Lethícia Vieira Marques

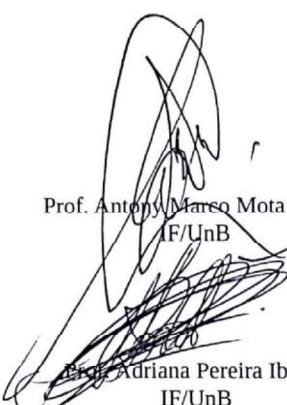
Brasília - DF
2018


**“UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL
– OS EXPERIMENTOS DO DISCO DE FARADAY E DO
MOTOR HOMOPOLAR”**

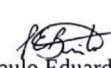
**Por
Lethícia Vieira Marques.**


Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos
requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

Aprovada por:


Prof. Antony Marso Mota Polito
IF/UnB


Prof. Adriana Pereira Ibaldo
IF/UnB


Prof. Paulo Eduardo de Brito
FUP/UnB


Prof. Dr. Cláudio Leopoldino da Silva Filho
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Instituto de Física

FICHA CATALOGRÁFICA

MARQUES, Lethícia Vieira.

Uma abordagem histórica da indução eletromagnética para o ensino fundamental – os experimentos do *disco de Faraday* e do *motor homopolar*.

UnB, Brasília, 2018.

182 P.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

1. Eletromagnetismo. 2. História da física. 3. Indução eletromagnética. 4. Michael Faraday. 5. Motor homopolar. 6. Disco de Faraday. 7. Corrente elétrica. 8. Campo magnético. 9. Aprendizagem significativa. 10. Teoria ausubeliana.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, minha irmã e minha tia Mara, sem o amor, apoio e compreensão delas eu não seria quem eu sou hoje.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antony Marco Mota Polito, pela paciência, compreensão e sensibilidade com minhas limitações e pela dedicação e apoio em construir esse projeto comigo. Sou grata por todos os encontros que foram verdadeiros momentos de aprendizado e reflexões.

À minha co-orientadora Prof^a Dr^a. Maria de Fátima Verdeaux, por me acompanhar, corrigir e incentivar desde a disciplina de Estágio 1 no curso de graduação. Pelo apoio, contribuições e interesse com esse projeto.

Ao meu companheiro, amigo e amante, Ricardo Nonato Delgado, que há mais de sete anos, sempre com muito amor, carinho e paciência, está me apoiando e incentivando a correr atrás dos meus sonhos. Por ser minha inspiração diária como professor e por sempre compartilhar comigo suas descobertas e experiências com o ensino e entendimento da física.

Ao meu amigo Valmir Pereira Moraes Filho por me apresentar o jogo Perfil da GROW® que me inspirou à criar o objeto de avaliação *Jogo Perfil – Eletromagnético* dessa sequência didática. Também pelas sugestões ao longo da criação das cartas e do tabuleiro do *jogo*.

À minha colega do MNPEF, Ingrid de Souza Rodrigues Duarte, por disponibilizar a sua montagem do Disco de Faraday para a aplicação desse projeto.

Aos professores do programa MNPEF – UnB, em especial a Prof^a Dr^a Adriana Pereira Ibaldo e Prof. Dr. Ivan Soares Ferreira por realizarem contribuições cruciais para a construção do produto educacional.

Às gerentes da escola em que esse projeto foi aplicado, Aline Santana de Lima e Lucila Alves Mariano, por apoiarem esse projeto pela crença de que essa proposta educacional seria propulsora para o interesse dos alunos no ensino de ciências.

À Universidade de Brasília e a Sociedade Brasileira de Física pela oportunidade de aprimoramento profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	17
2.1.1 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	18
2.1.2 ELEMENTOS DA TEORIA AUSUBELIANA	21
2.1.3. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA VERSUS APRENDIZAGEM MECÂNICA	
24	
2.2 O PAPEL DA HISTÓRIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA	26
2.3. FENÔMENO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	29
2.3.1 O MOTOR HOMOPOLAR	31
2.3.2 O DISCO DE FARADAY	32
2.4. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS CONCEITOS DO	
ELETROMAGNETISMO	35
3. DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	39
3.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	39
3.2. INSTRUMENTOS USADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	44
3.3. FERRAMENTA DIGITAL.....	46
4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	52
4.1. METODOLOGIA	52
4.2. OBJETIVOS	54
4.3. RELATO DE APLICAÇÃO.....	56
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	67
5.1. AVALIAÇÃO PRÉVIA.....	68
5.1.1. QUESTÕES SOBRE CORRENTE ELÉTRICA	68
5.1.2. QUESTÕES SOBRE CARGA ELÉTRICA	73
5.1.3. QUESTÕES SOBRE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO.....	77
5.1.4. ANÁLISE GERAL DA AVALIAÇÃO PRÉVIA.....	81
5.2. ROTEIROS EXPERIMENTAIS.....	82
5.2.1. PARTE I – MOTOR HOMOPOLAR	82
5.2.2. PARTE II – DISCO DE FARADAY	83
5.2.3. PARTE III – RELAÇÃO ENTRE OS EXPERIMENTOS E O FENÔMENO DA	
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	83
5.2.4. ANÁLISE GERAL DO ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	85
5.3. AVALIAÇÃO SOMATIVA FINAL	86
5.3.1. QUESTÕES ENVOLVENDO HISTÓRIA E A CONTRIBUIÇÃO DOS	
CIENTISTAS.....	86

5.3.2.	REAPLICAÇÃO DE QUESTÕES DA AVALIAÇÃO PRÉVIA	90
5.3.3.	QUESTÕES DISCURSIVAS	93
5.3.4.	ANÁLISE GERAL DA AVALIAÇÃO FINAL SOMATIVA	97
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

RESUMO

Esse trabalho consiste em uma sequência didática, fundamentada na teoria ausubeliana, destinada a ensinar, do ponto de vista qualitativo, conceitos relacionados ao fenômeno da indução eletromagnética, para alunos do nono ano do ensino fundamental. A construção dessa sequência foi fundamentada em uma estratégia didático-pedagógica que se utiliza, preponderantemente, de elementos históricos associados ao desenvolvimento do eletromagnetismo. Escolhemos como base os trabalhos de Michael Faraday, de modo que o cerne deste produto educacional é a execução e a análise de dois de seus experimentos: o Motor Homopolar e o Disco de Faraday. Esse produto foi confeccionado pensando em atingir o maior público de alunos possível. Logo, aulas expositivas, aulas experimentais e apresentação de trabalhos foram criadas tendo em vista a diversificação de metodologias, inclusive com o uso de recursos como a construção de uma linha do tempo para a história do eletromagnetismo e de um jogo de tabuleiro fundado nos conceitos ensinados. Cada uma dessas metodologias apresenta um papel fundamental e indispensável na composição de nosso produto educacional. Os resultados obtidos e o nível de interesse demonstrado pelos alunos, ao longo da aplicação da sequência didática, nos permitiu concluir que a congregação de metodologias variadas, aliadas ao emprego da história do eletromagnetismo, impactou positivamente na aprendizagem das turmas, em um modo geral.

Palavras-chave: eletromagnetismo, história da física, indução eletromagnética, Michael Faraday, motor homopolar, disco de Faraday, corrente elétrica, campo magnético, aprendizagem significativa, teoria ausubeliana.

ABSTRACT

This work consists of a didactic sequence, based on the ausubelian theory of learning, for teaching, from a qualitative point of view, concepts related to the electromagnetic induction phenomenon to students in the ninth year of the elementary school. The construction of this sequence was founded in a didactic-pedagogical approach that mainly employs historical elements associated to the development of electromagnetism. We choose as a basis the work of Michael Faraday, so that the core of this educational product is the execution and analysis of two of his experiments: the Homopolar Motor and the Faraday Disc. This product was made with the intention of reaching the largest audience of students possible. Therefore, lectures, presentations and experimental classes were conceived in order to diversify the methodologies, including using learning tools such as the construction of an electromagnetism timeline and a board game founded in the concepts we teach. Each one of these methodologies perform a fundamental and indispensable role in the complete composition of or didactic product. The obtained results and the level of interest that some students expressed along the application of this didactic sequence allow us to conclude that the conjunction of varied methodologies, allied to the history of electromagnetism, had a positive impact on the classes learning process, in a general way.

Keywords: electromagnetism, physics history, electromagnetic induction, Michael Faraday, Homopolar motor, Faraday disc, electric current, magnetic field, meaningful learning, Ausubelian teory.

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

O conhecimento é uma construção feita a partir das interações do indivíduo com o mundo físico e social que o rodeia (AUSUBEL, 2000; MORETTO, 2009; MOREIRA, 2011), ou seja, independentemente da escola o aluno é capaz de aprender por si só a partir da sua vivência. Mas é importante ressaltar que nem sempre o que foi aprendido está associado a um conceito correto. Por exemplo, muitos dos conhecimentos a respeito de fenômenos científicos veem carregados de senso comum. O que fazer para melhorar esse problema? Esse aprendizado permeado de senso comum e informações falsas pode impactar negativamente na aprendizagem de ciências em níveis mais avançados. Isto, porque, boa parte do ensino de ciências é feito somente a partir do ensino médio, impactando em uma tardia e deficiente formação nessa área de conhecimento (MEDEIROS, 2017).

A principal característica da ocorrência de um processo eficiente de aprendizagem é a aquisição de competências e habilidades, feitas pelo indivíduo, para determinado assunto. Ou seja, ser capaz de mobilizar as informações adquiridas para identificar, analisar, relacionar, aplicar, manipular, avaliar, dentre outras ações que possam ser desempenhadas mediante diversos níveis de problematização do assunto que lhe foi apresentado (MORETTO, 2009). Para nortear o desenvolvimento dessas competências e habilidades nos diferentes níveis de escolaridade, no Brasil, foram criados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Esse documento, para o ensino fundamental, apresenta um currículo específico para ciências naturais, segundo o qual devemos escolher interpretar e aplicar os conceitos físicos que aparentam ser aqueles mais importantes para desenvolver as competências e habilidades para determinado ciclo do ensino fundamental (MEDEIROS, 2017).

O objetivo geral apresentado pelo PCN (1997) é de que o discente seja capaz de utilizar conceitos científicos básicos associados à matéria, energia, transformação de grandezas, espaço, tempo, equilíbrio e vida. Especificamente para o ciclo que trabalhamos (9^a ano), ele objetiva a compreensão dos movimentos dos corpos celestes a partir da visão histórica. Além de pressupor que os alunos do 9^o ano já sejam capazes de identificar diferentes tecnologias que realizam transformação de energia necessária para as atividades humanas essenciais, ao longo da história da humanidade.

A partir do meu desejo pessoal de contribuir para a melhora do aprendizado dos alunos que apresentam dificuldade de se desassociarem do senso comum; das recomendações feitas pelo PCN; e do currículo de física adotado pela maioria das escolas do Distrito Federal para o 9º ano do ensino fundamental, surgiu a vontade e necessidade de fazer uma sequência didática pautada na história da ciência. Essa é uma proposta para ensinar os conceitos físicos de forma mais eficiente, pois acreditamos que, uma vez que sejam desenvolvidos a partir da sua origem, suas aplicações na sociedade atual se tornam ainda mais compreensíveis e significativas.

A nossa escolha por desenvolver uma sequência didática pautada no desenvolvimento histórico se deu, primeiramente, devido à recomendação do PCN (1997) e suas versões posteriores (PCN+, 2009):

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano, mas imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela constituídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologias bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado. (PCN+, 2009).

Isto fez com que acreditássemos que ao introduzir o estudante a um ensino concentrado no desenvolvimento histórico da ciência, seria possível fazer um resgate da visão da ciência como causa e efeito do desenvolvimento de atividades humanas e sociais (MARTINS, 1990; MATTHEWS, 1995; PCN +, 2009). Também nos aderimos à proposta de confecção de uma sequência didática embasada na história da ciência, em virtude da observação da escassez de materiais e recursos metodológicos nessa área. O material com viés histórico mais difundido para os educadores brasileiros é o *Projeto*

Harvard, o qual apresenta a proposta de mostrar as concepções históricas e incentivar a sua compreensão e aprendizagem.

Na escola em que esse trabalho foi aplicado, tínhamos a carga semanal de 3 h/aula para cada turma do 9º ano. Dessa forma, o currículo foi dividido em dois grandes campos: mecânica celeste com uma perspectiva histórica e seus impactos na sociedade; e eletromagnetismo e seu impacto na evolução da sociedade. A escolha do tema central como indução eletromagnética se deu por dois motivos principais: as turmas nas quais trabalhamos haviam estudado eletricidade e magnetismo, separadamente, durante os 2 anos anteriores (7º e 8º ano); e também por perceber que muitos alunos (das turmas de 9º ano dos anos anteriores) realizavam perguntas associadas a aplicações no dia-a-dia dessa área da física ao longo das aulas.

Devido às vontades e necessidades apresentadas, a construção da sequência didática se deu com os objetivos de explicar o fenômeno da indução eletromagnética da forma mais fiel possível ao seu desenvolvimento histórico e com as consequências dessas descobertas, no século XXI. Para isso, nos propusemos a ensinar a partir do uso conjunto da fenomenologia, da teoria e da história. A propósito a formulação conceitual originária da indução eletromagnética, devida a Michael Faraday, foi resultado direto de suas manipulações experimentais que congregavam teoria e fenomenologia.

Para o desenvolvimento da parte experimental, “reconstruímos” os seguintes experimentos históricos: o motor homopolar e o disco de Faraday. Os trabalhos de Michael Faraday não se apresentavam, preponderantemente, através de uma linguagem matemática. Portanto, após a decisão das atividades experimentais, optamos por dar ao produto educacional um caráter eminentemente qualitativo. Novamente, essa decisão foi realizada pelo desejo de proporcionar ao aprendiz um processo de aprendizagem em que o desenvolvimento científico-conceitual fosse feito de forma fiel ao desenvolvimento histórico.

É importante ressaltar que, ao adotarmos a postura de não realizarmos um ensino preponderantemente quantitativo, não nos abstermos completamente da abordagem matemática. Nem foi esse o caso de Michael Faraday. De fato, a matemática pode ser interpretada como um aspecto da expressão do próprio pensamento, não como mero instrumento de comunicação (PIETROCOLA, 2002).

O último motivo pelo qual fórmulas matemáticas e resolução de problemas não foram inseridos na nossa sequência didática foi que os alunos do ensino fundamental II não necessitam, fortemente, de uma visão matemática para analisar e desenvolver as habilidades e competências expostas no PCN (1997 e 2009), que cobram o conhecimento e entendimento do mundo que o cerca em um nível qualitativo.

Para suprir o padrão de compreensão da tecnologia, sugerida pelo PCN, criamos uma atividade que sugerisse algumas aplicações tecnológicas do século XX e XXI. Nela, o estudante pesquisaria e explicaria as relações dessas aplicações com o eletromagnetismo. Uma vez compreendida a teoria e entendido o seu desenvolvimento histórico e o impacto na sociedade, se torna mais fácil e palpável realizar uma generalizações para novas situações que envolvam o assunto estudado (MATTHEWS, 1995). Tais generalizações são possíveis evidências da incorporação daquele conceito em sua estrutura cognitiva, que é o que David Ausubel chamou, precisamente, de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000; MORETTO, 2009; MOREIRA, 2011).

O ensino da história não é a única solução para o desenvolvimento das habilidades e competências ressaltadas pelo PCN, mas auxilia na construção sequencial e lógica da aparição e definição de conceitos utilizados hoje em dia. Mas o aspecto histórico educacional deve ser trabalhado de forma cautelosa, para que não ocorram reduções conceituais ou deformações de natureza histórica ao longo da apresentação da formulação conceitual. Ainda que o seu uso possa ser um auxílio metodológico para o processo educacional, ele deve ir além de uma simples contextualização ou de um elemento puramente motivacional. O uso da história da ciência, na sala de aula, deve ser capaz de gerar contribuições que possibilitem o aprendiz humanizar as ciências a partir do contrabalanceamento dos aspectos puramente técnicos com os sociais, humanos e culturais; sendo um instrumento propulsor de pensamentos críticos (MATTHEWS, 1995; PCN, 1997; PCN +, 2009). Além disso, ao utilizarmos essa metodologia como pilar, nos preocupamos em realizar as adaptações necessárias (históricas e linguísticas) para atingirmos os objetivos educacionais com nossas turmas. Por fim, também tentamos fazer o aluno pensar, questionar, criar hipóteses próprias e, só posteriormente, apresentar a resposta para as suas perguntas. É preciso ficar claro, com tudo, que não estamos implementando uma proposta de aprendizagem por descoberta, pois, em nenhum momento, requeremos que os alunos descubram as respostas corretas, com base em suas próprias investigações.

Com o âmago do produto decidido e consolidado, fomos desenvolvendo as outras atividades, que são extremamente necessárias para a compreensão total do fenômeno da indução eletromagnética. Optamos pela utilização de diferentes metodologias educacionais na confecção das diferentes atividades, uma vez que cada estrutura cognitiva apresenta características particulares e desejamos maximizar o sucesso na aplicação do produto (AUSUBEL, 2000; MORETTO, 2009; MOREIRA, 2011; RIBEIRO, 2016).

Essa dissertação foi estruturada em seis capítulos. No capítulo 2 apresentamos a nossa fundamentação teórica. Desenvolvemos esse trabalho a partir da teoria ausubeliana da aprendizagem significativa e do uso da história da ciência em sala de aula, nos baseando principalmente nas concepções de Matthews (1995). Ou seja, é feita a apresentação de alguns elementos teóricos em que nos orientamos nas perspectivas de teorias de aprendizagem e de conceituação histórica do eletromagnetismo.

O detalhamento do produto educacional é feito no capítulo 3. Nosso produto consiste em uma sequência didática pautada no ensino da indução eletromagnética para o 9º ano do ensino fundamental. Diferentes recursos metodológicos foram utilizados na confecção das atividades desse produto, tais como: uma plataforma tecnológica para a aplicação da avaliação prévia; o uso de uma linha do tempo virtual; aulas expositivas tradicionais (quadro e giz); aulas práticas e uma avaliação posterior dividida em duas partes: um jogo de tabuleiro e uma avaliação escrita tradicional. O relato da aplicação do produto foi apresentado no capítulo 4.

No capítulo 5 são feitas as análises a respeito dos dados coletados durante a aplicação dessa sequência didática. Em relação à avaliação prévia, fizemos uma análise baseada nas médias obtidas por cada aluno de cada uma das turmas. As respostas aos roteiros da atividade do laboratório (manipulação dos experimentos de Faraday) foram analisadas de acordo aquelas que mais apareceram, sendo importante ressaltar que essa atividade foi feita em grupo, assim, a quantidade de dados coletados é menor. E por último, analisamos a avaliação posterior, somente a parte da avaliação somativa. O jogo não pode ser avaliado precisamente, pois os alunos ao serem contagiados pelo benéfico espírito competitivo, ao longo da prática dessa atividade, esqueceram-se de preencher, ou preencheram sem muito detalhamento, a *Ficha de Desempenho* do jogo.

Nossas considerações a respeito da confecção e aplicação desse trabalho estão expostas no último capítulo dessa dissertação, capítulo 6.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O que é aprendizagem? Essa é, provavelmente, a pergunta inicial que motiva profissionais que trabalham na área de educação quando estão em busca de novos recursos de aprendizagem ou almejam incrementar os já utilizados; isto, pois vislumbram a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Para muitas pessoas, aprender é adquirir informações. Outras assumem que a aquisição de informações é o que ocasiona a mudança de comportamento, que geralmente estamos acostumados a associar ao aprendizado. Para Lefrançois (2008), a aprendizagem é definida como toda mudança relativamente permanente no potencial de comportamento, que resulta da experiência.

Como a aprendizagem envolve mudanças no comportamento advindas das experiências vividas pelo ser humano, alguns estudos da psicologia da aprendizagem têm como embasamento para criação de suas teorias, as observações comportamentais. Sendo esses estudos feitos pela psicologia a partir da organização de observações, hipóteses, opiniões, leis, princípios e conjecturas feitos acerca do comportamento humano (LEFRANÇOIS, 2008).

Os processos de aprendizagem podem ser classificados como cognitivo, afetivo e psicomotor. A aprendizagem cognitiva é responsável por armazenar organizadamente as informações recebidas na estrutura cognitiva do aprendiz. A afetiva é resultado de sinais internos de cada indivíduo, por exemplo, medo, dor, satisfação, alegria. Por último, existe o processo de aprendizagem psicomotora. Neste, o estudante necessita seguir o protocolo de treino e prática para absorver as informações, porém, em alguns casos de aprendizagens por intermédio desse processo, é necessário obter características da aprendizagem cognitiva para que ela surta efeito (MOREIRA, 2011). Esses processos de aprendizagem tendem a se expressar sincronicamente, se correlacionando de acordo com a necessidade de cada atividade, em particular.

2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel apresenta um viés predominantemente cognitivista. Isso significa que ela se concentra no processo de aquisição de informações, o qual resulta na alteração da estrutura cognitiva prévia em virtude de sua ligação com as informações adquiridas. Isso, entretanto, não significa que essas alterações ocorrem sem a vontade e a necessidade de aprender expressada por cada indivíduo.

A estrutura cognitiva é a responsável pelo armazenamento das informações prévias que o indivíduo carrega ao longo do processo de aprendizagem. Esta estrutura deve apresentar uma estabilidade para sustentar novas informações, organizando-as e integrando-as com diferentes temas a fim de se concretizar o processo de aprendizagem significativa. Ao longo desse processo educacional, é esperado que haja alteração substancial na estrutura, de modo que as informações antigas possam ser alteradas mediante a retirada e/ou acréscimo de novas e assertivas ideias a cerca do conteúdo que se almeja ensinar/aprender em questão.

Para que seja feita uma alteração substancial na estrutura cognitiva do aprendiz, é necessário que essa estrutura esteja permeada de ideias relevantes que deem suporte para a estruturação de significados factuais ou psicológicos para o aprendiz. Essas ideias relevantes, também denominadas como conhecimentos-âncora ou subsunçores, devem ser identificadas previamente para que o desenvolvimento da aplicação da teoria ausubeliana possibilite uma melhor eficiência, já que este fator é o determinante para realização do processo de aprendizagem significativa de Ausubel.

Além do conhecimento prévio, é necessária a utilização de algumas ferramentas, como os organizadores prévios e os materiais potencialmente significativos. Os primeiros têm como principal característica serem um material introdutório que apresentam o conhecimento a ser estudado de uma forma estruturada. Este deve ser apresentado antes do material de aprendizagem potencialmente significativo em si. Sua principal função é possibilitar que o estudante relacione o conhecimento-âncora e o conhecimento que lhe será submetido, posteriormente. Este deve ser construído de forma que auxilie na modificação do indivíduo, tornando a aprendizagem mais viável, a

partir do uso de um material significativo posterior (MOREIRA, 2011; RIBEIRO, 2016). O material potencialmente significativo varia de indivíduo para indivíduo, devido às diversidades existentes entre suas estruturas cognitivas. Este material é caracterizado como potencialmente significativo quando é capaz de realizar alterações na estrutura cognitiva do indivíduo que perdurem por um longo período de tempo.

A aprendizagem apresentada, após a aplicação dos processos propostos pela teoria ausubeliana, pode apresentar indícios que a comprovem ao se realizar a exposição do indivíduo a novas situações-problema. Nessas situações, deve ser necessário que o indivíduo aplique os conhecimentos recentemente adquiridos de uma forma não mecânica, ou seja, não fazendo uso apenas de informações meramente decoradas. Para isso, é importante que o indivíduo crie modos de resolução de problemas diferentemente das respostas automatizadas tradicionais, de modo a provar que os conhecimentos-âncora foram alterados de forma aprofundada, possibilitando ao próprio estudante o desenvolvimento de soluções e questionamentos acerca de novas situações-problema.

Essa metodologia tem como compromisso investir na aprendizagem por recepção, por acreditar que esta é a forma pelo qual os aprendizes aprendem mais rápida e eficientemente. Possibilitando o desenvolvimento de novas habilidades, de forma que ao modificar a estrutura cognitiva do indivíduo, a sua capacidade cognitiva se altera e proporciona ao aprendiz a aquisição das habilidades de melhor interpretação, escrita, lógica e julgamento (PCN +, 2009), resultando em uma provável melhoria no desenvolvimento intelectual do indivíduo.

2.1.1 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O principal processo de aprendizagem significativa é por recepção. Este é responsável por gerar a aquisição de novos significados a partir de um material de aprendizagem que é apresentado ao aprendiz ao longo de toda uma sequência didática. Este material é responsável por permitir a assimilação dos novos conceitos, potencialmente significativos, às ideias relevantes já presentes na estrutura cognitiva.

Para que esse processo, possivelmente, seja realizado com eficácia, alguns elementos são necessários: (1) analisar o conteúdo da estrutura cognitiva a qual

queremos que seja transformada; (2) apresentar as relações entre as novas ideias a serem ensinadas e as já existentes na estrutura cognitiva; (3) e realizar a reformulação do material de aprendizagem em relação aos aspectos identificados na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa última necessidade é resultado das particularidades de cada indivíduo, que determinam que o material potencialmente significativo deve ser adequado. Uma adaptação importante a ser feita é a respeito da linguagem utilizada no processo de ensino aprendizagem. Esta deve estar de acordo com a idade, maturidade educacional e aprofundamento que se deseja atingir ao longo desse processo (MOREIRA, 2011; RIBEIRO, 2016).

É importante ressaltar que além da adequação que Moreira (2011) se refere, outra maneira de se lidar com a linguagem no processo de ensino-aprendizagem, pode ter a ver com a metodologia de ensino de que se está utilizando. Por exemplo, no nosso caso, vamos nos utilizar da história como ferramenta pedagógica. Dessa forma, é notória a importância da adequação da linguagem. O modo que certos conceitos são expressos, por exemplo, linhas de força para referir-se ao conceito de campo, fazem diferença na hora da reconstrução-histórico-conceitual no processo de aprendizagem. Essa diferença impacta não somente o mediador desse processo (professor), mas também para o aprendiz que estará sendo diretamente exposto a um processo de desenvolvimento cognitivo.

O processo de aprendizagem por recepção, não significa dizer que o aprendiz executará um papel meramente passivo. É necessário que ele apresente algumas ações e reflexões, as quais são resultados da sua vontade e necessidade de aprender. Para facilitar essas ações e reflexões é necessária uma cuidadosa organização de um material potencialmente significativo, seja ele estritamente teórico ou que também contemple atividades práticas.

No processo de aprendizagem por recepção pode haver a aprendizagem significativa por duas vertentes: derivativa ou correlativa. No primeiro modo, o aprendiz utiliza de materiais que exemplifiquem ou apoiem uma ideia já existente na sua estrutura cognitiva. Já no segundo modo é necessário que ele seja exposto a processos de elaboração, modificação ou qualificação de ideias anteriormente aprendidas (AUSUBEL, 2000).

A aprendizagem significativa por recepção é dividida em três tipos: representacional, conceptual e proposicional. O processo de aprendizagem significativa representacional assemelha-se ao processo de aprendizagem mecânica, pois esta é responsável por atribuir nomes aos conceitos. Ao realizar a atribuição de significados aos símbolos arbitrários, estes podem apresentar-se como significativos se relacionados aos conhecimentos prévios do aprendiz. No ensino do eletromagnetismo, os alunos necessitam saber, por exemplo, que “q”, “i”, “U” são símbolos que representam grandezas físicas. Essas grandezas se relacionadas, corretamente, podem gerar a conceituação de novos fenômenos, que novamente devem ser apresentados a partir de novos símbolos.

Esse processo de aprendizagem pode ser significativo, pois as equivalências representacionais podem relacionar-se de uma forma não arbitrária. A relação se comprova quando os aprendizes são colocados em teste para verificação da aprendizagem, e as suas respostas são corretas mesmo sem ater-se a uma única palavra, que atribui significado àquele símbolo. O aprendiz é livre para explicar o símbolo a partir da sua funcionalidade, por exemplo, e caso sua resposta esteja correta, evidencia-se um processo bem-sucedido de aprendizagem. Por exemplo, o aluno ao se deparar com o símbolo “i”, não precisa, necessariamente, identifica-lo somente como o nome “corrente elétrica”. Ele pode apresentar a relação entre fluxo de carga e tempo, expressando o seu entendimento pelo significado do símbolo baseado na formulação do conceito.

Outra forma de aprendizagem por recepção é a conceptual. Nesse estágio da aprendizagem, os conceitos podem ser definidos como objetos, acontecimentos, fenômenos e/ou funcionalidades que possuem o mesmo símbolo. Este é um processo que pode se repetir sucessivamente até realizar uma associação que dê um sentido concreto ao conceito apresentado, ou seja, realizar uma assimilação conceitual. Para um entendimento concreto do fenômeno da indução eletromagnética, o aluno necessita realizar a associação de vários conceitos previamente vistos a fim deixarem de ver o “i”, “u”, “B”, “E”, dentre outras representações, como apenas símbolos. Ao dar significado para essas representações, elas passam a ser vistas como componentes essenciais para a expressão e explicação de um fenômeno. Dependendo do aprofundamento atingido pelo aprendiz na construção dos conceitos, é possível até que seja feita a análise de uma aplicação prática do dia-a-dia do fenômeno em questão.

Uma excelente situação para induzir o aprendiz ao processo de assimilação conceitual é a partir de experiências diretas. Essas experiências estão presentes ao realizar contato teórico ou prático com a ideia que se almeja ancorar na estrutura cognitiva. Também sendo possível quando há a formulação de hipóteses durante aulas que apresente a característica de instigação à busca de respostas. É importante ressaltar que as atividades prática, referidas acima, são práticas educacionais em que os alunos são mais livres para executar a atividade, sem o engessamento presente em um roteiro inteiramente explicativo, que na maioria das vezes, impossibilitam a criação de hipóteses. No produto educacional elaborado existem atividades experimentais nas quais os alunos se baseiam em um roteiro que os questionam. De fato, mesmo ao seguir o passo-a-passo proposto, é possível que os próprios estudantes desenvolvam as suas respostas. É importante lembrar que essa fase experimental do processo de ensino-aprendizagem não se concentra na distinção da conceituação física como certa e errada, mas sim, como uma oportunidade para a primeira relação entre os subsunçores e os fenômenos presenciados naquela atividade.

A última subdivisão da aprendizagem significativa por recepção é a proposicional. Esse processo tende a instigar a aprendizagem e a recordação dos significados a partir de resolução de problemas verbalmente ou por descoberta. Os significados são apresentados como a combinação de palavras em frases ou uma representação gráfica. Por exemplo, na aprendizagem do eletromagnetismo o aluno pode apresentar a explicação conceitual a partir da interpretação de frases. Na aplicação do produto educacional, foi solicitada a interpretação e explicação dos estudantes a respeito da frase *“o movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio”*. A explicação pela aprendizagem proposicional também pode ser feita a partir de esquemas como representações vetoriais ou gráficas.

2.1.2 ELEMENTOS DA TEORIA AUSUBELIANA

A aprendizagem significativa apresenta-se como um importante mecanismo para o armazenamento de ideias e sua utilização posterior. Como já dito anteriormente, o fator determinante para o desenvolvimento desse processo de aprendizagem são os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

“Novas ideias e informações podem ser apreendidas e retiradas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.” (MOREIRA, 2011)

Os subsunçores são os conhecimentos prévios que serão usados como base para o desencadeamento de um processo de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011). Caso não haja conhecimentos prévios acerca do tema em questão, é necessário recorrer para a aprendizagem mecânica (aprendizagem psicomotora) para a criação de um subsunçor. Pois, esse conhecimento pode sofrer mutação em virtude de uma posterior aprendizagem significativa e se tornar uma informação mais sofisticada na estrutura cognitiva do indivíduo. Essa informação pode ser utilizada em diferentes contextos para os quais ela for cabível, diferentemente, de quando ela foi gerada (MOREIRA, 2011; RIBEIRO, 2016).

Na idade escolar, o indivíduo é suscetível à aprendizagem significativa por provavelmente já apresentar uma numerosa quantidade de conhecimentos prévios. Por essa decorrência, a maioria dos novos conceitos é adquirida e sedimentada pelos processos de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos.

Para uma intervenção didático-pedagógica baseada na teoria ausubeliana dois elementos são considerados obrigatórios. Este processo é dependente da identificação dos subsunçores e da apresentação de um material potencialmente significativo. Uma vez realizada a aprendizagem significativa, o indivíduo deve ser capaz de conectar, qualificar ou estender os conceitos antigos para que venham apresentar novos significados. Esses novos significados devem ser mais completos que os anteriores, ou até mesmo corrigidos em relação aos significados dos conceitos que estava presentes na estrutura cognitiva.

Outro elemento que desempenha um papel bastante relevante dentro da teoria ausubeliana, é o organizador prévio. Esse elemento é responsável por realizar uma apresentação preliminar do que será aprendido e relacionar esse novo conceito com os já existentes na estrutura cognitiva do estudante, fazendo com o que o ensino dos novos conceitos não fiquem desconexos.

Na confecção dessa sequência didática, o nosso organizador prévio foi apresentado como uma linha do tempo que contempla desde os primeiros estudos e descobertas em eletromagnetismo, que influenciaram a descoberta sobre a indução eletromagnética, até um breve resumo dos trabalhos de James Maxwell. Esse material abrange os conceitos físicos que foram prospectados na avaliação prévia: carga elétrica, corrente elétrica, campos elétrico e magnético. Um dos seus objetivos é de proporcionar uma apresentação, contextualizadas, dos conceitos que, possivelmente, já estão sedimentados (carga elétrica e corrente elétrica). Também deve apresentar, previamente, conceitos que serão trabalhados ao longo da aplicação desse produto educacional (campos elétrico e magnético e indução eletromagnética). Desempenhando o papel principal de ligação entre os conceitos já sedimentados e os previamente apresentados, possibilitando ao aluno uma melhor compreensão do fenômeno da indução eletromagnética.

A escolha de cada informação histórica que compõe o organizador prévio (linha do tempo) foi feita de forma a se relacionarem linearmente com os conceitos físicos centrais a serem trabalhados ao longo da sequência didática. Evitando trazer informações que apesar de muito importantes para o desenvolvimento do eletromagnetismo, não apresentam contribuição significativa para o processo de ensino-aprendizagem a que o estudante será submetido ao longo da aplicação desse produto educacional.

Sequencialmente a identificação dos conhecimentos prévios e a exposição do aluno a um material que possibilite a introdução e conexão desses subsunçores às novas ideias que a sequência didática visa trabalhar (organizador prévio), o indivíduo é exposto ao material potencialmente significativo que tem como objetivo principal ancorar um novo conhecimento na sua estrutura cognitiva.

Na confecção dessa sequência didática, o material potencialmente significativo contempla diversas metodologias que possibilitam a integração entre história, teoria e experimentação. Essa variedade metodológica apresenta como finalidade atingir o maior número de alunos possíveis, de forma potencialmente significativa. Essa busca por diferentes metodologias é fundamentada na concepção de que cada indivíduo apresentar no seu processo de ensino-aprendizagem uma singularidade, o que implica que nem todo material seja significativo para ele. Como esse trabalho foi elaborado para a

aplicação em mais de 60 alunos, é inviável trabalhar a particularidade de cada aprendiz, por isso, diversificar as metodologias para o ensino do conteúdo de eletromagnetismo pareceu a solução mais viável para tentar atingir o maior público de estudantes possíveis.

Quando o aluno é exposto a um novo assunto, ele está diante de uma grande quantidade de conceitos que se relacionam de forma a explicar/demonstrar os fenômenos a eles associados. Porém, é necessário que o estudante seja capaz de diferenciar esses conceitos. Esse processo ocorre, tipicamente, ao longo de uma intervenção ausubeliana de aprendizagem, e é chamado de diferenciação progressiva.

A diferenciação progressiva, a partir da apresentação de conceitos gerais, realiza especificações e distinções de cada um dos conceitos que quando, posteriormente, integrados explicam o fenômeno geral. Por ser um processo de alteração cognitiva muito mais abrangente e sofisticado, a diferenciação progressiva capacita o indivíduo a aplicar o conceito em uma situação diferente da que ele foi inicialmente apresentado. Isso significa que, após uma exposição isolada de cada conceito, ele deve ser capaz de integrar todos os conceitos para explicar o conceito geral. Esse fato, se concretizado, poderá ser considerado um indício de aprendizagem significativa.

Um processo inverso à diferenciação progressiva é a reconciliação integrativa. Este último deve ser responsável por capacitar o aluno a explicar um conceito geral, a partir, de conceitos particulares, ao relacioná-los. A reconciliação integrativa, quando presente em uma intervenção ausubeliana de aprendizagem, é importante por expor o aprendiz a novas ideias que inicialmente não apresentam relação com seus conhecimentos prévios que, posteriormente, passarão a se relacionar mediante uma reorganização mais profunda na sua estrutura cognitiva.

2.1.3. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA VERSUS APRENDIZAGEM MECÂNICA

Como já explicitado nesse capítulo, caso o aprendiz não apresente uma bagagem mínima de conhecimentos prévios, é necessário criá-los. A sua criação, na maioria das circunstâncias, é feita pela aprendizagem mecânica que consiste no processo de

memorização. Sendo esse o evento inaugural de uma série de eventos de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000). Apesar de que as aprendizagens mecânicas e significativas não acontecem desvinculadas, pois uma sequência didática pautada em características ausubelianas, não é impedida de apresentar atividades de caráter mecânico. Por exemplo, a realização de resolução de exercícios de cálculo ou teóricos que remetem ao estímulo pergunta-resposta. Essa atividade não invalida o processo de ensino-aprendizagem na construção duradoura dos significados. Além disso, em um processo de ensino-aprendizagem, o indivíduo é submetido as aprendizagens mecânica e significativa simultaneamente. A definição das suas proporções, presentes em cada processo de aprendizagem, depende de cada indivíduo, singularmente.

Anteriormente à apresentação dos conceitos de “campos elétrico e magnético” neste trabalho, os alunos tiveram contato (no ano anterior a essa aplicação) com alguns conceitos físicos fundamentais para o entendimento preliminar de processos eletromagnéticos: carga elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e diferença de potencial elétrico. Esse processo teve um caráter, predominantemente, mecânico, em que lhes foi possibilitada a aquisição dos conceitos físicos decorrentes dos processos eletrodinâmicos, porém não foi lhes proporcionado um aprofundamento teórico para o relacionamento imediato desses conceitos com questões diferentes das do ambiente de aprendizagem escolar.

Os conhecimentos prévios decorrentes da aprendizagem mecânica e do processo de memorização podem ser relacionados com a estrutura cognitiva, porém ocorrem de forma arbitrária e literal. Dessa forma é inviável utilizar sinônimos ou aprimorar o conceito, pois a estrutura cognitiva não foi estimulada a essa ação. Outro fator que deve ser levado em consideração é que o estudante provavelmente desempenhará as atividades baseando-se em um significado literal, sem grandes possibilidades de interiorizar tarefas complexas, dessa forma, retêm apenas informações inerentes às tarefas mais simplórias, que ficarão retidas na sua estrutura cognitiva por um curto período de tempo. Assim, a aprendizagem passa a ser, evidentemente, limitada e os significados “adquiridos” são transitórios ao se tratar do conteúdo “aprendido”.

O novo conhecimento, que ainda não está suficientemente conegtdo com os demais conceitos presentes na estrutura cognitiva, é suscetível a fáceis mudanças ao ser exposto às interferências externas. Isso pode ocasiona uma diminuição ou confusão no

entendimento do conceito que foi “aprendido”, tornando-o instável, e até implicando, possivelmente, um esquecimento mais rápido (MOREIRA, 2011; RIBEIRO, 2016).

Para a aplicação desse produto, foi feita uma avaliação prévia com o objetivo de tentar identificar os possíveis subsunçores: carga elétrica, corrente elétrica e campos elétrico e magnético. Esse processo possibilitou a verificação de que os conceitos trabalhados mecanicamente no ano anterior não apresentaram significado duradouro. Da mesma forma, alguns alunos demonstraram não serem capazes de empregá-los em situações diferentes das quais foram apresentados. Esses fatos nos induziram a corroborar que a aprendizagem mecânica pode ser o primeiro passo para um processo de aprendizagem significativa, porém não sedimenta uma ideia na estrutura cognitiva do indivíduo a ponto de gerar uma alteração na capacidade cognitiva capaz de proporcionar ao aprendiz a aquisição das habilidades de melhor interpretação, escrita, lógica e julgamento a respeito do conceito criado mecanicamente (PCN +, 2009).

O esquecimento também pode ocorrer após um processo de aprendizagem significativa, porém mais tardiamente, pois, como já exposto aqui, a aprendizagem significativa apresenta como uma das suas características a capacidade de retenção de conhecimento por um longo período de tempo. A ocorrência desse fenômeno é espontânea e gradual e envolve a dissociação dos novos significados que foram adquiridos das ideias originais que fizeram parte do processo de subsunção.

2.2 O PAPEL DA HISTÓRIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA

Ao contrário das disciplinas como filosofia e literatura, que consideram a utilização da história de suma importância para auxiliar na construção dos conceitos necessários para um sólido entendimento do conteúdo em questão, as ciências raramente fazem uso da história na sua prática do ensino. Entretanto, quando se faz uso da história, ela é apresentada como algo vazio, decorrente de processos de despersonalização e descaracterização, ao ser transportada para o ambiente escolar. Estes processos tornam questionável a própria atividade de ensinar/aprender ciências, já que elas são

apresentadas como processos estáticos e absolutos, passando a sensação de que não podem evoluir à medida que a sociedade também evolui (LANGEVIN, 1992).

Para solucionar esse engessamento no ensino das ideias científicas, é importante a introdução do aluno a um ensino centrado no desenvolvimento da ciência. Essa introdução deveria ser feita a partir da análise histórica, que permitirá que o estudante entenda as teorias criadas ao longo de toda história, sem dogmatismo ou certezas definitivas. De modo que seja possível que o aluno deixe de ser refém de uma educação científica que se resume em: apresentação de leis, que são traduzidas pelas fórmulas; e a apresentação da sua serventia, exclusivamente, na utilização para resolução de questões de estímulo pergunta-resposta e/ou aspectos da manipulação algébrica (PCN +, 2009; LANGEVIN, 1992; TAVARES, 2010). Essa nova visão da ciência é capaz de resgatar a sua perspectiva de causa e efeito no desenvolvimento de atividades humanas e sociais. Essa nova visão também é capaz de favorecer o bem-estar do indivíduo, na medida em que a ciência avança (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1990; PCN +, 2009).

Para que seja feita a utilização da história da ciência de forma eficaz, é importante que ela seja adaptada para a faixa etária e maturidade educacional dos estudantes, além de estabelecer qual o grau de aprofundamento deseja-se atingir em relação ao conteúdo didático escolhido para realizar a aplicação dessa metodologia (MATTHEWS, 1995; TAVARES, 2010). Ao realizar essas adaptações, é importante que essa metodologia não se restrinja a “contar histórias”, servindo meramente como ilustração do conteúdo exposto. É importante ressaltar que a história que é simplesmente narrada, como uma sucessão de eventos, e não é acompanhada de questionamentos e reflexões, não passa de elemento motivacional do processo de ensino e aprendizagem. Um ensino centrado no desenvolvimento histórico deve ser capaz de apresentar, em primeira análise, a subjetividade dos pensamentos para a construção de um conceito e o seu impacto na sociedade científica e na sociedade em geral. Dessa forma, cabe ao professor determinar quando e como trabalhará a perspectiva histórica, de forma eficaz para atingir os seus objetivos didáticos-pedagógicos, já que ele é detentor do conhecimento a ser construído com os estudantes e mediador/organizador para apresentação dos fatos históricos aos estudantes (TAVARES, 2010).

Elementos motivacionais são importantes, mas, no caso de cumprir apenas esse papel, outros recursos poderiam substituir a história com igual ou até maior efetividade, a depender do objetivo do professor em relação àquele conteúdo. Pior ainda, “contar histórias”, nesse sentido, pode passar a ser um processo equivocado, pois as histórias

passam por tantos cortes e “transformações” ao serem expostas em livros, que acabam sendo retratadas de forma superficial e algumas vezes errôneas (MATTHEWS, 1995).

A utilização correta de uma metodologia de ensino associada à história da ciência, para realizar a transposição de conhecimentos, implica em uma competência didática que pode gerar resultados significativos no processo de ensino e aprendizagem do estudante. A utilização da história e da filosofia no ensino de ciências pode apresentar contribuições tais como: a humanização das ciências a partir do contrabalanceamento dos aspectos puramente técnicos com os sociais, humanos e culturais; a transformação das aulas em momentos de reflexão, tornando-as propulsoras de pensamentos críticos; a superação da falta de significado das expressões matemáticas e uma maior compreensão da estrutura das ciências, através do conhecimento de ideias, temas, problemas, argumentos e aparelhos hoje esquecidos/desconhecidos. Assim, o professor deixa de ser apenas um transmissor de conteúdos e passa a ser também um transmissor de concepções modernas do que é ciência (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1990; LEFRANÇOIS, 2008).

A discussão pela inclusão da história da ciência nos currículos de ciências e no ensino de ciências no ensino básico tornou-se presente ao longo de todo o século XX. Em 1917, a *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) desenvolveu um produto no qual a ciência era apresentada com um viés de favorecimento ao desenvolvimento do bem estar humano. Um dos grandes projetos de ensino de história da ciência do século XX foi o *Projeto Harvard* (TAVARES, 2010). Ele enveredou pelo caminho da apresentação de concepções históricas e do incentivo da sua compreensão e aprendizagem. Além dessa motivação original, outras motivações que também levaram à utilização do projeto, no Brasil, foram: as tentativas de se evitar a evasão dos estudantes dos anos equivalentes aos ensinos fundamental e médio, no sistema educacional brasileiro; atrair mulheres para os cursos de ciências; desenvolver a habilidade de raciocínio crítico; e elevar a média de acertos alcançada em avaliações (PENA, 2009).

Diversos autores pelo mundo argumentam a favor do uso da história e da filosofia como uma metodologia capaz de despertar o lado científico dos alunos, ao longo da sua educação básica. Mesmo que esse interesse não seja despertado, é importante que o aluno seja apresentado a ciência como um elemento pertencente à cultura universal. Além de possibilitar um entendimento das relações de causalidade cientificamente articuladas, a partir das próprias experiências quotidianas do estudante

com o mundo. Isso possibilita a compreensão de como a ciência e a tecnologia permeiam o pensamento humano e como influenciam as nossas formas de pensar e de agir. Ou seja, a história da ciência é, também, um instrumento para compreender melhor a história, mais geral, do desenvolvimento humano e nossas heranças culturais (MARTINS, 1990; PCN +, 2009).

2.3. FENÔMENO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Em 1820, Hans Christian Oersted inaugurou os estudos em eletromagnetismo. Até aquele momento, não se conhecia a relação entre fenômenos elétricos e magnéticos, mas Oersted observou que ao passar uma corrente elétrica em um fio em posição horizontal sobre uma agulha imantada (bússola), essa agulha sofria deflexão (MARTINS, 1986; CHAIB, 2007).

As descobertas de Oersted impactaram rapidamente na sociedade científica da época. Um desses impactos foi nos trabalhos de André Marie Ampère. Ele foi capaz de realizar a unificação entre corrente elétrica e magneto. Primeiramente, percebeu que na existência de polos norte e sul, em um magneto, é possível realizar a analogia com correntes fechadas (DARRIGOL, 2000; POLITO, 2006). Assim, supôs que materiais magnéticos eram compostos por correntes eletrônicas moleculares, justificando a conexão entre a eletricidade e o magnetismo.

A explicação de Ampère não agradou Michael Faraday. Faraday, por ser influenciado pelo seu orientador, Humphry Davy, e Oersted, pelos experimentos na área de eletromagnetismo, resolveu ele próprio executar todos esses experimentos e realizar outros de sua própria invenção. Uma de suas invenções foi o Motor Homopolar, que foi crucial por proporcionar à Faraday a compreensão do funcionamento dos experimentos refeitos, além da comprovação da circularidade da ação magnética. Os trabalhos de Faraday foram todos experimentais, de caráter prospectivo, e não meras demonstrações de conceitos teóricos já conhecidos (POLITO, 2016). O trabalho corrobora a ideia de que uma abordagem matemática vai além da formulação de equações (PIETROCOLA, 2002).

As prospecções de Faraday a respeito da conexão dos fenômenos eletrodinâmicos e magnéticos o induziram a reduzir as explicações fenomenológicas a ações de força, que eram emanadas, no espaço, a partir dos polos magnéticos. Essa ideia, posteriormente, se desenvolveu no sentido de concepção das linhas de força. Para Faraday, essa emanção podia ser representada por um mapeamento físico das forças de atração e repulsão estendidas no espaço.

A partir da ideia de emanção de forças, Michael Faraday especulou que a ação magnética era capaz de gerar fenômenos eletrodinâmicos (PROJETO HARVARD, 1969; ROCHA, 2009; POLITO, 2016). Perseguindo essa ideia, em 1831, ele finalmente criou um circuito que comprovava essa hipótese. Ele consistia em um anel metálico enrolado por fios de cobre.

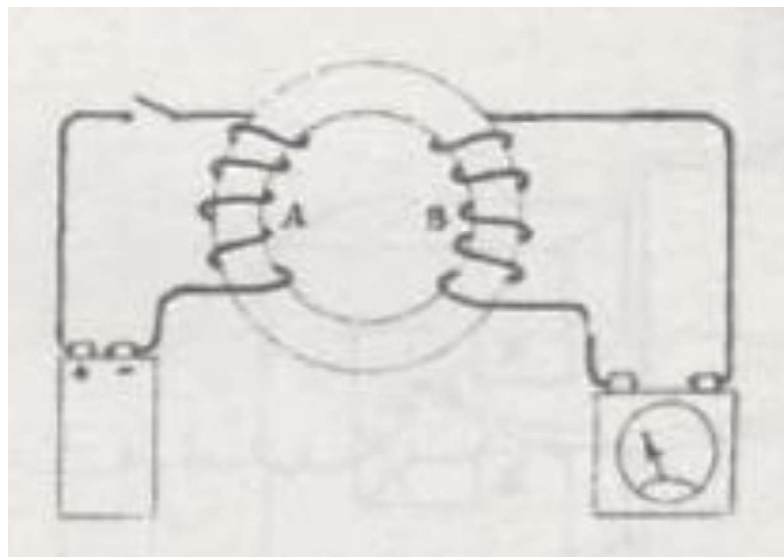


Figura 2.1. Experiência de Faraday. (Fonte: Projeto Harvard de Física)

Ele observou que no momento em que o circuito primário (enrolamento do fio em forma de bobina na região A) era ligado, uma corrente elétrica era induzida no circuito secundário (enrolamento do fio em forma de bobina na região B) e que, ao desligar o circuito primário, uma nova corrente era induzida no circuito secundário, ou seja, uma corrente em sentido contrário. Repetiu esse experimento com algumas alterações: sem o anel metálico e sem uma das bobinas. No primeiro caso, percebeu que a indução de uma corrente elétrica ocorria mesmo quando entre as bobinas só houvesse ar. No segundo caso, introduziu uma barra metálica no interior da bobina ligada ao

amperímetro, e a partir do movimento relativo (aproximação e afastamento) entre a barra e a bobina, observou a geração de corrente elétrica.

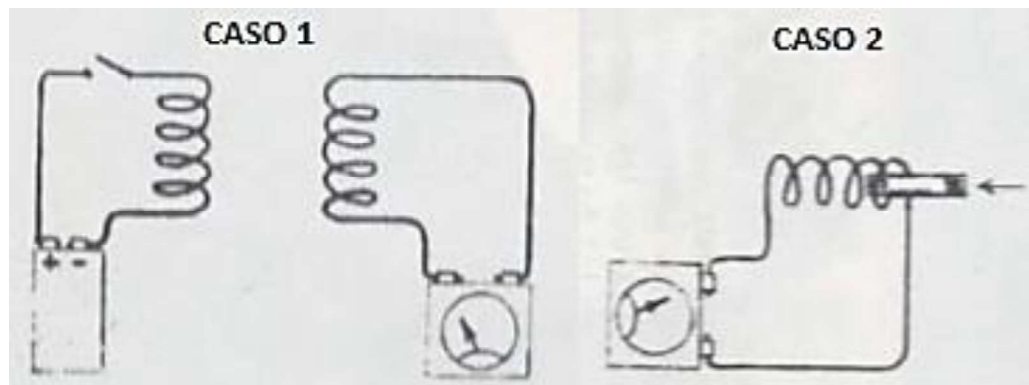


Figura 2.2. Experiências de Faraday. (Fonte: Projeto Harvard de Física)

A partir desses experimentos, Faraday descobriu o fenômeno da indução eletromagnética e realizou a sua explicação por meio do seu conceito de linhas de força. Nas palavras de Faraday, a indução eletromagnética ocorre quando *“um circuito condutor aberto se move de tal forma que corte uma linha de campo magnética, uma potência é requisitada para agir, tendendo a produzir uma corrente elétrica através dele”*.

2.3.1 O MOTOR HOMOPOLAR

O Motor Homopolar construído por Michael Faraday, foi construído como na figura 2.3.

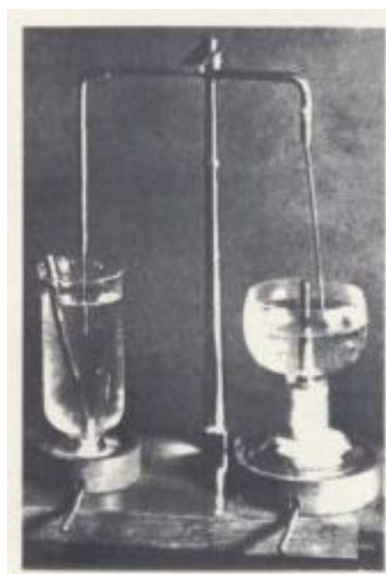


Figura 2.3. Motor Homopolar de Faraday (Fonte: Projeto Harvard de Física)

Modernamente, uma maneira de entender a rotação da haste de metal em torno do ímã é através da Força de Lorentz, que atua transversalmente ao fio que passa a corrente elétrica. Ao contrário do que alguns cientistas pensavam na época, esta força não era proveniente de forças de atrações e repulsões entre os componentes do aparato experimental. A força de Lorentz gera um torque no fio fazendo com que este se movimente circularmente em torno do seu eixo com uma velocidade angular.

“Faraday explicou o que queria dizer: o motivo básico da rotação do ímã em torno de seu eixo não seria a existência de correntes circulares em seu interior, mas sim uma interação entre a corrente elétrica que passa por ele e os polos magnéticos do próprio ímã.” (Dias e Martins, 2004)

Uma visão alternativa, mas completamente equivalente àquela baseada na força de Lorentz, é a seguinte: podemos dizer que o fio condutor gera um campo magnético circular ao seu redor, e o campo magnético do fio interage com o campo magnético do ímã, produzindo um torque sobre o fio, portanto a sua rotação. O fio de corrente sofre o torque em razão da tendência do ímã se alinhar com o campo magnético produzido pelo fio. Como o ímã está fixo, o fio de corrente é forçado a se movimentar de modo, causando um movimento circular, ou seja, o mesmo das linhas de força do ímã.

2.3.2 O DISCO DE FARADAY

Seria possível produzir uma corrente durável por indução eletromagnética? Para isso Michael Faraday se aproveitou da experiência do disco de Arago e fez uma construção similar, pois Faraday já havia obtido eletricidade por ímãs permanentes, assim acreditou que seria possível construir uma máquina elétrica (GUEDES, 1996; PROJETO HARVARD DE FÍSICA, 1969).

Faraday fez a construção de um disco-dinamo como na figura 2.4. Um disco de cobre entre dois polos magnéticos fixos. Para manter o contato entre o disco de metal e as outras extremidades que deverão ser ligadas a um galvanômetro, Faraday colocou condutores de cobre e de latão, de espessura menor que o diâmetro do disco. Quando esses condutores estavam em contato com o disco, fechavam um circuito, gerando uma

corrente elétrica. Observe que a corrente elétrica só permanece enquanto houvesse movimento do disco em relação aos polos dos ímãs, pois, desse modo, podemos dizer que ocorre o fenômeno da indução eletromagnética (GUEDES, 1996).

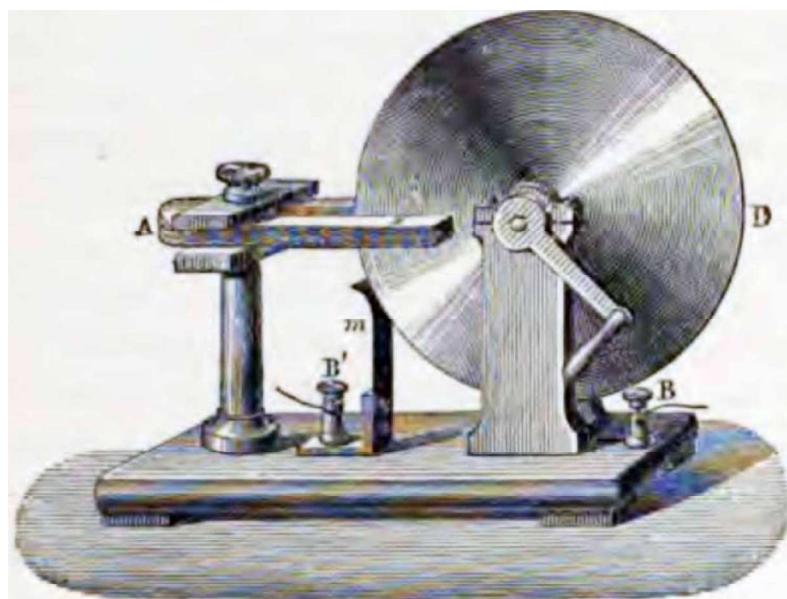


Figura 2.4. Disco Dínamo de Faraday (Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000400407)

A motivação da invenção do disco dínamo veio do experimento de Oersted e do motor homopolar. Faraday já sabia que uma corrente contínua gerava linhas de força magnética ao seu redor, e que se colocássemos essa corrente na presença de um ímã, produzia-se movimento. Então quis comprovar se o fenômeno inverso também era possível.

A explicação de Faraday para esse experimento era baseada no princípio de cortes de linhas de força por um condutor elétrico, conforme mencionado acima, o que induzia a produção de uma corrente elétrica nele.

Por outro lado, a explicação moderna consiste em se considerar o movimento relativo entre o condutor e o magneto. O campo magnético transversal, produzido pelo magneto, atua sobre os portadores de carga do condutor metálico, em rotação, através da força de Lorentz. Essa força gera uma corrente superficial na direção radial da borda do disco para o seu eixo de rotação, ou vice-versa, a depender do sentido da rotação imprimida.

Embora possa parecer, à primeira vista, que o fenômeno do surgimento da corrente elétrica, no disco de Faraday, não esteja ligado com o conceito de indução eletromagnética, essa aparência é errônea. De fato, o elemento mais importante, no que se refere ao fenômeno de indução eletromagnética, é a ideia do movimento relativo entre condutor e campo magnético. Nesse sentido, se observarmos o mesmo fenômeno considerando-se o referencial em que o disco está em repouso, enquanto o ímã gira ao seu redor, uma corrente elétrica radial aparecerá exatamente da mesma forma. Nesse caso, a explicação para o surgimento da corrente só pode ser fundamentada na ideia de campos elétricos induzidos. De fato, os portadores de carga se movem exatamente sob ação de uma força elétrica induzida, produzida como resultado da variação temporal do fluxo de campo magnético associada ao movimento do ímã.

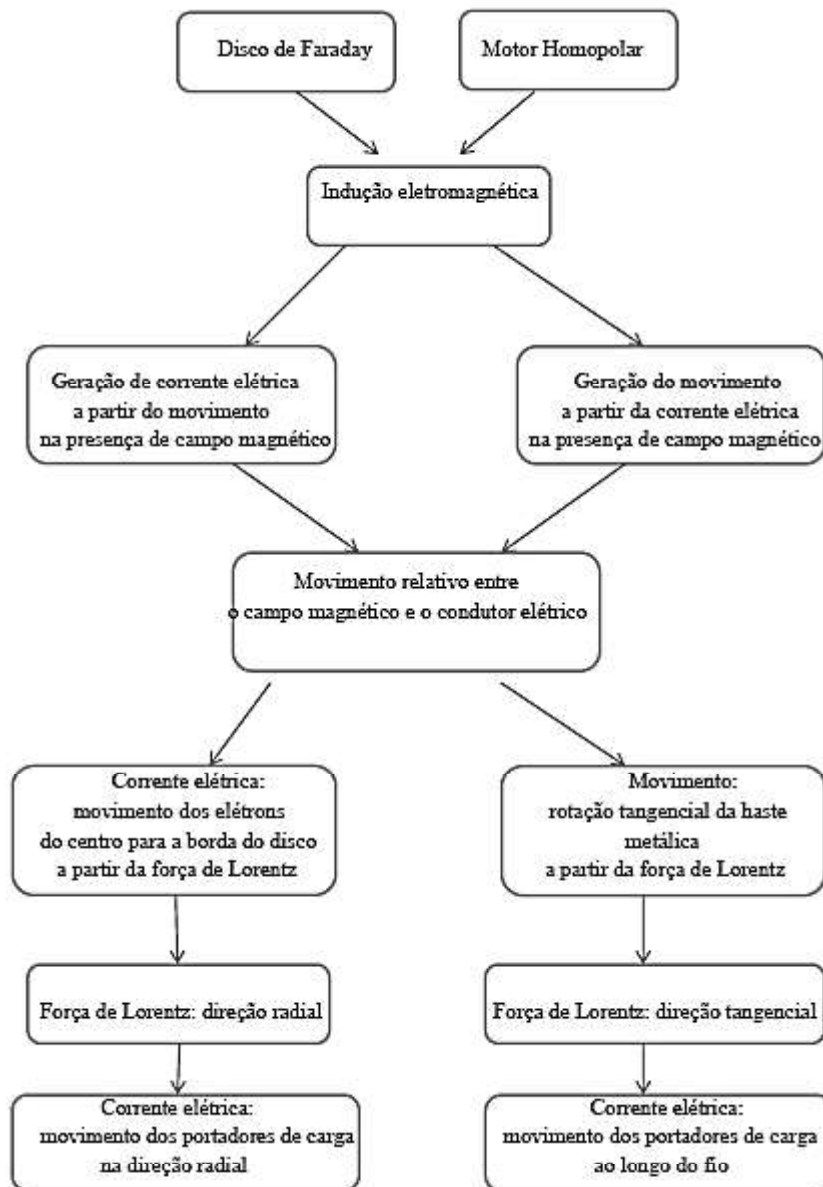


Figura 2.5. Diagrama comparativo entre o Disco de Faraday e o Motor Homopolar.

2.4. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS CONCEITOS DO ELETROMAGNETISMO

As aulas teóricas (Campo magnético: o experimento de Oersted e as linhas de força de Faraday; e Indução eletromagnética na teoria: aula expositiva sobre o funcionamento do Disco de Faraday e do Motor Homopolar) foram construídas baseando-se em nos quadros 2.1 e 2.2 que apresentam, sucintamente, o desenvolvimento de alguns conceitos físicos abordados ao longo da sequência didática.

Vale a ressalva que esse quadro exerceu papel auxiliador para o professor realizar transposições didáticas para os estudantes, e não foram disponibilizados em nenhum momento para a classe.

Quadro 2.1. Conceitos do eletromagnetismo e interpretações no século XIX e XX

CONCEITOS	INTERPRETAÇÕES NO INÍCIO DO SÉCULO XIX (ANTES DE MAXWELL)	INTERPRETAÇÕES NO INÍCIO DO SÉCULO XX (ANTES DE EINSTEIN)
Campo magnético	<p>Oersted: "atmosfera" de conflito elétrico que extravasa do fio condutor em direção a todo o espaço.</p> <p>Ampère: matematicamente: não existe (redução às forças de interação à distância entre correntes elétricas). Fisicamente: especulações sobre um éter neutro espacialmente pervasivo, resultado da combinação entre os fluidos elétricos positivo e negativo, e responsável pela transmissão local das forças elétricas e magnéticas.</p> <p>Faraday: centros de força magnética como elementos primitivos (fundamentais).</p>	<p>Campo de forças por unidade de carga elétrica, espacialmente distribuído de modo que, em cada ponto do espaço, uma carga elementar esteja submetida a uma força em virtude exclusiva de sua posição e de sua velocidade.</p> <p>Parte do campo eletromagnético identificado como repositório de energia cinética.</p>

<p>Geração de fenômenos magnéticos através da passagem de corrente elétrica.</p>	<p>Oersted: a força/matéria negativa (positiva) da "atmosfera" de conflito elétrico age materialmente sobre o polo norte (sul) do magneto.</p> <p>Ampère: a redução dos magnetos a correntes microscópicas implicava a redução dos fenômenos magnéticos à interação entre correntes elementares. Porém, embora Ampère não se utilizasse matematicamente do conceito de ação contígua, ele não acreditava na ação à distância, especulando sobre ação contígua através dos movimentos em um éter eletromagnético, em analogia com as ondas no éter luminífero de Fresnel.</p>	<p>A corrente elétrica é responsável por transmitir ao campo eletromagnético, de modo local e contínuo, energia e momento, os quais, por sua vez, se propagam até os pontos em que produzem efeitos mensuráveis (forças e torques).</p>
--	--	---

Quadro 2.2. Conceitos do eletromagnetismo e interpretações no século XIX e XX

CONCEITOS	INTERPRETAÇÕES NO INÍCIO DO SÉCULO XIX (ANTES DE MAXWELL)	INTERPRETAÇÕES NO INÍCIO DO SÉCULO XX (ANTES DE EINSTEIN)
<p>Geração de corrente elétrica através de fenômenos magnéticos (indução eletromagnética).</p>	<p>Faraday: a movimentação dos pólos magnéticos gerava perturbações que se propagavam pela vibração das linhas de força.</p>	<p>A corrente elétrica é responsável por transmitir ao campo eletromagnético, de modo local e contínuo, energia e momento, os quais, por sua vez, se propagam até os pontos em que produzem efeitos mensuráveis (forças e torques).</p>

3. DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

3.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência de aprendizagem desenvolvida nesse trabalho é voltada para aplicação em turmas de nono ano do ensino fundamental, em um tempo estimado de oito encontros, totalizando 12 horas/aula que foram divididas de acordo com a necessidade exigida por cada parte que compõe a sequência didática (exposição no Quadro 2.1, Capítulo 2). Foi construída para que, a partir do uso de elementos históricos do desenvolvimento do eletromagnetismo, fosse realizada a apresentação sequencial dos conceitos físicos envolvidos no fenômeno da indução eletromagnética.

Essa sequência se baseia principalmente nos temas estudados pelo físico Michael Faraday, tendo como cerne a execução e estudo qualitativo dos experimentos Motor Homopolar e Disco de Faraday. Dessa forma, o produto educacional (Apêndice Único) desenvolvido apresenta um caráter fenomenológico e observacional, sem a finalidade de apresentar o formalismo matemático do eletromagnetismo, mas sim, de explicação qualitativa do fenômeno de indução eletromagnética e de estudo de sua manifestação no dia-a-dia.

Com respeito à fundamentação teórica sobre ensino e aprendizagem, esse trabalho foi desenvolvido utilizando princípios ausubelianos além de uma pequena inserção do método de ensino *Team-Based Learning* (TBL), ou em livre tradução, Aprendizagem Baseada em Equipes.

O primeiro encontro dessa sequência foi destinado para excursão da etapa de prospecção dos subsunçores dos discentes, como sugere a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. Pois, é a partir dos conhecimentos prévios dos alunos que devemos dar início a tentativa de ancoragem de novas informações às suas estruturas cognitivas. Assim, é de extrema importância para o desenvolvimento dessa sequência tentar identificar a existência dos conceitos de campos elétrico e magnético, carga elétrica e corrente elétrica entre os alunos. Para isso, foi aplicado um questionário (Apêndice Único – A9) utilizando o site *Socrative* (plataforma explicada na seção 3.3), que segue o estilo de questões de texto com lacunas para serem completadas.

O segundo encontro tem a função de situar o aluno, realizando uma ponte de conhecimento entre o que o educando já sabia e o que lhe será apresentado ao longo da sequência de aprendizagem (MOREIRA, 2011). Para cumprir essa função, utilizamos o

recurso de uma *linha do tempo* (Apêndice Único – A.3.1) que conta, muito simplificada, a história do eletromagnetismo. Essa linha do tempo cumprirá o papel de organizador prévio.

Ao longo da aplicação da sequência didática, os alunos também construíram a sua própria linha do tempo. Essa deve contemplar o desenvolvimento do eletromagnetismo, porém mais concentrado nos trabalhos dos cientistas Ampère, Coulomb, Faraday, Maxwell, Oersted. Além dessas contribuições, a linha do tempo construída pelos alunos deve discorrer sobre uma aplicação dos conceitos eletromagnéticos no dia-a-dia: bluetooth, celular, computador, eletroímã, fone de ouvido, gerador de eletricidade, hidrelétrica, Maglev, microfone, touchscreen, wifi. Para a produção de suas linhas do tempo, os alunos trabalharão em grupo, o que ressalta a característica principal utilizados do TBL. Outras características desse método são a orientação professor-aluno e a pesquisa autônoma dos alunos ao longo do desenvolvimento do trabalho dos grupos.

Ao longo de toda a sequência, foram indicados para os alunos alguns materiais, em forma de vídeos (Apêndice Único – A.3.2) sobre os trabalhos dos cientistas acima citados. Está previsto que ao fim da confecção das linhas do tempo dos alunos seja feita uma apresentação para a classe, centrada na explicação da aplicação do eletromagnetismo no dia-a-dia. Para que os grupos construam essa parte da linha do tempo, cada um deles deve pesquisar as explicações das aplicações do eletromagnetismo sem o auxílio do professor. Essa é a oportunidade de demonstrar o aprendizado que o aluno conseguiu absorver de forma autônoma ou sob influência dos colegas, assim exaltando a ideia que o trabalho em equipe favorece o ensino do conteúdo, a comunicação entre os estudantes e entre professor e alunos (OLIVEIRA, 2016).

Outras atividades também foram desenvolvidas em grupo, como a aula de laboratório e a aplicação do jogo, mas não colocamos tanta ênfase na geração da autonomia da aprendizagem do estudante, quanto na construção da linha do tempo.

A primeira atividade que de fato é centrada em apresentar novos conceitos aos alunos é a aula expositiva de campos elétrico e magnético. Essa aula é direcionada à explicação das linhas de força de Faraday e do experimento de Oersted. Para a visualização das linhas de força magnéticas, foi desenvolvida a atividade de

demonstração, com caixas de limalha de ferro (Apêndice Único – A.4), as quais os alunos podem manipular e observar a formação do desenho das linhas de força, com o auxílio de ímãs.

Após essa aula, é esperado que o aprendiz seja capaz de reconhecer que os fenômenos do eletromagnetismo são todos decorrentes da relação entre as grandezas carga elétrica, corrente elétrica, campos magnético e elétrico. E, no caso desses últimos, visualizados por linhas de forças.

Para que seja sedimentado esse novo conhecimento a respeito dos fenômenos do eletromagnetismo na estrutura cognitiva do aprendiz, a partir da vivência prática, ele é exposto a uma aula experimental de caráter qualitativo. Essa aula é o cerne dessa sequência didática. Os experimentos “reconstruídos¹” que apresentam seus funcionamentos explicados pelo fenômeno da indução eletromagnética utilizados nessa aula foram o Motor Homopolar e o Disco de Faraday (Apêndice Único – A.5). Esses foram escolhidos, primeiramente, porque o Motor homopolar foi um dos primeiros experimentos construídos por Michael Faraday a respeito dessa área de pesquisa; também pela complementação que ambos apresentam em suas explicações, possibilitando assim o enriquecimento do processo de ensino-aprendizagem entre os alunos; e por último, por chamarem atenção, visualmente, quando em funcionamento.

Nessa aula, o aluno estará em contato direto com o fenômeno da indução eletromagnética, a partir da manipulação experimental, pois, durante a execução dos experimentos, que devem ser feitas em grupo e com o auxílio de um roteiro, o estudante pode realizar questionamentos semelhantes aos feitos por Faraday. Essa atividade também possibilita que, eventualmente o aluno consiga construir concepções preliminares a respeito da relação entre corrente elétrica e campo magnético, uma vez que ele terá auxílio de um roteiro previamente elaborado (Apêndice Único – A.10.).

Muito embora, no laboratório, os alunos podem construir concepções preliminares, é necessário que essas concepções sejam explicadas de forma a corroborar as possíveis conclusões corretas obtidas pelos estudantes e corrigir os equívocos que possivelmente possam ter ocorrido ao longo da prática e resposta do relatório. Para isso, é importante que uma aula seja destinada para que o professor faça essa intermediação

¹ Agradeço à minha colega do MNPEF Ingrid de Souza Rodrigues Duarte por disponibilizar a sua montagem do Disco de Faraday para a aplicação desse projeto.

entre as possíveis ideias formuladas no laboratório e o que de fato é a indução eletromagnética. É muito importante que essa aula seja baseada na explicação dos experimentos de Faraday.

Assim como para iniciar a aplicação da sequência se faz necessária a prospecção dos subsunçores, na sua etapa final também é interessante verificar se esses subsunçores foram alterados na sua atividade de ancoragem, o que se considera um indício que houve uma aprendizagem significativa. Fizemos a avaliação posterior em duas etapas, na forma de uma avaliação preponderantemente formativa – Avaliação final: jogo “Perfil Eletromagnético” – e na forma de avaliação preponderantemente somativa – avaliação final somativa (Apêndice Único – A.14).

Uma avaliação de caráter formativo é aquela que se apresenta como uma tarefa cuja execução permite que os estudantes aprendam e que se avalie a sua aprendizagem simultaneamente. Dessa forma, podemos determinar se os conceitos expostos estão sendo assimilados e em que medida os são. Geralmente são utilizadas atividades práticas/lúdicas para essa verificação. Já a avaliação somativa é aquela que tem a característica muito mais voltada unicamente para a avaliação do aprendizado, determinando o desempenho de cada aluno pela atribuição de uma nota ao final do processo de ensino e aprendizagem, geralmente são feitas a partir da aplicação de uma prova escrita clássica.

Segue-se o quadro 3.1 que apresenta de forma sucinta o desenvolvimento da sequência didática da qual foi aplicada o produto educacional.

Quadro 3.1: Sequência didática da aplicação do produto educacional

Encontro	Produto	O que será desenvolvido	Recurso	Conceitos	Pós-classe (para os alunos)
1 (1 h/aula)	A.2 e A.9	Identificação de potenciais subsunçores.	Plataforma Socrative	Carga elétrica, Corrente elétrica, campo elétrico, campo magnético.	-
2 (1 h/aula)	A.3.1	Apanhado histórico dos desenvolvidos dos conceitos desenvolvidos do eletromagnetismo desde o âmbar até as	Organizador prévio - <i>Linha do tempo - Eletromagneti</i>	Revisão dos conceitos de carga, corrente e campos elétrico e	Construção de uma linha do tempo sobre o trabalho dos cientistas: Franklin, Oersted, Faraday, Ampère. (Pesquisa orientada pela

		equações de Maxwell.	<i>smo.</i>	magnético.	professora) E explicação da aplicação no século XXI dos conceitos do eletromagnetismo. (Pesquisa não orientada pela professora) + Vídeo de Ampère
3 (1 h/aula)	A.4	Conceito de linhas de força e experimento de Oersted.	Aula expositiva + Demonstração das linhas de força com limalha de ferro.	Ímãs e Linhas de força; Geração de campo magnético através da corrente elétrica	Continuação da construção de uma linha do tempo sobre o trabalho dos cientistas: Ampère, Faraday, Franklin, Oersted. (Pesquisa orientada pela professora) E explicação da aplicação no século XXI dos conceitos do eletromagnetismo. (Pesquisa não orientada pela professora) + Vídeo de Faraday
4 (2 h/aula)	A.5 e A.10	Experimentos disco de Faraday e Motor Homopolar para a análise da interação entre campo magnético e corrente elétrica.	Aula no laboratório: Execução dos experimentos pelos alunos.	Geração de corrente elétrica através de campo magnético e Geração de Campo magnético através da corrente elétrica.	Continuação da construção de uma linha do tempo sobre o trabalho dos cientistas: Ampère, Faraday, Franklin, Oersted. (Pesquisa orientada pela professora) E explicação da aplicação no século XXI dos conceitos do eletromagnetismo. (Pesquisa não orientada pela professora) + Esboço da linha do tempo + Vídeo da história da eletricidade
5 (1 h/aula)	A.6	Explicação do funcionamento do Disco de Faraday e Motor Homopolar. + Apresentação do esboço	Aula expositiva.	Indução eletromagnética.	Continuar construção de uma linha do tempo sobre o trabalho dos cientistas: Ampère, Faraday, Franklin, Oersted. (Pesquisa orientada pela professora) E explicação da aplicação

		da linha do tempo.			no século XXI dos conceitos do eletromagnetismo. (Pesquisa não orientada pela professora)
6 (1 h/aula)	A.3.2	Aplicação do eletromagnetismo no dia-a-dia.	Apresentação das linhas do tempo construídas pelos alunos.	Indução eletromagnética.	Estudar regras do Jogo Perfil - Eletromagnético
7 (2 h/aula)	A.7, A.11, A.12 E A.13	Verificação de aprendizagem 1 (formativa)	Jogo Perfil - Eletromagnético	Carga elétrica, Corrente elétrica, campo elétrico, campo magnético, indução eletromagnética.	-
8 (3 h/aula)	A.8 E A.14	Verificação de aprendizagem 2 (somativa)	Avaliação escrita	Carga elétrica, Corrente elétrica, campo elétrico, campo magnético, indução eletromagnética.	-

3.2. INSTRUMENTOS USADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esse produto contempla instrumentos que abordam diferentes características metodológicas, pois há a pretensão de atingir o maior público de alunos ao longo da aplicação. Assim, é feito o uso de aulas expositivas em slide e em quadro focada no professor; atividades experimentais; atividade demonstrativa; exposição de trabalhos feitos pelos alunos; jogo; questionários escritos e digitais.

O primeiro instrumento a ser utilizado foi a avaliação prévia (Apêndice Único – A.9) em uma aplicação digital. Ela foi construída com o objetivo de tentar obter indícios dos subsunçores dos alunos a respeito dos conceitos de carga, corrente elétrica e campos elétrico e magnético a partir de questões no formato de completar lacunas. Esse formato foi escolhido visando uma centralização nas possíveis respostas dos estudantes.

Essa avaliação é composta por sete questões que foram divididas em 3 questões a respeito de corrente elétrica, 2 de carga elétrica e 4 questões a respeito de campos

elétrico e magnético. Cada uma dessas questões apresentam características singulares (Apêndice Único – A.9) para a prospecção dos potenciais subsunçores.

Após a aplicação da avaliação prévia, os alunos devem ser expostos a um organizador prévio que tem o objetivo principal de fazer a ponte entre o conhecimento prévio e os novos conceitos a serem apresentados ao longo da sequência didática. Para isso foi confeccionada uma *linha do tempo – eletromagnetismo* (Apêndice Único – A.3.1) que relata alguns fatos históricos que influenciaram os trabalhos de Michael Faraday sobre a indução eletromagnética até um breve resumo dos trabalhos de James Maxwell. Esses fatos históricos devem ser relacionados aos principais conceitos físicos nos quais a nossa sequência didática se baseia: carga elétrica, corrente elétrica, linha de força (campos elétrico e magnético) e indução eletromagnética.

Sugere-se que a apresentação desse instrumento seja feito com o auxílio da projeção de slides de *power point* e também da confecção de uma linha do tempo em formato físico para exposição conjunta à virtual. É importante que não se deixe de apresentá-la acompanhada de uma escala temporal.

Foi desenvolvida uma demonstração – caixa de limalha de ferro – e dois experimentos – motor homopolar e disco de Faraday – para uso em aulas de cunho prático (Apêndice Único – A.5). Ambos foram produzidos com materiais de baixo custo para viabilizar a reprodução dos mesmos por diferentes públicos econômicos.

Para a aplicação da prática demonstrativa, não foi utilizado um roteiro para guiar os alunos nas possíveis observações e descobertas. No caso das práticas experimentais, foi utilizado um roteiro experimental (Apêndice Único – A.10) que desempenha dois papéis: ambientar o aluno às práticas que serão realizadas no laboratório e verificar, por meio de perguntas, os resultados qualitativos da prática realizada pelos grupos. A partir dessa verificação é possível identificar possíveis sinais de que o objetivo dessa atividade foi cumprido. Sendo esse objetivo estimular os estudantes a formularem algumas ideias que tentem explicar os fenômenos de geração de campo magnético na presença de corrente elétrica e da geração de corrente elétrica na presença de um campo magnético.

Para verificação do desenvolvimento cognitivo dos alunos ao longo dessa sequência, foram desenvolvidas duas atividades. A primeira foi o *Jogo – Perfil*

Eletromagnético (Apêndice Único – A.7), construído inspirado nas regras de um jogo comercial da GROW®. A ideia é, que por meio do jogo, os alunos discutam conceitos, aplicações e histórias de cientistas que foram estudados ao longo da aplicação da sequência didática.

Para auxiliar no controle do desenvolvimento do jogo, o aluno deve preencher a *Ficha de Desempenho – Jogo Perfil Eletromagnético* (Apêndice Único – A.7), a cada acerto realizado por ele.

A segunda parte da verificação posterior foi uma avaliação de caráter somativo (Apêndice Único – A.14). Ela foi elaborada com características que buscam retomar todos os pontos desenvolvidos nessa sequência (Apêndice Único – A.8), tentando valorizar a preparação e o desenvolvimento do aluno de acordo com as diversas metodologias de ensino-aprendizagem à que ele foi exposto. Na frente de cada questão estão apresentados os conceitos que se pretende que os alunos tenham assimilado. Para a construção desse instrumento foram utilizadas algumas questões semelhantes as da avaliação prévia devido ao grande índice de erros. Portanto, essas questões “repetidas” são particularidades de cada turma em que será feita a aplicação dessa sequência didática.

3.3. FERRAMENTA DIGITAL

Para aplicação da avaliação prévia, foi utilizada uma plataforma online – *Socrative* (Figura 3.1) –, onde foi hospedado o questionário respondido pelos alunos. Esse recurso foi escolhido pela facilidade e comodidade, pois apresenta uma tabela com notas (percentual de acertos e erros) de cada questão e aluno.

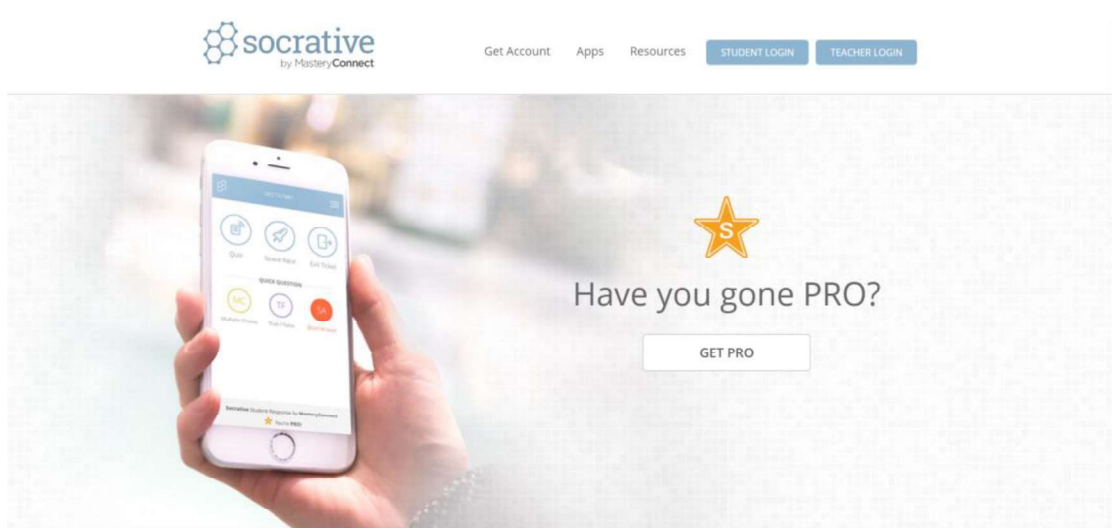


Figura 3.1 Site *Socrative* – Página sem realização de *Login*.

Para a utilização da plataforma *Socrative*, é necessário criar uma conta na área *Teacher Login*². Ao obter acesso a uma conta do site, será possível criar uma *sala de aula* (Figura 3.3), onde é possível hospedar questionários e ter acesso aos benefícios de correção oferecidos pelo sistema.



Figura 3.2 Página inicial do *Socrative* após ter feito o *Teacher Login*.

² <https://b.socrative.com/login/teacher/>

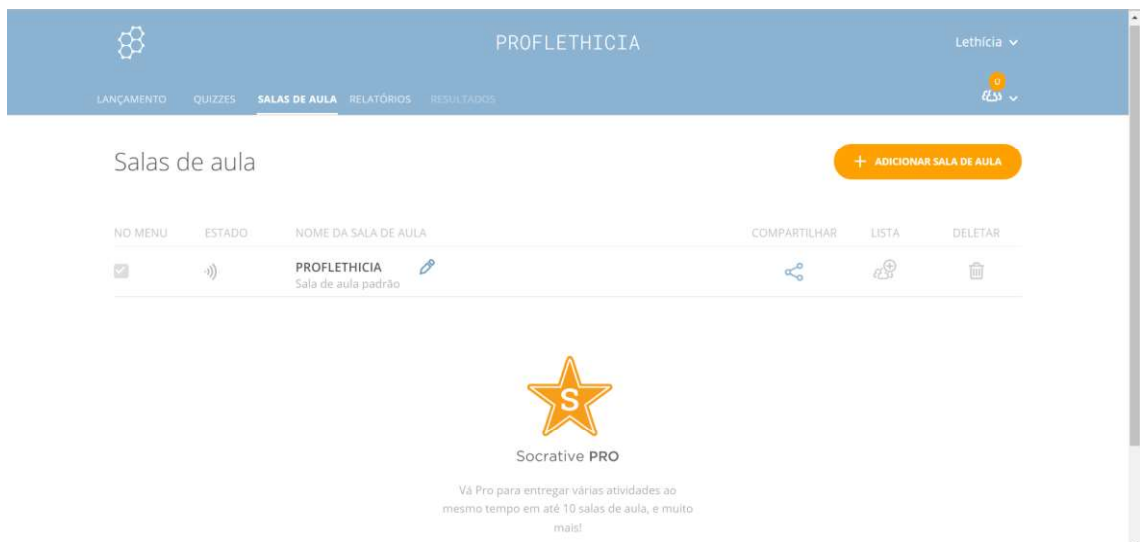


Figura 3.3 Criação de sala de aula no *Socrative*

Também é possível controlar como os alunos veem o questionário, como será a liberação dos resultados de cada questão para os próprios alunos (com gabarito, ou não), além de possibilitar ao professor a escolha da liberação, ou não, da pontuação final obtida ao final do teste para cada aluno. Para isso, no momento em que realizar a liberação do questionário já hospedado na *sala de aula*, ao clicar no ícone “*Questionário*” (Figura 3.2), é necessário que seja feita a escolha do teste que deseja liberar para aplicação e apertar *seguinte* (Figura 3.4).

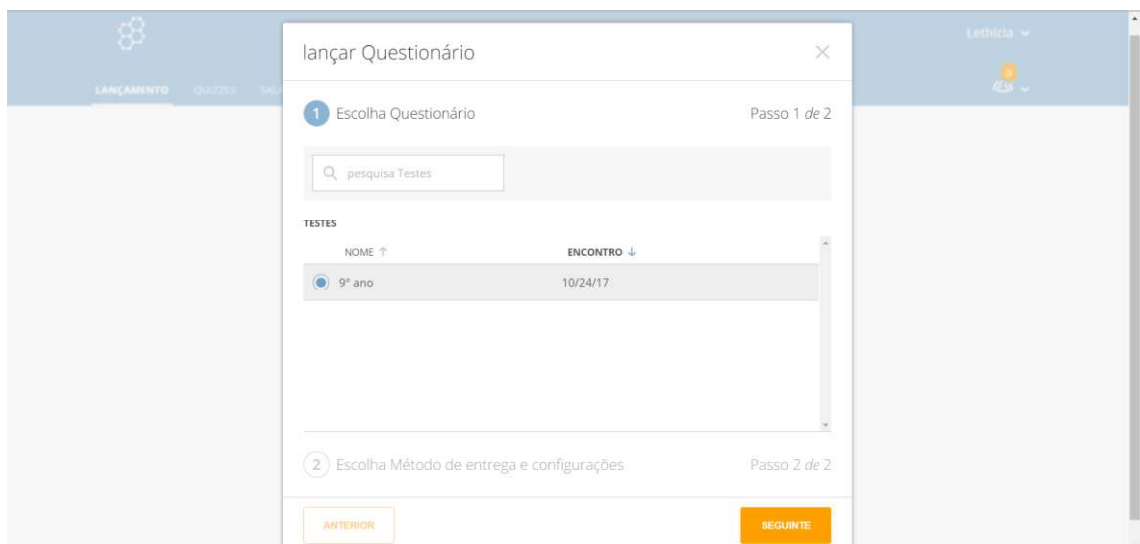


Figura 3.4 Criação de questionário – Parte 1

Logo após aparecerá o Passo 2 (Figura 3.5) para o lançamento do questionário.

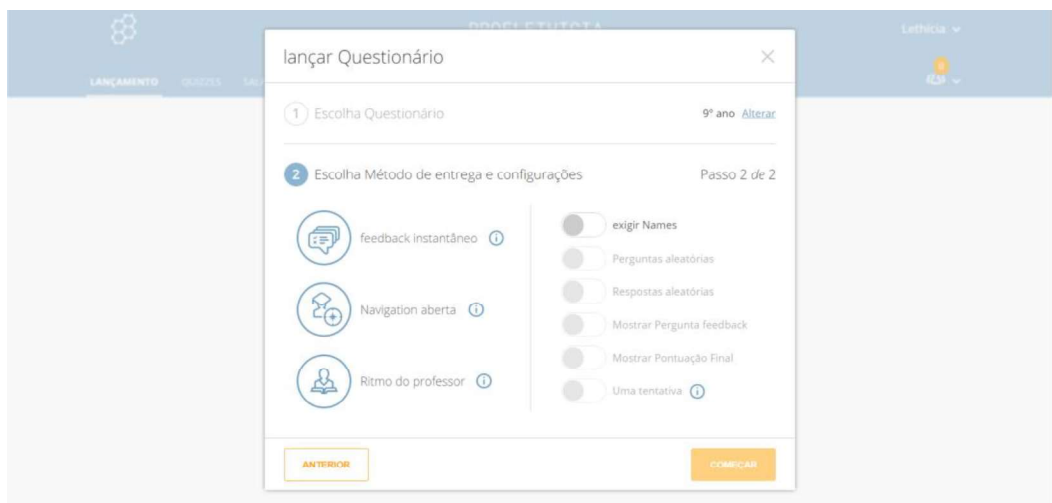


Figura 3.5 Criação de questionário – Parte 2

Nessa etapa (Figura 3.5), o professor pode escolher como será a aplicação do seu questionário, as características a respeito de exigência de nomes, números de tentativas de respostas em cada questão, possibilidade de *feedback* de cada questão para o estudante e a aleatoriedade da ordem de aplicação das questões para cada internauta na sala de aula do *Socrative*. Ao executar o comando “começar”, a atividade estará disponível na *sala de aula* daquela conta de *Teacher login*.

Para que o aluno tenha acesso ao questionário, ele deve acessar a área de *Student Login*³, onde será necessário inserir o nome da *sala de aula* em que está hospedado o questionário a ser respondido.



Figura 3.6 Página *Student Login*

³ <https://b.socrative.com/login/student/>

Os resultados dos questionários respondidos são disponibilizados para o professor na seção *Relatórios* (Figura 3.7). Nessa seção, é possível escolher gratuitamente de qual questionário se quer obter os resultados e quais opções para fazer download: *obter relatórios* ou *visão gráfica* (Figura 3.8).

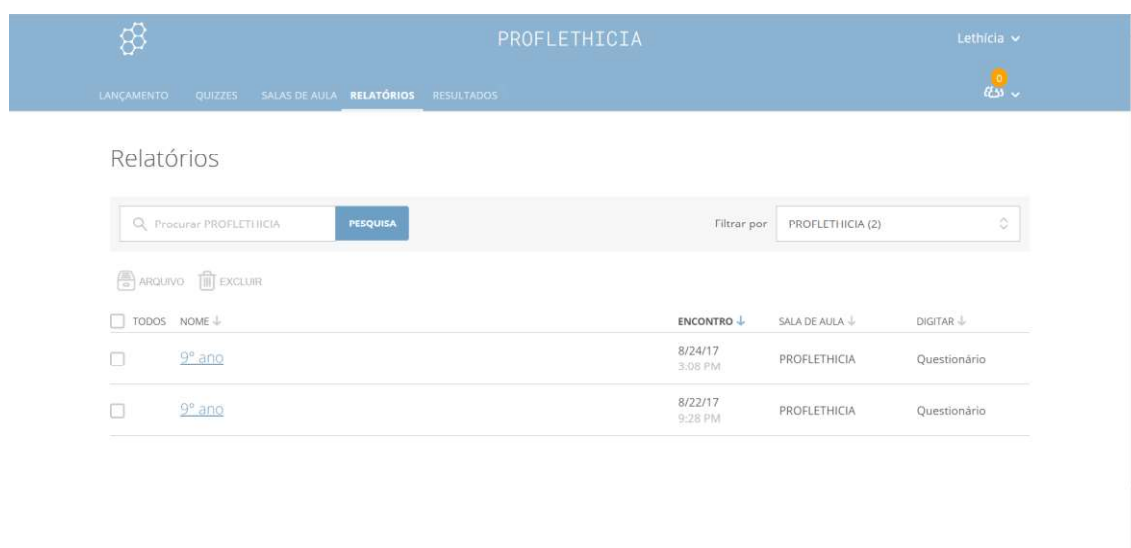


Figura 3.7 Seção Relatórios – *Teacher Login*



Figura 3.8 Opção para salvar os resultados

Ao escolher “*obter relatórios*” o professor pode escolher em qual formato recebe os documentos: tabela de Excel, PDF de desempenho de cada questão e PDF individual de cada aluno (Figura 3.9).



Figura 3.9 Opção para salvar os resultados – Obter Relatórios

4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1. METODOLOGIA

Este trabalho estruturou-se a partir de uma sequência didática que utiliza a história, teoria e experimentação para realizar a apresentação das descobertas e primeiras interpretações acerca de alguns conceitos básicos do eletromagnetismo clássico do século XIX. A sua aplicação é para o Nono Ano do Ensino Fundamental em um tempo estimado de oito encontros, totalizando 12 horas/aula.

O motivo pelos quais os pilares metodológicos (história, teoria e experimentação), nos quais a construção dessa sequência se apoiou foram escolhidos é pelo fato de que uma formação puramente técnica, que se restrinja ao aprendizado de instrumentos matemáticos, de teorias já perfeitamente estruturadas e de métodos consagrados para a realização de procedimentos experimentais, não favorece nem o entendimento do que de fato é a ciência e da sua natureza, muito menos o entendimento do modo como a ciência é realmente criada (MARTINS, 1990).

O nosso produto educacional foi fundamentado com a utilização de princípios presentes na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e com inserção de alguns aspectos do método de ensino *Team-Based Learning* (TBL), ou, em livre tradução, Aprendizagem Baseada em Equipes. A principal característica do TBL utilizada nessa sequência foi a divisão da classe em grupos, por acreditarmos que o trabalho em equipe favorece o ensino do conteúdo, a comunicação entre os estudantes e entre professor e alunos (OLIVEIRA, 2016). Além dessa característica, também nos utilizamos do princípio de produção de tarefas de casa pelos alunos, seja a partir de orientação do professor, ou seja apenas com o auxílio dos próprios colegas de grupo.

O prelúdio dessa sequência se deu como a aplicação de uma avaliação prévia em forma de questionário (Apêndice Único – A9) com o objetivo de prospectar os possíveis subsunçores que são a base para inicialização de um processo de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011). Esse questionário foi hospedado no site *Socrative*, mas outros programas de hospedagem de questionários podem ser utilizados para o desenvolvimento dessa atividade.

Na sequência desenvolvemos uma *Linha do Tempo – Eletromagnetismo* (Apêndice Único – A.3.1) que desempenha o papel do nosso organizador prévio. Essa linha do tempo desempenha a função de organizar o conteúdo para que o aluno tenha a possibilidade de realizar uma ponte cognitiva entre o que ele já sabia e o que lhe será apresentado ao longo da sequência de aprendizagem (MOREIRA, 2011).

Para aproveitar ainda mais a abordagem histórica presente pela construção de uma linha do tempo, organizador prévio, os alunos também devem ser orientados a confeccionar a sua própria linha do tempo. Essa desempenhará um papel semelhante ao mapa conceitual da teoria ausubeliana, pois ambas são construções que resultam na apresentação de como o aluno relacionou os conceitos que lhe foram apresentados ao longo da sequência didática.

Os estudantes serão divididos em grupos para a confecção da linha do tempo que deve ser confeccionada em casa ao longo de toda a aplicação da sequência didática. O aluno deve exercitar-se em casa, pois, além disso, de implicar melhor eficiência na aprendizagem, cumprirá um papel importante no desempenho das atividades individuais e de grupo (OLIVEIRA, 2016; PIAZZI, 2014).

Em auxílio às aulas expositivas, foram utilizadas metodologias educacionais de cunho demonstrativo e experimental. Para a demonstração, foram construídos cinco kits para elucidar a aula sobre linhas de força magnética. Esse kit apresenta o objetivo de criar a experiência de manipulação e visualização de linhas de força para os alunos.

Para contemplar os aspectos experimentais dessa sequência didática, que estão presentes na aula central desse produto educacional, foram “reconstruídos”, com materiais de baixo custo, dois experimentos de Michael Faraday: Motor Homopolar e Disco de Faraday. Para auxiliar os alunos nessa atividade experimental, foi elaborado um relatório (Apêndice Único – A.10) que desempenha duas funções: ambientar o aluno às práticas que serão realizadas no laboratório e verificar, por meio de perguntas, os resultados qualitativos da prática realizada pelos grupos. Essa metodologia visa auxiliar o aprendiz a atingir o objetivo de aprender as explicações dos fenômenos de geração de campo magnético na presença de corrente elétrica e de geração de corrente elétrica na presença de um campo magnético.

A verificação de aprendizagem dos alunos foi feita em duas etapas: formativa e somativa. A primeira etapa foi desenvolvida a partir da aplicação de um jogo – *Jogo Perfil Eletromagnético* (Apêndice Único – A.7), no qual a prospecção de indícios de aprendizagem foi feita, com caráter qualitativo. O uso dessa metodologia possibilita estimular o espírito positivo de competição nos indivíduos mediante a apresentação de situações-problema e atingir diferentes públicos de alunos, nos aspectos educacionais, que apresentam diferentes tipos de habilidades. Conseqüentemente, essa avaliação intensifica, para os alunos, a ideia de estarem aprendendo com um jogo. Além disso, enquanto instrumento de avaliação o jogo é uma forma mais prazerosa que uma avaliação tradicional.

A segunda etapa é atribuída à aplicação de uma avaliação final somativa (Apêndice Único – A.8) a qual apresenta a possibilidade de uma análise quantitativa dos indícios de aprendizagem, pois, ao final da aplicação dessa avaliação escrita, é atribuída uma nota que classifica o desempenho de cada aluno. Essa atividade propôs resgatar, na estrutura cognitiva do estudante, todas as características metodológicas utilizadas ao longo dessa sequência didática.

4.2. OBJETIVOS

A ideia de elaborar uma sequência didática para o ensino de física que se utilize do desenvolvimento histórico dos conceitos surgiu na observação da relativa escassez de materiais nessa área e no fato da presente abordagem sócio-histórica-filosófica constar nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), além de estarem presentes em provas de olimpíadas de conhecimentos científicos para o ensino fundamental e médio e de processos seletivos para ingressos em universidades nacionais. Ainda nesse sentido, esse trabalho inspirou-se na ideia de que as mudanças nas concepções científicas são parte integrante não apenas da construção das teorias, mas também de seu desenvolvimento e aplicabilidade posteriores.

Mais especificamente, o produto educacional desenvolvido consiste em uma sequência de ensino e aprendizagem que utilizou da história do eletromagnetismo através da “reconstrução” e manipulação dos experimentos do *disco dínamo de Faraday*

e do *motor homopolar*. O principal objetivo é explicar o fenômeno da indução eletromagnética da forma mais fiel possível em relação ao seu real desenvolvimento histórico e com as consequências dessas descobertas, no século XIX.

Os objetivos gerais do trabalho são:

1. Verificar se a utilização da história da física como base para a construção e desenvolvimento de conceitos físicos do eletromagnetismo e das suas relações com fenômenos de indução eletromagnética é, de fato, um facilitador da aprendizagem.
2. Analisar os impactos que a manipulação experimental pode causar na aprendizagem do aluno para a explicação da relação entre o que é observado e o que a teoria prevê.

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Estruturar uma sequência didática na forma de uma apresentação histórica de fatos a cerca do eletromagnetismo, no qual os conceitos físicos sejam apresentados a partir dos desenvolvimentos teórico e experimental.
2. Utilizar montagens experimentais do *disco de Faraday* e do *motor homopolar*, com materiais de baixo custo.
3. Identificar quais os subsunçores relacionados com os conceitos de carga elétrica, corrente elétrica e campos elétrico e magnético são previamente apresentados pelos alunos, com o objetivo de implementar o conceito ausubeliano de aprendizagem significativa.
4. Identificar indícios de aprendizagem potencialmente significativa através da observação de possíveis alterações nos subsunçores previamente identificados no sentido da aquisição do conceito de interação entre campo magnético e corrente elétrica.
5. Verificar os benefícios da integração entre história, teoria e experimentação no contexto do ensino e da aprendizagem significativa de conceitos do eletromagnetismo.

4.3. RELATO DE APLICAÇÃO

A aplicação desse trabalho foi feita para duas turmas de nono ano do ensino fundamental de uma escola particular, com a duração de 12 horas aulas divididas em oito encontros (Seção 3.1).

O primeiro encontro foi destinado para a aplicação da avaliação prévia. Foi utilizada uma aula simples (1h/aula) para aplicação dessa atividade. Sua aplicação foi feita no laboratório de informática da escola, para que fosse possível o acesso dos alunos ao site *Socrative*. Nesse site, foi aberta uma *sala de aula* para hospedar o questionário que os alunos responderam individualmente para prospectar os potenciais subsunçores. As respostas obtidas nos questionários dos alunos, ao serem liberadas pelo site, possibilitou uma rapidez na análise de dados por já estarem disponíveis em forma de tabela de acertos e erros de cada questão. Sendo apresentados bons indícios de subsunçores de corrente elétrica e campos elétrico e magnético e uma expressão menos robusta dos conceitos de carga elétrica (Seção 5.1.4).

Com a análise desses dados, foi possível direcionar a aplicação da segunda aula, baseada em uma linha do tempo do eletromagnetismo. Esta também foi desenvolvida na duração de uma aula simples, na qual foi realizada a exposição de uma *linha do tempo*, confeccionada em apresentação de *power point*, que aborda os conceitos do eletromagnetismo, desde o âmbar e Tales de Mileto até a explicação dos trabalhos de James C. Maxwell acerca da matematização dos trabalhos de Michael Faraday. Essa atividade foi o organizador prévio da nossa sequência.

O escopo dessa aula foi a apresentação da contribuição histórica de alguns cientistas – Tales de Mileto, William Gilbert, Benjamin Franklin, Charles A. Coulomb, Christian Oersted, Marie Ampère, François Arago, Biot, Michael Faraday e Maxwell – aplicada aos conceitos trabalhados na avaliação prévia. Apesar de existirem outros nomes e contribuições ao longo do desenvolvimento do eletromagnetismo, estes não foram citados, pois a linha do tempo foi construída a fim de reforçar os conceitos de carga elétrica, corrente elétrica, campos elétricos e magnéticos e salientar novos conceitos (linhas de força e indução eletromagnética) que foram desenvolvidos no decorrer dessa sequência didática. A introdução de Tales de Mileto, William Gilbert e

Benjamin Franklin nesse material se deu devido aos resultados da avaliação prévia que especularam a necessidade de revisão dos conceitos de carga elétrica.

As reações dos alunos limitaram-se a uma pergunta que um aluno fez e os comentários a respeito da duração do tempo para o desenvolvimento do eletromagnetismo, comparando com os da gravitação universal, pois eles haviam estudado essa parte histórica no começo do ano de 2017. Essa pergunta foi: “*Qual desses cientistas é o mais importante para o estudo do eletromagnetismo?*”. A resposta apresentada ao aluno foi: “*Cada cientista tem a sua importância na construção do eletromagnetismo, porém, o cientista que apresentou a explicação para os fenômenos de indução eletromagnética, foi Michael Faraday.*”.

Ao final dessa aula, foram passadas as orientações para a construção das linhas do tempo dos estudantes que deveriam ser elaboradas em grupo e em casa. Os alunos se dividiram em grupos por critério de afinidade, para que fosse mais fácil de trabalhar e prazeroso para todos. Após a divisão, foi feito um sorteio para a distribuição das aplicações do eletromagnetismo nos séculos XX e XXI (bluetooth, celular, computador, eletroímã, fone de ouvido, gerador de eletricidade, Maglev, microfone, usina hidrelétrica, touchscreen, wifi) para cada um dos grupos, pelas quais ficaram responsáveis por pesquisar e apresentar nas suas linhas do tempo.

Para orientar os alunos na pesquisa referente às contribuições dos cientistas, foram disponibilizados materiais: vídeos e a linha do tempo utilizada em sala como organizador prévio. Esses materiais foram disponibilizados no aplicativo da escola, onde todas as atividades para casa são hospedadas. Para auxiliar os alunos, os primeiros materiais disponibilizados foram a linha do tempo utilizada em sala de aula e o vídeo “*Ampère e o eletromagnetismo*”, o qual cada aluno deveria assistir e fazer um resumo, sobre ele, no caderno.

O terceiro encontro teve como cerne a exposição do conceito de campo magnético. Para isso, foram trabalhados os conceitos de linhas de força de Faraday, voltadas para a visualização do campo magnético, e geração de fenômenos magnéticos através da passagem de corrente elétrica, a partir da apresentação teórica do experimento de Oersted. A aula foi expositiva e a base para sua preparação foram os conceitos expostos no quadro 2.1 (Seção 2.4), fundamentados em alguns materiais presentes na bibliografia.

A transposição didática foi feita a partir da apresentação de uma ilustração resumida do experimento de Oersted na lousa (Figura 4.1) e a apresentação dos conceitos como compreendidos no século XIX (quadro 2.1, Seção 2.4), como os conceitos de campo e de linha de força não existiam, a interação entre a corrente elétrica e a agulha imantada era explicada por Oersted através da ideia de uma região de influência que se espalhava pelo espaço. Além disso, foi apresentada a explicação de Ampère para a composição do magneto. De acordo com ele, um magneto era composto por correntes eletrônicas moleculares. Essa explicação foi utilizada para possibilitar uma explicação uniforme para a interação entre a agulha imantada e um ímã. Por último, foi realizar a exposição dos conceitos de linhas de força magnética, como apresentada por Faraday, que representa uma evolução do conceito de região de influência apresentada por Oersted.

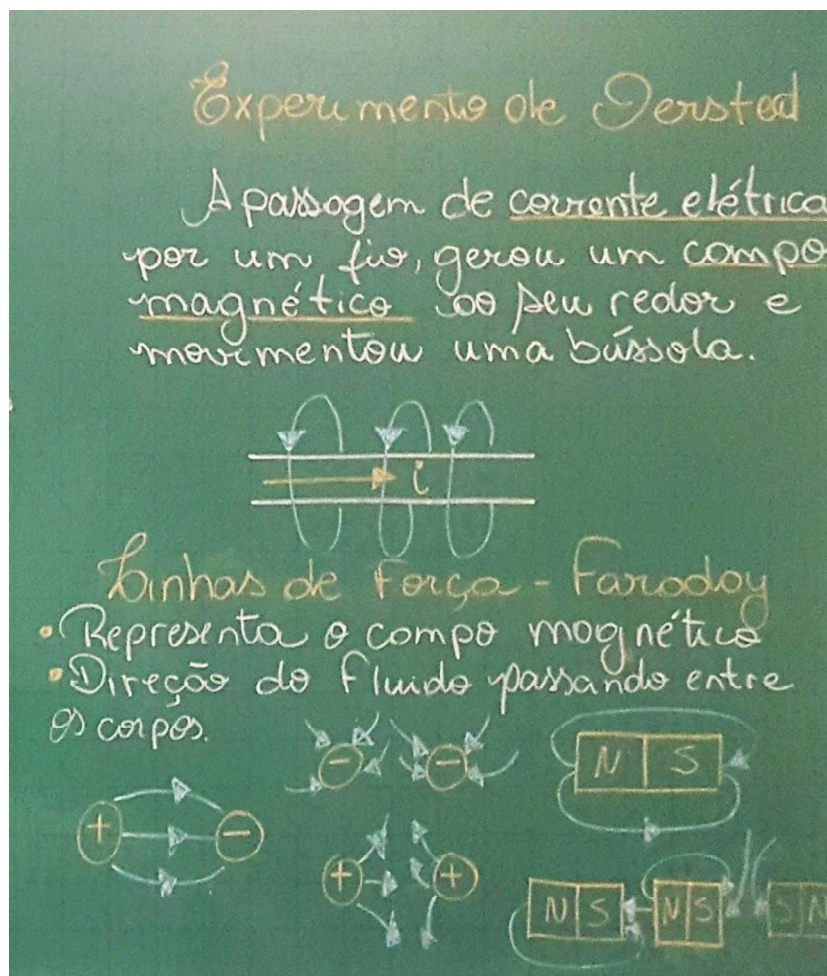


Figura 4.1 Lousa para explicação do experimento de Oersted e as linhas de força de Faraday.

Para apresentação das linhas de força magnética de forma concreta, foram usados os kits das caixas de limalhas de ferro. Esses kits foram distribuídos após a explicação teórica do conceito de linhas de força. Foram no total cinco kits entregues para a turma; e para que todos pudesse manipular a demonstração por alguns instantes, a própria turma se organizou em cinco grandes grupos (com aproximadamente seis alunos).

Para auxiliar na construção da linha do tempo, foi sugerido ao final dessa aula o vídeo “*Michael Faraday*”, também disponibilizado no aplicativo da escola.

No quarto encontro, com duração de uma aula dupla (2 h/aula), os alunos foram levados para o laboratório onde se organizaram em grupos, de 3 ou 4 alunos, para a manipulação dos experimentos do Motor Homopolar e Disco de Faraday. Grande parte dos alunos se mantiveram nos mesmos grupos da confecção das linhas do tempo.

Para execução dos experimentos, cada grupo recebeu um roteiro e também foi solicitado que portassem um aparelho celular para gravação dos experimentos. Essa solicitação foi feita, pois caso os grupos necessitassem refazer a manipulação experimental, por questão de dúvidas na hora de responder as perguntas presentes no roteiro, não seria necessário, já que a manipulação realizada pelo grupo estaria filmada.

Como só havia uma montagem de cada experimento, os grupos iam um por vez para a bancada onde se encontravam as montagens do Motor Homopolar e do Disco de Faraday para realizar as manipulações. Todas as manipulações foram realizadas na presença do professor (ou seja, da autora dessa dissertação). Em sequência ao manuseio experimental, os grupos voltavam para os seus lugares de origem e junto com a gravação do vídeo poderiam responder as perguntas do roteiro.



Figura 4.2 Alunos executando o experimento do motor homopolar.

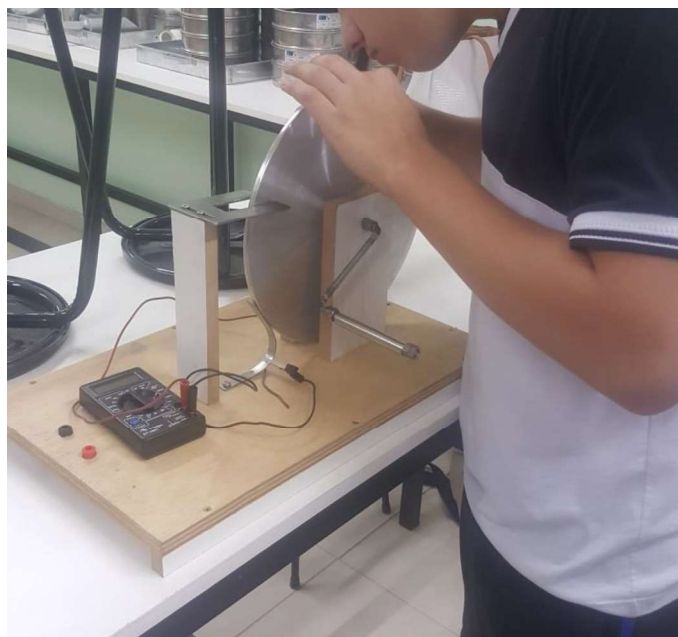


Figura 4.3 Aluno executando o experimento do disco de Faraday

Ao longo da execução dos experimentos, alguns alunos perguntaram a respeito do experimento do motor homopolar: “*Se tirar o ímã, o motor continua girando?*”, “*A água está borbulhando por que está fervendo?*”, “*Se não tiver sal, continua funcionando?*”, “*Se aumentar o número de pilhas, o fio gira mais rápido?*”. Para sanar essas dúvidas, foi permitido que os grupos em questão realizassem as práticas com as especificações necessárias a respeito de cada dúvida: sem os ímãs; com mais pilhas ou com água pura, sem sal. Mediante as novas manipulações experimentais, os alunos que retiraram o ímã perceberam que o motor não funcionava na sua ausência. Para o

questionamento a respeito da água está fervendo, foi sugerido que eles fizessem a medição da temperatura da água, com a comparação da temperatura dos próprios dedos, antes de ligar o motor e refizesse essa medição segundos após a água começar a borbulhar, desligando o motor para realizar essa nova medição, sendo possível verificar que não houve mudança sensível de temperatura, assim, não sendo possível que a água estivesse sendo fervida. Para verificar se o motor funcionaria sem o sal, os alunos retiraram a solução salina do recipiente do motor onde a água é armazenada, lavaram, e colocaram água sem sal. Ao realizarem esse procedimento, verificaram que a haste não girava. Para comprovarem que era o sal, adicionaram uma determinada quantidade até que a haste começasse a girar. Os alunos que apresentaram dúvidas a respeito do número de pilhas, fizeram análise com 1 pilha de 1,5 Volts e verificaram que a haste não se movimentava, já, com 2 ou mais pilhas. observaram que o movimento acontecia e cada vez mais intenso.

Também houve questionamento a respeito do disco de Faraday, como: “*Para que serve o ímã próximo ao disco?*” e “*Quanto mais ímãs, mais fácil de gerar corrente?*”. E novamente os grupos que questionaram refizeram os experimentos para solucionarem suas dúvidas, retirando o ímã e incluindo mais ímãs no aparato experimental. Foi sugerida a retirada do ímã do disco de Faraday para verificar o que ocorria sem a presença dele. Os alunos giraram o disco e não aparecia nenhum valor de corrente elétrica no multímetro. Ao colocarem o ímã novamente, perceberam a geração de corrente elétrica e constataram que aquele ímã tinha papel fundamental no funcionamento daquele experimento. Quanto ao grupo que adicionou mais ímãs na montagem experimental, ao girar o disco, obteve a geração de corrente elétrica, com valor equivalente à processos anteriores, mais rápido, pois para detecção dessa grandeza pelo multímetro é necessário atingir uma velocidade angular mínima.

Todos os alunos apresentaram grande surpresa ao verem o funcionamento do motor homopolar, reagiram àquele fenômeno físico como se fosse um espetáculo de mágica. Quanto ao disco de Faraday, alguns grupos apresentaram o caráter benéfico de competição para geração do maior valor de corrente elétrica entre os próprios membros do grupo. Foi aproveitado esse momento para explorar a relação entre corrente elétrica e velocidade com cada um dos grupos. A especificação a respeito da tipologia de velocidade (angular e linear) não foi feita, pois os estudantes nunca foram apresentados, ao que consta nos planejamentos escolares de física daquela instituição, aos conceitos

físicos presentes nos movimentos circulares. Nessa aplicação os alunos só giraram o disco em um sentido, assim não foi aproveitada a oportunidade para analisarmos a relação entre sentido da corrente elétrica em relação ao da velocidade.

Ao final desse encontro, foi solicitada a apresentação de um esboço, no caderno, a respeito das informações das linhas do tempo que estavam sendo construídas pelos alunos, para a próxima aula. E para auxiliar os alunos na construção da linha do tempo, foi sugerido o vídeo “*História da Eletricidade – A Era da invenção*”, hospedado no aplicativo da escola.

Os roteiros respondidos, pelos grupos, foram entregues ao final dessa aula. E a partir da sua análise, foi direcionado o próximo encontro (quinto), que se concentrou na explicação do fenômeno da indução eletromagnética, a partir da análise dos dois experimentos de Michael Faraday.

Esse encontro foi de caráter expositivo e com duração de 1h/aula. Além da análise das respostas dos roteiros dos alunos, teve como base os conceitos expostos no quadro 2.1 (Seção 2.4), fundamentados em alguns materiais presentes na bibliografia.

Os grupos apresentaram, em sua maioria, respostas parecidas, tornando mais fácil tentar realizar as “correções” dessas possíveis ideias criadas por eles. Por exemplo, para os dois experimentos apresentaram a ideia de que “*o ímã conduz eletricidade*”. Ideias coerentes com a explicação dos experimentos também foram apresentadas, como por exemplo, quando um aluno escreveu “*movimento gerar energia elétrica e a energia elétrica gerar movimento*”, ao se tratar do movimento mecânico e corrente elétrica, na presença de magnetismo.

Para realizar uma melhor transposição didática acerca dos experimentos da aula anterior, foram feitas ilustrações na lousa, representando os vetores necessários para o entendimento das grandezas envolvidas neles. Também foi realizada a introdução do conceito da Força de Lorentz (sua parte magnética), do qual teve sua explicação voltada para a sua importância e a justificativa do seu surgimento nos fenômenos vistos no laboratório.

Acreditamos que a explicação do fenômeno da indução eletromagnética é extremamente abstrata para os alunos do 9º ano do ensino fundamental, uma vez que se utiliza de grandezas vetoriais e conceitos complexos tais como força eletromotriz,

diferença de potencial, força de Lorentz e variação de fluxo magnético. A chave para explicação da indução eletromagnética foi obtida por Michael Faraday, de acordo com o qual “*se um circuito condutor aberto se move de tal forma que corte uma linha de campo magnética, uma potência é requisitada para agir, tendendo a produzir uma corrente elétrica através dele*”.

A transposição para uma linguagem baseada em conceitos já apresentados para os alunos foi a seguinte: “*O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio*”, principalmente pelo fato dos estudantes já terem feito a interpretação dessa frase no roteiro experimental. Nos relatórios, as respostas se basearam, de modo geral, em “*A força magnética pode gerar corrente elétrica*” e “*Variação dos polos geram corrente*”. Assim, foi aproveitada essa ideia da relação entre a força magnética e a corrente elétrica apresentada por eles, para diferenciar os conceitos de linhas de força magnética e os de força magnética. Para isso, foi enfatizado que linhas de força magnética são representações físicas de um campo magnético, e a força magnética é a ação causada sobre um corpo mediante o conceito de campo magnético, que é o conceito moderno de linhas de força. A respeito da ideia de variação de polos, que na realidade não conseguimos entender de fato o que os grupos quiseram dizer, foi feita a introdução à ideia de que as linhas de força são “cortadas” pela passagem de um condutor entre os polos do magneto. Ressaltamos que essa aula teve característica semelhante à aula três, em que os conceitos utilizados foram apresentados o mais próximo possível à compreensão do século XIX.

As linhas do tempo construídas pelos alunos foram apresentadas e expostas no sexto encontro (1 hora/aula). A exposição foi feita para possibilitar que todos os alunos tivessem acesso as explicações de todas as aplicações do eletromagnetismo no século XXI que foram propostas, já que cada grupo ficou responsável pela exposição de uma única aplicação. Já a apresentação das aplicações pesquisadas pelos alunos foi feita como um grande bate-papo, visando criar um clima de informalidade, no qual os alunos geralmente se apresentam mais confortáveis (menos tímidos). Para isso, os alunos permaneceram sentados nas suas próprias cadeiras e à medida que se sentiam à vontade, se expressavam a respeito do que haviam pesquisado e aprendido.

Ao longo da explicação das aplicações de cada grupo para a classe, foram feitas algumas interrupções para enfatizar algumas características do eletromagnetismo e para

direcionar os alunos a utilizarem os termos físicos como apresentados ao longo da aplicação dessa sequência. Por exemplo, quando falaram “campo magnético” foram lembrados que “*Faraday se expressaria como linhas de força magnética*”. Ou quando as aplicações eram explicadas sem deixar clara a presença do eletromagnetismo naquela aplicação, por exemplo, um dos grupos que ficou responsável pela hidrelétrica finalizou a explicação utilizando apenas os aspectos de troca de energia mecânica que existem no funcionamento desse tipo de usina. Para esse grupo foi feita a pergunta: “*como se aplica o eletromagnetismo nessa usina?*”, e somente mediante esse questionamento foi dada a explicação, pelos alunos, baseada “*na presença de um grande dínamo no interior da usina que gira com a força da água, funcionando como um enorme disco de Faraday*”.

Ao longo da construção das linhas do tempo, alguns grupos apresentaram mais interesse e afinco que outros, buscando sugestões e correções a respeito das fontes de pesquisas utilizadas. Esses grupos se sobressaíram em relação aos outros na hora da exposição oral de suas pesquisas. Os grupos do Maglev (nas duas salas) fizeram uma explicação muito clara e completa a respeito do funcionamento do trem, utilizando conceitos e ideias que iam além do apresentado no vídeo “*Ampère e o eletromagnetismo*”, que apresentava a explicação sucinta de um Maglev e outras aplicações do eletromagnetismo. Inclusive, um dos grupos levou uma pesquisa à parte para complementar a apresentação. Eles relataram, diante da turma, que cogitaram montar um trem para apresentar para a sala no dia da entrega do trabalho, porém não tiveram tempo hábil para isso, pois necessitariam encomendar ímãs muito potentes, mas que cogitavam utilizar essa ideia para a Feira de Ciências da escola, uma vez que o tema proposto para o evento era relacionado a evolução científica e suas aplicações na sociedade.

Outros grupos que se sobressaíram foram o do eletroímã, fone de ouvido e microfone. O grupo do eletroímã se apresentou muito empolgado para apresentar sua pesquisa, inclusive foi o único grupo que se dispôs a realizar a apresentação da forma clássica, ou seja, na frente da lousa, diante de toda a turma. Além de explicarem a aplicação, explicaram a contribuição feita por Tales de Mileto, William Gilbert e Ampère que conduziram no fim a construção de um eletroímã. Para a explicação teórica do eletroímã, eles realizaram um desenho na lousa onde ilustraram os polos magnéticos

e explicaram a sua geração mediante a passagem de corrente elétrica. Também deram exemplos do uso de eletroímãs em separações químicas e ferros velhos.

Os grupos responsáveis pelo microfone e fone de ouvido (de uma das salas), concentraram-se na explicação da montagem e do funcionamento, explicando os modelos que se utilizam da indução eletromagnética para o seu funcionamento. Relataram que acharam outros modelos, mas que perceberam que eles não se adequavam à proposta do trabalho.

As linhas do tempo, no dia seguinte haviam sumido das salas de aula. Os alunos relataram que no dia da entrega, quando foram embora, elas ainda estavam expostas nas paredes das salas, mas logo de manhã cedo, quando chegaram, elas não estavam mais presentes. A escola se responsabilizou por verificar nas câmeras o ocorrido, porém não foi justificado o sumiço dos trabalhos até o momento. Logo, essa avaliação formativa se baseou somente na apresentação oral de cada grupo.

No final do sexto encontro, os alunos receberam o material destinado às regras do jogo, para que eles pudessem estudá-las, bem como as características do jogo que seria aplicado no próximo encontro.

Para finalizar essa sequência de ensino e aprendizagem foram aplicados dois materiais que objetivaram verificar as implicações dessa sequência didática na aprendizagem dos estudantes: o *Jogo "Perfil Eletromagnético"* e uma avaliação escrita.

A aplicação do *Jogo "Perfil Eletromagnético"* foi realizada no sétimo encontro, que inicialmente foi planejado para uma aula simples, porém ao perceber que nenhum grupo conseguiu eleger um vencedor, a atividade foi estendida para mais uma aula, assim totalizando um tempo de 2h/aula.

Nessa atividade, foi observado que os alunos discutiam opções de respostas durante o jogo e a cada acerto (do jogador da vez), era preenchida a *Ficha de Desempenho – Perfil eletromagnético*. Ao longo do jogo, foi observado que os discentes estavam muito entusiasmados com o seu caráter competitivo, o que ocasionou esquecimento ou falha no preenchimento das fichas de desempenho individual, inviabilizando uma avaliação qualitativa, um pouco mais precisa, precisa a respeito do aprendizado dos alunos acerca do jogo.

Para aplicação do jogo as turmas se organizaram das seguintes formas:

- Turma A: 5 grupos e 1 dupla (as alunas relataram que não conseguem interagir com outros alunos na sala), sendo cada grupo composto por 5 alunos, sendo 2 grupos de meninos e 3 grupos de meninas.
- Turma B: 6 grupos, todos os grupos mistos, com 5 componentes.



Figura 4.4 Alunos organizados em grupo para a aplicação do jogo.

Uma aluna em específico sempre que errava uma carta, se reportava a mim com o interesse de entender porque a resposta que ela apresentou não se enquadrava à carta. Queria saber onde o raciocínio dela estava falho. Outros alunos ao fim do jogo relataram que tiveram a sensação de estarem aprendendo mais ao longo do jogo que em uma aula de exercícios clássica.

O oitavo encontro, que na verdade foi destinado para aplicação da prova Avaliação Bimestral do 3º bimestre de 2017, teve uma duração de 3 h/aula. Esse tempo foi estimado pela instituição de ensino onde foi feita a aplicação. Nesse encontro, foi aplicada a avaliação somativa final. Como a dinâmica da escola é de aplicação das avaliações ao mesmo tempo em todas as turmas, não foi possível acompanhar a execução dessa atividade presencialmente.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao longo da aplicação do produto educacional, algumas atividades foram recolhidas para análise posterior, na tentativa de verificar possíveis indícios de aprendizagem significativa.

Os materiais nos quais nos atemos para a realização de análises mais aprofundadas foram: avaliação prévia, roteiros experimentais e avaliação somativa final. A princípio, também iríamos utilizar as linhas do tempo confeccionadas pelos alunos e as fichas do jogo Perfil Eletromagnético como instrumentos de análise da aplicação dessa sequência didática, porém, como já relatado, ao longo da aplicação, a coleta de dados nessas duas atividades sofreram grandes falhas, de modo, que sua análise ficaria comprometida, pois não apresentaria uma base de dados sólida.

É de suma importância ressaltar que essa análise de dados não é suficiente para validar a eficácia, em aspectos de aprendizagem, desse produto educacional. É importante lembrar que esse trabalho apresenta uma característica mais voltada para a realização de um evento educacional com vista a produção de um relato. Dessa forma, como foi realizada a sua aplicação para uma pequena amostra de alunos, o que torna inviável atribuir esses dados a aspectos de uma pesquisa de cunho acadêmico para o ensino de física no ensino fundamental.

A análise da ocorrência de uma aprendizagem significativa e da existência de um subsunçor é relativamente complicada e em alguns casos bastante difícil. Dessa forma, é bastante difícil usar um mesmo padrão para avaliar todos os alunos. Assim, fizemos uma análise baseada nas médias obtidas por cada aluno de cada uma das turmas. Como parâmetro pra essa comparação, utilizamos o critério de acerto mínimo, correspondente a 60%, para a consideração de um possível indício de aprendizagem ou aquisição de subsunçor. Esse parâmetro escolhido foi baseado no parâmetro utilizado na escola na qual esse produto foi aplicado e nas escolas particulares em geral no Distrito Federal. Muito embora nós não estejamos partindo da ideia de que este limiar de 60% possua uma significação muito importante, ainda sim, representa um valor razoavelmente consensual.

5.1. AVALIAÇÃO PRÉVIA

A avaliação prévia, como já dito, foi um questionário aplicado a partir da hospedagem no site *socrative*. A aplicação dessa atividade apresentou o objetivo de prospectar os subsunçores: carga elétrica, corrente elétrica, campos elétrico e magnético. Estes subsunçores são a base para o desencadeamento de um processo de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

As turmas para as quais aplicamos o produto educacional teve o ensino de física no 8º ano do ensino fundamental voltado para a eletricidade. O professor regente daquele ano apresentou, com cunho qualitativo, alguns dos conceitos da eletrostática e eletrodinâmica, e finalizou o ano com uma introdução ao magnetismo. Dessa forma, esperávamos que nossos alunos tivessem os subsunçores de carga elétrica, corrente elétrica e campos elétrico e magnético.

Logo após a aplicação dos questionários, foi feita a análise prévia dos acertos e erros dos alunos, para poder fazer as alterações necessárias no material confeccionado para a aula posterior. Essas análises, mais aprofundadas, serão descritas agora nessa seção.

5.1.1. QUESTÕES SOBRE CORRENTE ELÉTRICA

Essas questões foram confeccionadas com o objetivo de prospectar o subsunçor de corrente elétrica. A aplicação desse conceito físico foi apresentada de três formas diferentes nas questões, para tornar a verificação menos subjetiva, apesar de que os resultados não podem ser conduzir a certeza, uma vez que a demonstração de um subsunçores é um fenômeno com que requer muita sutileza.

Na questão 1, o aluno foi exposto à aplicação da corrente elétrica no funcionamento de um circuito elétrico. A resposta esperada era de que “*As telas de TFT funcionam medindo a interrupção da corrente elétrica*”. O resultado apresentado pelas turmas está expresso pelas figuras 5.1 e 5.2.

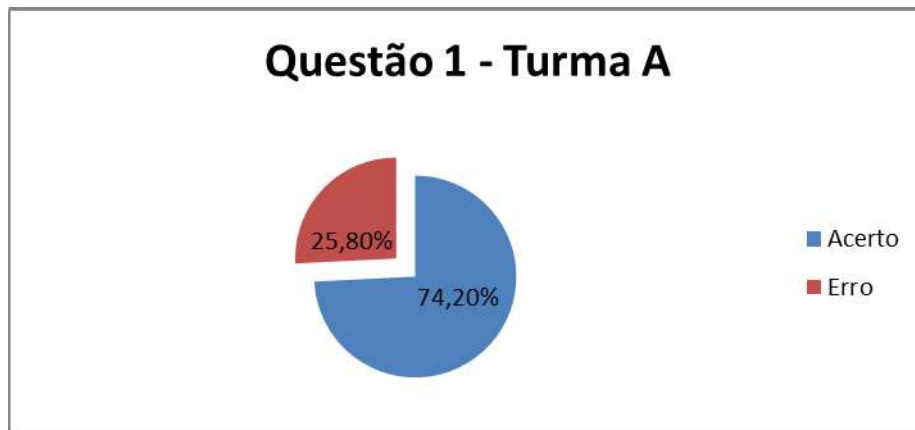


Figura 5.1 Gráfico questão 1 – Turma A

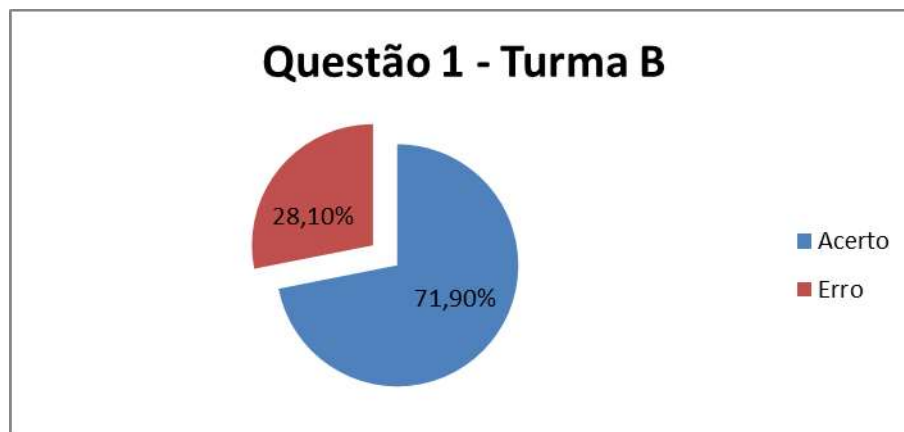


Figura 5.2 Gráfico questão 1 – Turma B

Os gráficos mostram que o índice de acertos em todas as turmas foi superior a 70%, sendo um indício de que os estudantes, possivelmente, conseguem diferenciar fenômenos resultantes da corrente elétrica, propriamente dita, em relação à diferença de potencial, somente.

A questão 5 tem como cerne o fenômeno da blindagem eletrostática. Dessa forma, essa questão não prospecta somente o subsunção de corrente elétrica, também almeja identificar o conceito de campo elétrico. Para isso, era esperado que o estudante fosse capaz de responder “*Para que haja uma **corrente**, é preciso que exista um campo elétrico.*”; “*para que a corrente elétrica passe pelo nosso corpo, o campo elétrico tem que ser **forte**.*”; “*Mas veja, isso só acontece se elas estiverem dentro, porque se colocarem a mão na parte metálica pelo lado de fora, serão torradas. Ou seja, existe*

campo elétrico do lado de fora.”. Os resultados expressos pelos estudantes estão representados nos gráficos das figuras 5.3 e 5.4.

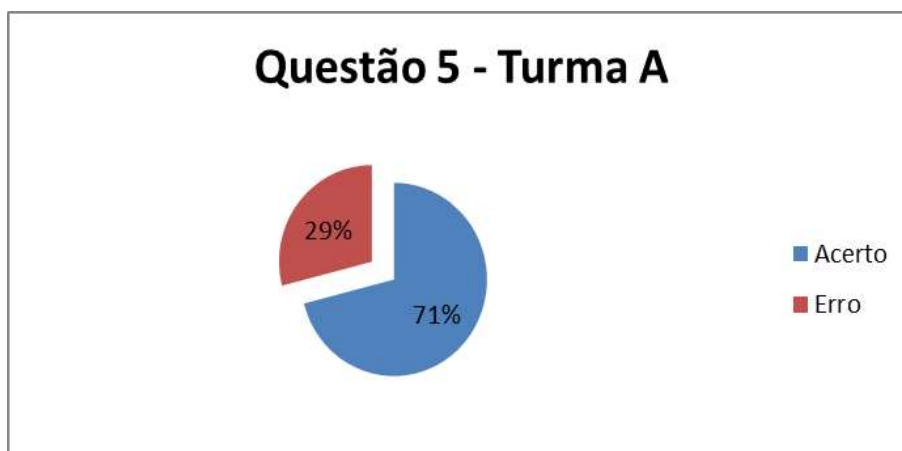


Figura 5.3 Gráfico questão 5 – Turma A

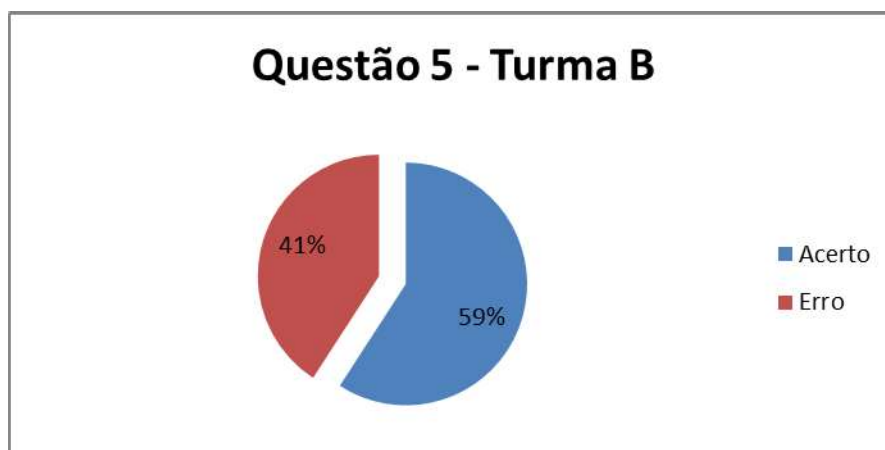


Figura 5.4 Gráfico questão 5 – Turma B

O desempenho, em geral, entre as turmas nessa questão foi diferente. A turma A apresentou um desempenho que induz à ideia de que mais de 70% da turma apresenta uma noção a respeito dos conceitos físicos relacionados ao fenômeno da blindagem eletrostática. A turma B mostrou-se mais dividida em relação esses conceitos. De forma que o índice de acertos nessa turma fosse inferior a 60%, tornando-se relativamente questionável a solidificação desses conceitos para os alunos.

E por último, na questão 7, foi realizada a análise da aplicação da corrente elétrica junto com o campo magnético, a partir de descrição de um eletroímã. Era esperado que as respostas apresentadas fossem “*Essa montagem promove a passagem*

de **corrente elétrica** e transforma o prego em um grande **ímã**. Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos (presentes em filmes), que são usados para de **atrair** os carros nos ferro-velhos.”. Seguem os gráficos com a porcentagem de acertos de cada turma.

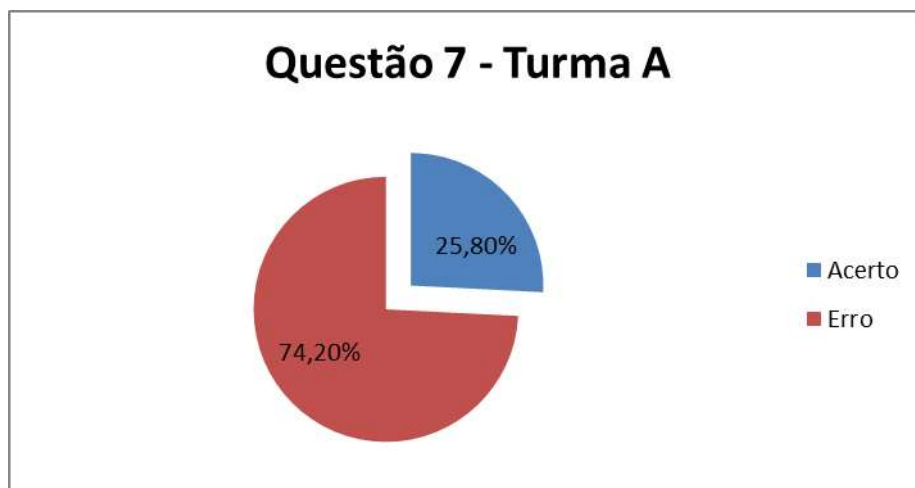


Figura 5.5 Gráfico questão 7 – Turma A

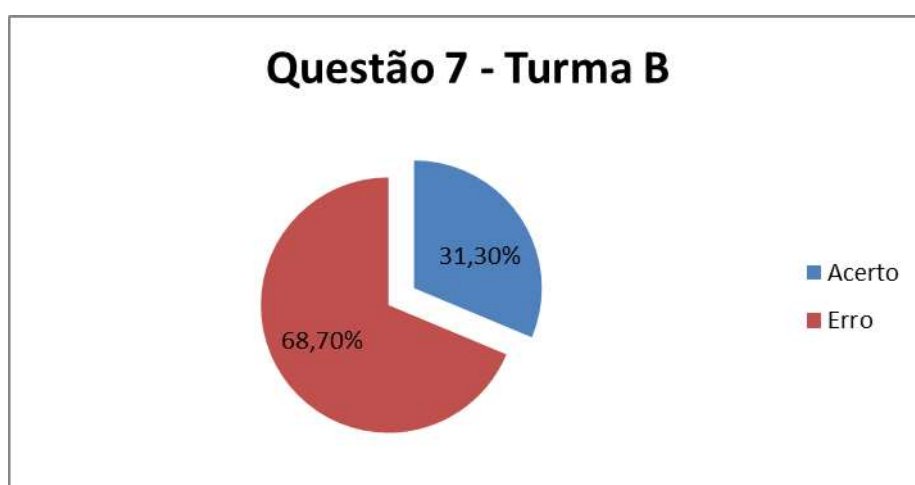


Figura 5.6 Gráfico questão 7 – Turma B

É possível ver que, para essa aplicação (eletroímã), os alunos apresentaram pouca familiaridade com a relação entre corrente elétrica e campo magnético. Esse resultado era relativamente previsível, já que esta relação entre corrente elétrica e campo magnético não foi trabalhada anteriormente com essas turmas. Porém, os acertos feitos, podem ser resultado da aprendizagem decorrente da relação entre o estudante e o

meio que o rodeia, sendo um possível subsunçor criado sem a participação direta da educação advinda da escola.

Uma análise conjunta da média de acerto de cada aluno, por turma, das três questões analisadas nessa seção, estão presentes nas figuras 5.7 e 5.8. As porcentagens são referentes à quantidade de questões que os alunos acertaram, assim: 100 % (barra azul) representa o acerto das três questões; 67% (barra verde) acerto de duas questões e 33% (barra vermelha) uma questão certa.

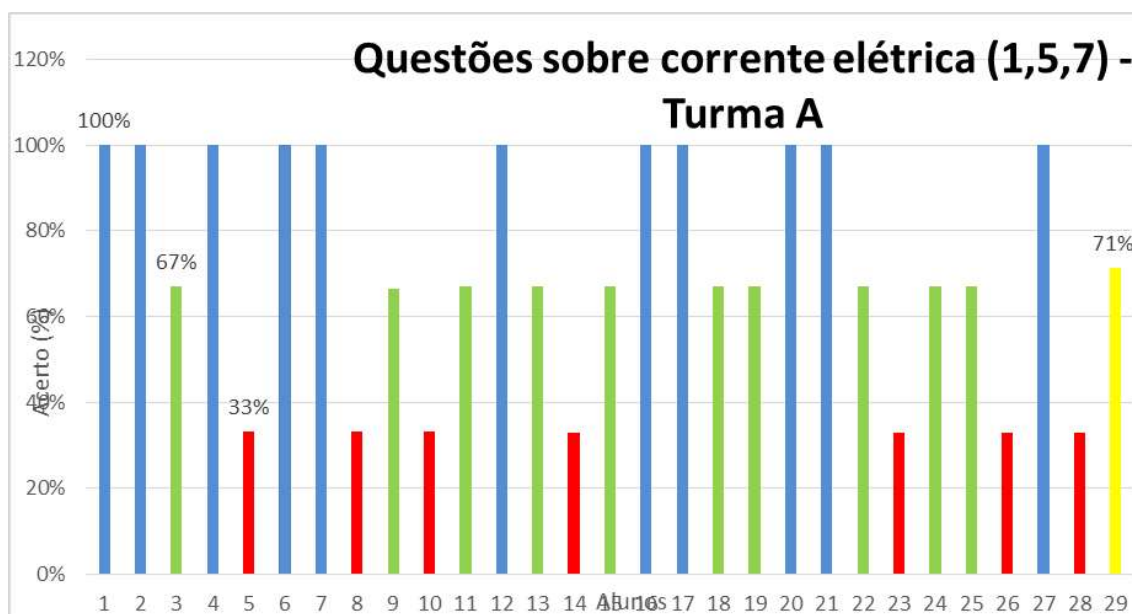


Figura 5.7 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma A

A última barra, referente ao número 29, é a média de acertos da turma A. Assim, para o conceito de corrente elétrica, essa turma apresentou uma porcentagem de 71% de acerto. Mediante esse dado, podemos ter uma ideia preliminar de que parte dos alunos tem um conhecimento prévio a respeito do conceito físico de corrente elétrica.

Os alunos de barra vermelha apresentaram uma porcentagem de acertos baixa em relação aos outros discentes. Porém, somente a aplicação desse teste não é suficiente para assumir que eles não apresentam em suas estruturas cognitivas conhecimentos prévios relevantes em relação ao que buscamos.

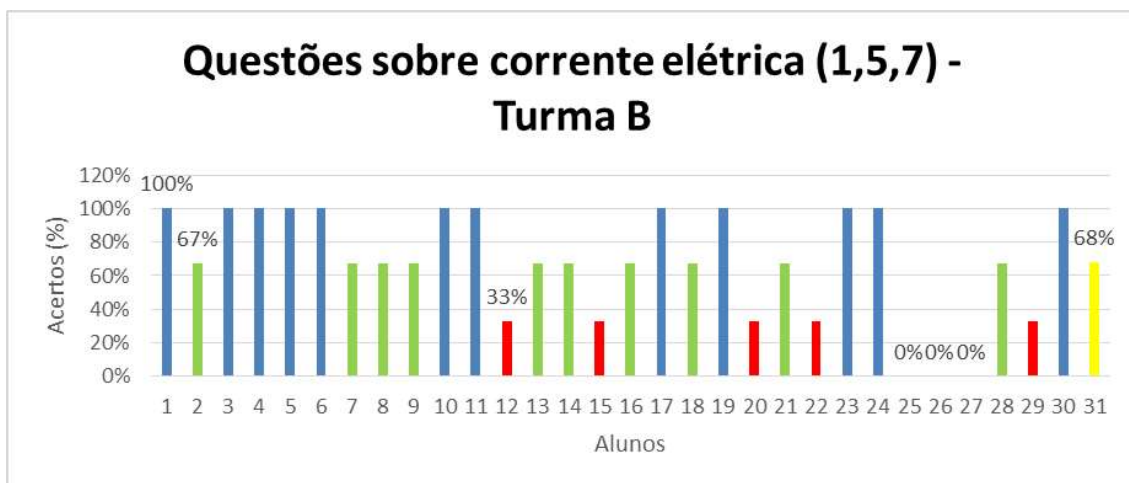


Figura 5.8 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma B

A última barra, referente ao número 31, é a média de acertos da turma B. Assim, para o conceito de corrente elétrica, essa turma também apresentou uma porcentagem de 68% de acerto. Mediante esse dado, podemos ter uma ideia preliminar de que parte dos alunos tem um conhecimento prévio a respeito do conceito físico de corrente elétrica.

Os alunos de barra vermelha e os de ausência total de acertos apresentaram uma porcentagem de acertos baixa em relação aos outros discentes. Salientamos, como anteriormente, que esse teste não é suficiente para assumir que eles não apresentam os conhecimentos prévios relevantes. De qualquer modo, para fins da presente análise, continuaremos a considerar que o parâmetro de 60% de acerto é convencionalmente um indicio de que o subunçor a que ele se refere não está presentes nesses indivíduos. Esse alerta serve também para as questões se seguirão.

5.1.2. QUESTÕES SOBRE CARGA ELÉTRICA

Essas questões foram confeccionadas com o objetivo de prospectar o subunçor de carga elétrica. A aplicação desse conceito físico foi apresentada de duas formas diferentes nas questões.

A questão 2 foi confeccionada para a aplicação do conceito de carga elétrica no processo de eletrização. A resposta esperada para essa questão é “*A eletrização entre o balão e o cabelo pode acontecer quando estiverem localizados a uma distância*

pequena um do outro, ou também, aumentar a quantidade de carga elétrica do balão, através do atrito com o cabelo.”. Os resultados apresentados pelos alunos estão representados nos gráficos das figuras 5.9 e 5.10.

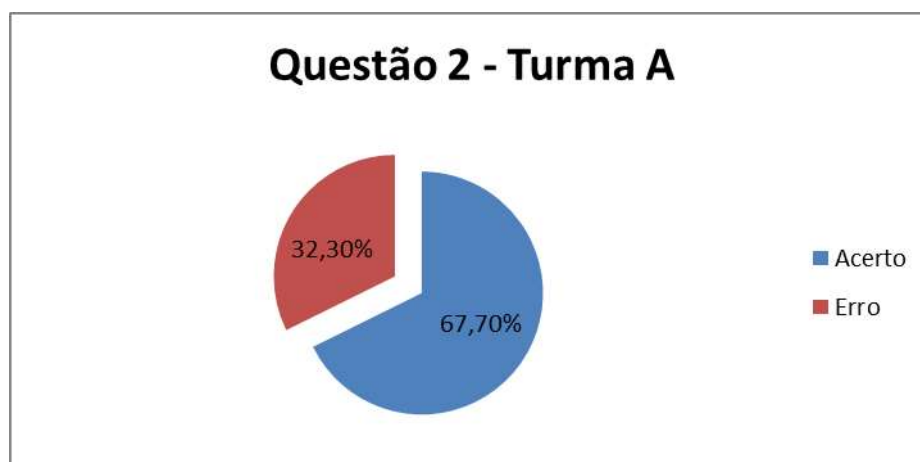


Figura 5.9 Gráfico questão 2 – Turma A

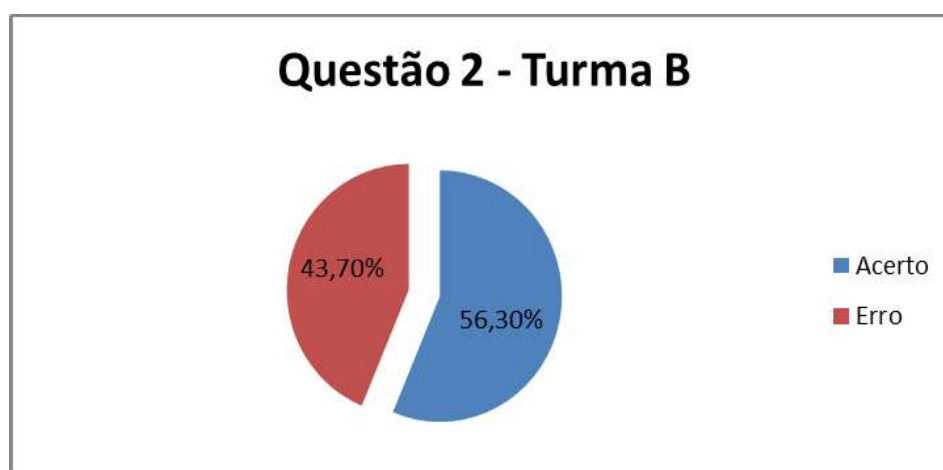


Figura 5.10 Gráfico questão 2 – Turma B

É possível notar, a partir da análise dos gráficos, que as turmas apresentaram desempenho diferente para essa questão. Os alunos da turma A apresentam, em sua maioria, a possível presença de conhecimentos prévios a respeito dos conceitos de carga elétrica. A turma B apresenta menos de 60% de acerto nessa questão. Para os nossos critérios iniciais de análise dos dados, essa porcentagem está abaixo do esperado para que se considere que o subsunçor exista.

A questão 3 apresenta a característica de diferenciação de cargas positivas e negativas no processo de eletrização. A resposta almejada é “*Sempre que os elétrons são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitos elétrons. Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de elétrons leva a um choque, ou seja, há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.*”. Nas figuras 5.11 e 5.12 são apresentados os resultados em forma de porcentagem de acerto e erro.

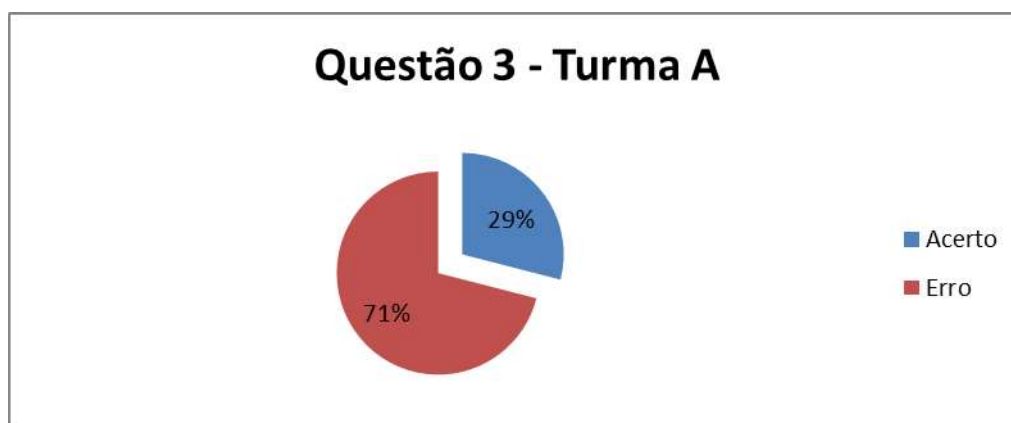


Figura 5.11 Gráfico questão 3 – Turma A

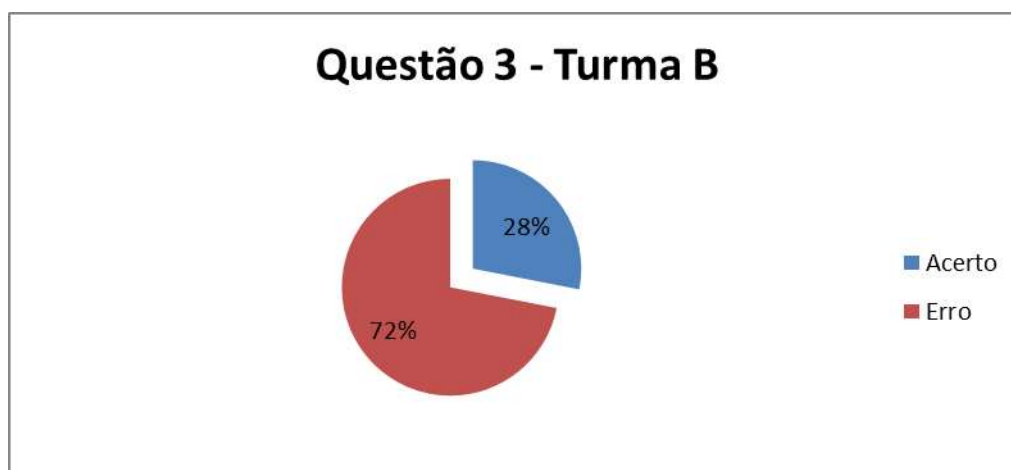


Figura 5.12 Gráfico questão 3 – Turma B

As duas turmas apresentaram o resultado bem abaixo da média que estabelecemos (60%) como possível índice da presença do subsunçor prospectado. Porém, essa questão não é o suficiente para assumir a ausência de conhecimentos a respeito do conceito de carga elétrica. Algumas razões podem ter sido responsáveis por

esse alto índice de erros: não saberem o papel dos prótons e elétrons na formação dos materiais; não saberem que as correntes reais são compostas por movimento de elétrons; e também, terem dificuldade de relacionar o processo de eletrização de acordo com o material que está sendo eletrizado, ou seja, identificar o conceito da série triboelétrica.

Uma análise conjunta da média de acerto de cada aluno, por turma, das três questões analisadas nessa seção, está presente nas figuras 5.13 e 5.14. As porcentagens são referentes à quantidade de acertos dentro das questões, assim: 100 % (barra azul) representa o acerto integral nas duas questões; 84% (barra roxa) foram feitos acertos parciais nas duas questões; 50% (barra verde) acerto em uma questão; 34 a 37% (barra vermelha) acertou metade de uma questão e 17% (barra alaranjada) acerto de menos da metade de uma questão.

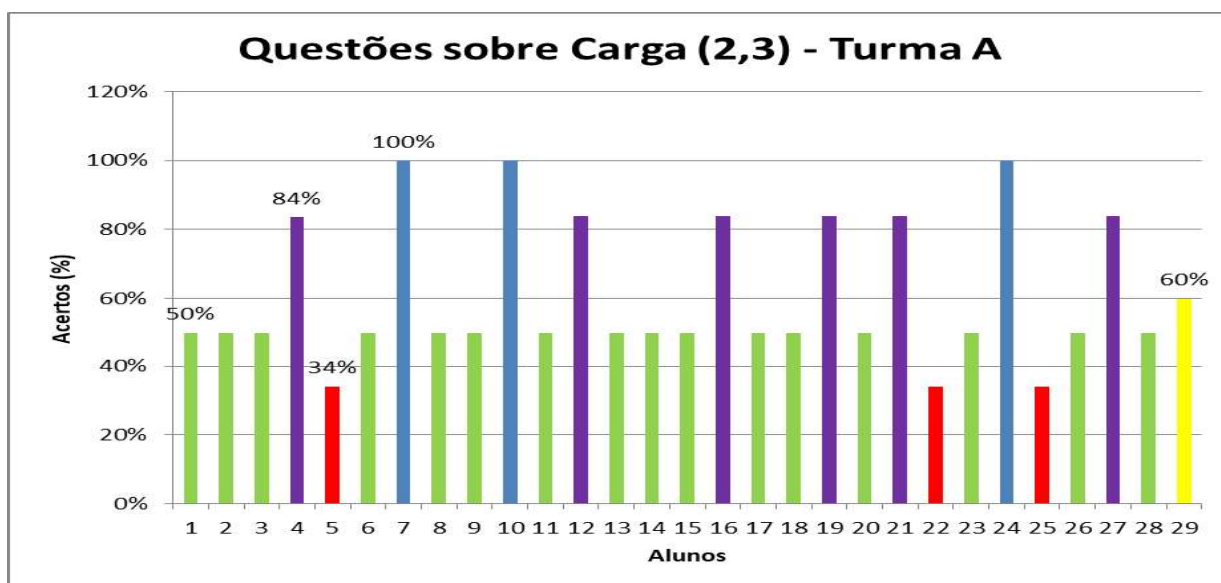


Figura 5.13 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma A

A última barra, referente ao número 30, é a média de acertos da turma A. Assim, para o conceito de carga elétrica, essa turma apresentou uma porcentagem de 60% de acerto. Em relação à porcentagem que estabelecemos para análise dos dados (60%), tivemos um índice de acertos que podem ser questionáveis, porém, podemos assumir, preliminarmente, que parte dos alunos tem um conhecimento prévio a respeito do

conceito físico de carga elétrica. Além disso, os alunos da barra vermelha apresentaram uma porcentagem de acertos baixa em relação aos outros discentes.

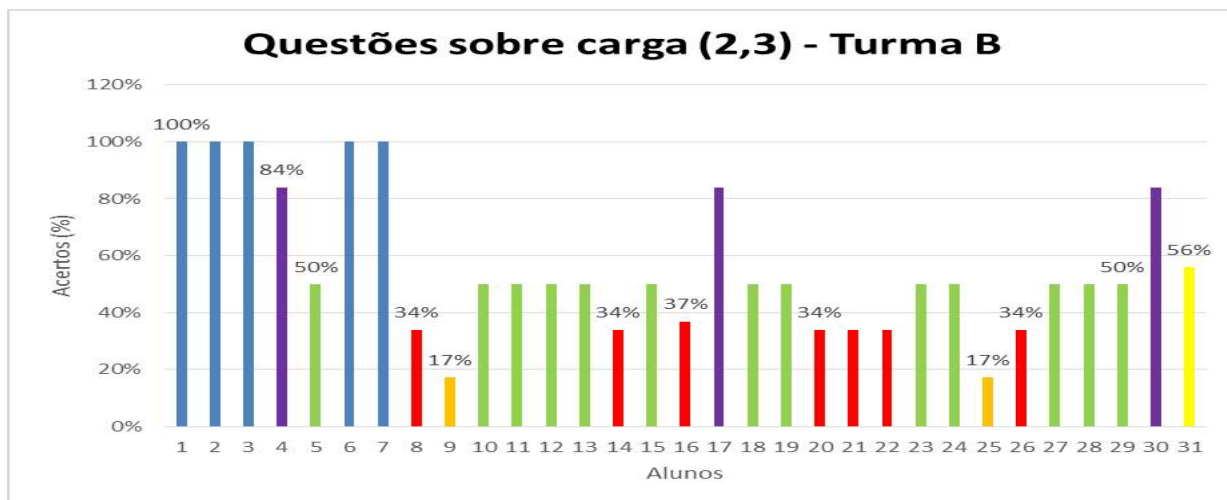


Figura 5.14 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma B

A última barra, referente ao número 31, é a média de acertos da turma B. Assim, como a turma A, essa turma apresentou uma porcentagem de 56% de acerto. Além de que os alunos correspondentes às barras vermelhas e laranjadas apresentaram uma porcentagem de acertos baixa em relação aos outros discentes.

5.1.3. QUESTÕES SOBRE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO

Essas questões foram confeccionadas com o objetivo de prospectar os subsunçores de campos elétrico e magnético. A aplicação desse conceito físico foi apresentada de quatro formas diferentes nas questões, apesar de que algumas questões também foram utilizadas para a prospecção de outros conhecimentos prévios.

A questão 4 foi confeccionada com o objetivo de verificar se, para os alunos, há relação entre campos elétrico e magnético com ondas eletromagnéticas. A resposta almejada era “... antenas que servem para receber **ondas eletromagnéticas**. Elas vem de torres que transmitem essas **ondas eletromagnéticas**...”. Nas figuras 5.15 e 5.16 estão presentes as porcentagens de acertos de cada turma.

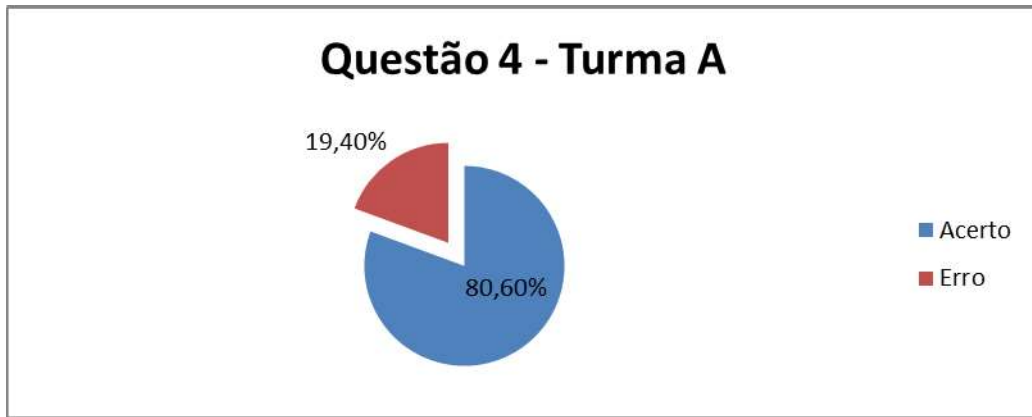


Figura 5.15 Gráfico questão 4 – Turma A

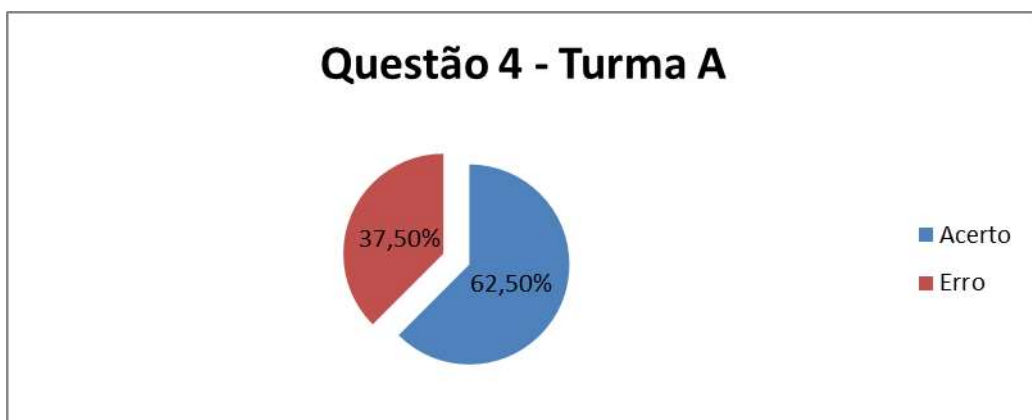


Figura 5.16 Gráfico questão 4 – Turma B

Para o nosso padrão de análise, as duas turmas apresentam indícios de que relacionam campos e ondas eletromagnéticas, como solicitado nessa questão. Entretanto, esse resultado não é suficiente para assumir que os eles entendem, profundamente, que as ondas eletromagnéticas são formadas por campos elétricos e magnéticos que se propagam de forma perpendicular entre si.

A questão 6 apresenta como principal objetivo a verificação do funcionamento de um ímã e sua interação com outros ímãs através de um campo magnético. Também verificar se há familiaridade com a expressão de fenômenos magnéticos por outros objetos que não se apresentam, visualmente, como um ímã tradicional. A resposta esperada é “*O ponteiro das bússolas é um ímã que estabelece ao seu redor campo. Quando o ímã é colocado em um campo de outro ímã, ambos tentam se alinhar. Como sabemos, a Terra é um gigantesco ímã*”.

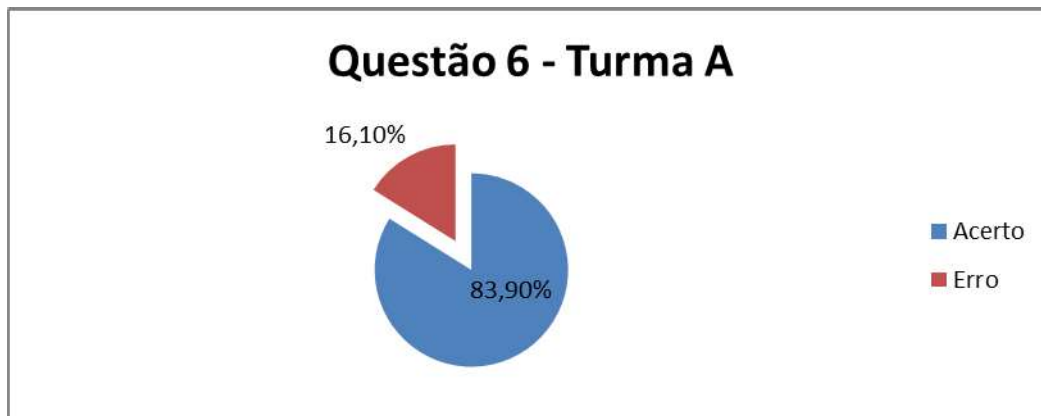


Figura 5.17 Gráfico questão 6– Turma A

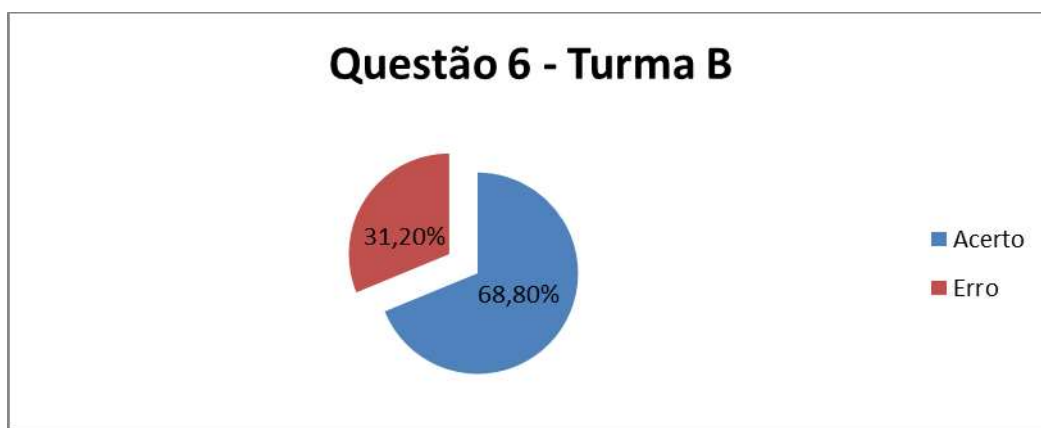


Figura 5.18 Gráfico questão 6– Turma B

A partir da análise das figuras 5.17 e 5.18, podemos perceber que os alunos, possivelmente, apresentam um conhecimento prévio a respeito do conceito de campo magnético. Apesar de que a questão 7, ao buscar a relação da eletricidade e o magnetismo, não apresentou um grande índice de acertos nas turmas, como visto na seção 5.1.1. Assim, sendo evidente que mesmo ao existir o conhecimento a respeito de campo magnético, os alunos não conseguem reconhecer sua capacidade de gerar corrente elétrica, ou de ser gerado por corrente elétrica. Já o conceito de campo elétrico, se apresenta de forma mais robusta, já que na questão 5, também analisada anteriormente, foi apresentado um índice de acerto satisfatório ao buscar verificar a relação entre corrente elétrica e campo elétrico. Evidenciando que os aprendizes, possivelmente, reconhecem quando os fenômenos são de natureza elétrica.

Uma análise conjunta da média de acerto de cada aluno, por turma, das quatro questões analisadas nessa seção, estão presentes nas figuras 5.19 e 5.20. As cores das barras são referentes à quantidade de acertos dentro das questões, assim: barra azul representa o acerto integral nas quatro questões; barra roxa representa acertos parciais nas quatro questões; barra verde é de acerto parcial em três questões e barra vermelha acerto parcial em até duas questões.

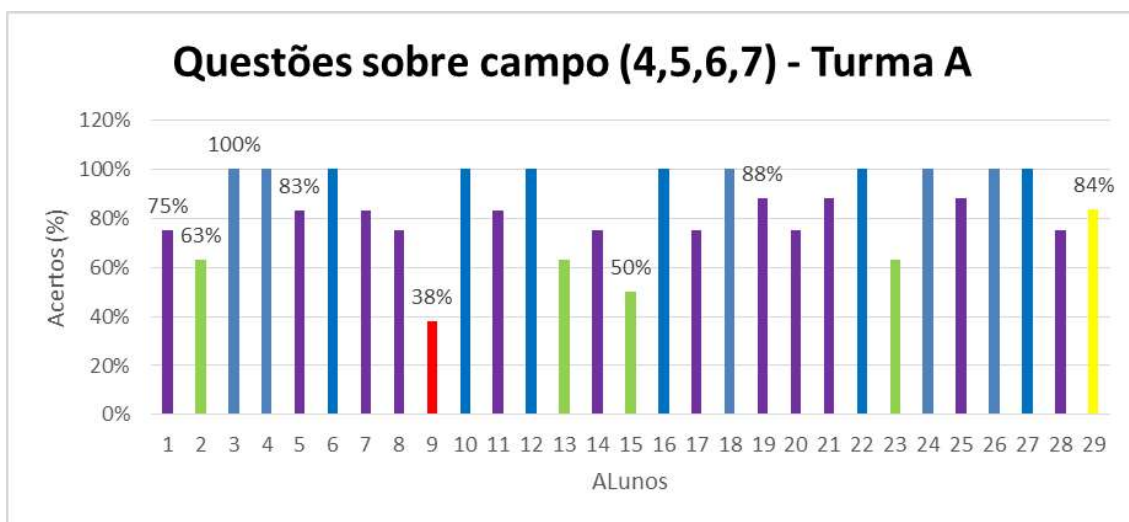


Figura 5.19 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma A

A última barra, referente ao número 29, é a média de acertos da turma A. Assim, para o conceito de campos elétrico e magnético, essa turma apresentou uma porcentagem de 84% de acerto. O que torna possível realizar uma constatação preliminar que parte dos alunos tem um conhecimento prévio a respeito do conceito físico prospectado. Novamente, os alunos das barras vermelhas apresentaram uma porcentagem de acertos baixa em relação aos outros discentes.

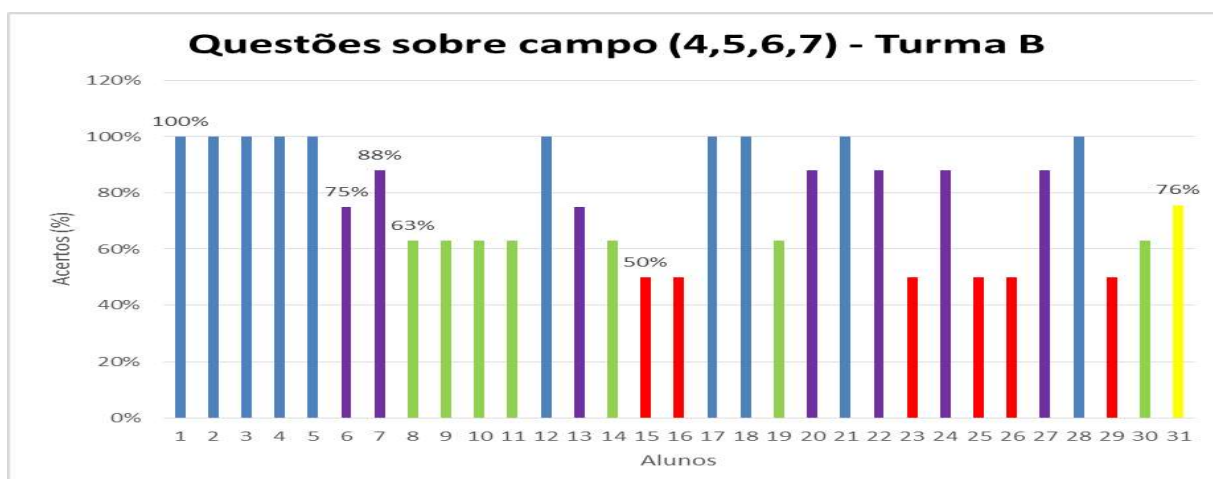


Figura 5.20 Gráfico média de acerto de cada aluno – Turma B

A última barra, referente ao número 31, é a média de acertos da turma B. Assim, para o conceito de campos elétrico e magnético, essa turma apresentou uma porcentagem de 76% de acerto, na qual assumimos, preliminarmente, que parte dos alunos, possivelmente, tem o subsunçor a respeito do conceito físico prospectado. Por outro lado, os alunos de barra vermelha apresentaram uma porcentagem de acertos mais baixa em relação aos outros discentes.

5.1.4. ANÁLISE GERAL DA AVALIAÇÃO PRÉVIA

Mediante os resultados obtidos, de acordo com o nosso critério de análise, as duas turmas apresentaram um desempenho médio abaixo do considerado satisfatório apenas nas questões envolvendo os conceitos de carga elétrica. Devido a esse resultado, resolvemos acrescentar na linha do tempo, nosso organizador prévio, mais informações a respeito do desenvolvimento do conceito de carga elétrica.

Optamos por fazer a análise final pelas médias dos resultados de cada turma, pois a sequência foi confeccionada para uma aplicação comum a todos os alunos. O motivo disto está no fato de que seria inviável analisar cada um dos discentes para fazer alterações que atendessem cada um deles ao serem expostos ao organizador prévio. Em todas as questões tivemos alunos com resultados abaixo do esperado, esses resultados

não foram negligenciados, pois tentamos fazer um acompanhamento mais próximo ao longo das aulas com esses alunos, já que muitas atividades eram dependentes da participação ativa do estudante, não ficando centrada somente no professor. Além disso, a nossa sequência didática foi construída contemplando diferentes metodologias educacionais, pela razão de já esperarmos turmas heterogêneas.

5.2. ROTEIROS EXPERIMENTAIS

O cerne do nosso trabalho é a manipulação e análise de dois experimentos de Faraday: Motor Homopolar e o Disco de Faraday. Durante a manipulação os alunos tiveram que responder algumas perguntas presentes no roteiro experimental, as quais serviram de base para a construção da aula posterior destinada para a explicação teórica desses experimentos. A análise dessas respostas será apresentada abaixo.

5.2.1. PARTE I – MOTOR HOMOPOLAR

Essa parte foi construída com duas perguntas as quais os grupos deveriam responder após a manipulação experimental: “Qual o movimento da haste no líquido” e “Por que há interação entre um fio de cobre e um ímã?”. A primeira pergunta teve resposta unânime: movimento circular; giro; movimento giratório. A segunda pergunta apresentou resultados muito variados, porém todos eles são insuficientes para assumir a compreensão, por parte dos alunos, no que diz respeito as conexões entre eletricidade e magnetismo. É importante lembrar que essa atividade foi introdutória à explicação do fenômeno da indução eletromagnética, que só foi explicado, conjuntamente com os termos fisicamente corretos, na aula seguinte.

Seguem as transcrições das respostas que mais foram apresentadas.

“Porque há uma repulsão entre o fio de cobre e o ímã”.

“O fio de cobre se move ao redor do ímã. O fio está tendo a passagem de corrente que ao se encontrar com o líquido que possui ânions e cátions conduz corrente, que ao se encontrar com um ímã, gera o movimento”.

“Porque os dois se atraem”.

“Para interação ao ímã e o cobre precisa de eletricidade”.

“Por causa da energia que vem dos polos”.

5.2.2. PARTE II – DISCO DE FARADAY

Nessa parte, após analisarem o funcionamento do Disco de Faraday, os alunos deveriam responder as perguntas: “Qual a relação entre a velocidade de giro e a intensidade da corrente elétrica?” e “Qual a relação entre a rotação do disco na presença do ímã com a corrente elétrica?”. Para a primeira, foi unânime a resposta de que a velocidade e a corrente eram diretamente correlacionadas. As respostas estabelecidas para a segunda pergunta são apresentadas na sequência.

Seguem as transcrições das respostas que mais foram apresentadas.

“A velocidade do giro causa atrito entre o disco e o campo magnético produzido pelo ímã. Eletrizando o disco e formando corrente elétrica.”

“Que a combinação dos dois que produzem elétrons formando a corrente elétrica”.

“Pois o ímã e o disco tem uma relação de afastamento devido a movimentação que os dois seguem.”

Mediante essas respostas, é possível perceber que os alunos não conseguem relacionar a geração de corrente elétrica devido à presença de um campo magnético, como conjecturamos ao realizar a análise das questões de campo na avaliação prévia (seção 5.1.3). As respostas apresentadas nessa seção foram as que mais se repetiram, de forma parafraseada, pelos alunos.

5.2.3. PARTE III – RELAÇÃO ENTRE OS EXPERIMENTOS E O FENÔMENO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Esta seção do roteiro foi confeccionada tentando que o aluno conclua que os dois experimentos funcionam a partir das mesmas causas físicas. Para isso, pedimos que

respondessem: “Existe relação entre a causa do funcionamento dos dois experimentos? Explique.” e “O que significa dizer ‘O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio’?”.

Para a primeira pergunta, esperávamos respostas em que nos dois experimentos havia a presença dos elementos: campo magnético, corrente elétrica e movimento relativo entre ambos. Além de ser uma pergunta que instigasse os alunos a testarem hipóteses como, por exemplo, a retirada ou inclusão de ímãs nos aparatos experimentais.

Todos os grupos concordaram que existia uma relação, porém nem todas as respostas corresponderam às expectativas, inclusive algumas utilizaram termos que nem foram trabalhados no produto educacional, como energia elétrica e eletricidade.

A segunda frase foi apresentada para verificação da absorção do significado do termo “linhas de força”, apresentado anteriormente nessa sequência didática (Seção 3.1). A interpretação dos alunos foi muito aquém do esperado. Algumas associações de linhas de força foram feitas com força magnética e intensidade da corrente elétrica, porém essa não era a relação esperada que fizessem. Além disso, a grande maioria não conseguiu associar essa frase com os experimentos vistos.

As respostas que apresentadas abaixo foram as mais comuns entre os grupos para a primeira pergunta.

“ Sim, pois ambos há movimento e corrente elétrica”.

“Sim, pois os dois fazem um meio de circuito.”

“A questão dos polos e dos campos eletromagnéticos. Primeiro que o movimento produz energia e o outro que a energia produz o movimento.”

“Sim. Pela ação do movimento e energia, ou energia gera movimento e movimento gera energia. Nos experimentos o movimento gerou energia no amperímetro, e a energia gerou o movimento do disco na outra.”

“Sim. Porque os dois precisam do ímã para funcionar, mas no 1º a energia ‘faz’ o giro e no 2º o giro faz a energia.”

As respostas que apresentadas abaixo foram as mais comuns entre os grupos para a segunda pergunta.

“Pois estará produzindo muita energia, produzindo uma corrente em um fio.”

“Por causa da atração dos polos.”

“A interação entre as variações dos polos geram corrente.”

“A variação da força magnética pode causar mais força energética em um fio, tornando-o mais potente conforme ganha energia.”

“Dependendo da força magnética, a corrente vai ser maior ou menor.”

5.2.4. ANÁLISE GERAL DO ROTEIRO EXPERIMENTAL

Como já esperado, os grupos que conseguiram desenvolver hipóteses sobre os experimentos, apresentaram respostas superficiais que não são suficientes para o real e profundo entendimento do processo que explica os experimentos. Porém, essa aula foi a primeira a respeito do fenômeno de indução eletromagnética, assunto que provavelmente foi novo para grande maioria dos alunos.

Apesar de grande parte das respostas não terem sido as almeçadas, essa aula foi extremamente importante por proporcionar que os discentes questionassem e possivelmente formulassem hipóteses a partir dos conhecimentos de eletricidade e magnetismo adquiridos até aquele instante. Isto, pois auxilia no ensino de ciência de forma correta, ou seja, aquele que deve capacitar o aluno a analisar e entender, por si só, situações diferentes das quais ele está acostumado (PCN, 1997; MORETTO, 2009; PCN +, 2009; MOREIRA, 2011). Além de agregar um enorme valor no processo de aprendizagem por recepção, desenvolvido na aula posterior.

Fazer as perguntas, ou expor os alunos a situações-problema, antes de prover a explicação condizente não é equivalente a aderir a uma estratégia de aprendizagem por descoberta. Isso é evidente pelo fato de que não se espera que o aluno alcance as respostas corretas. O objetivo aqui é, tão somente, permitir que a atenção do aluno se dirija para o objeto de aprendizagem, de modo que, quando ele for exposto à sua

explicação, de alguma forma, por meio de um processo motivacional interno, seus subsunçores passem a estar mais “disponíveis” para o processo de subsunção propriamente dito.

Para a confecção da aula sequencial, nos aproveitamos dos erros e acertos apresentados nos roteiros dos grupos. Uma vez que o próximo encontro foi responsável por realizar a explicação da indução eletromagnética e os experimentos de Faraday trabalhados no laboratório.

5.3. AVALIAÇÃO SOMATIVA FINAL

A avaliação final foi dividida em duas partes: avaliação formativa – jogo – e avaliação somativa. Porém, não conseguimos aproveitar os resultados produzidos pelo jogo, pois o nosso instrumento de análise seriam as *Fichas de Desempenho*, que os alunos deveriam preencher ao longo da atividade. O preenchimento não foi preciso e criterioso, por tanto, nossa análise se ateve ao relato de aplicação dessa atividade (Capítulo 4). Portanto, para uma busca de indícios de aprendizagem potencialmente significativa, nos ativemos à análise das respostas obtidas na Avaliação Somativa Final.

5.3.1. QUESTÕES ENVOLVENDO HISTÓRIA E A CONTRIBUIÇÃO DOS CIENTISTAS

As duas primeiras questões da nossa avaliação são objetivas. Elas apresentam diferentes situações históricas do eletromagnetismo de acordo com os cientistas e trabalhos apresentados ao longo da sequência didática.

QUESTÃO 01

Do final do século XVIII para o século XIX, os estudos na física se intensificaram nas áreas do calor, eletricidade e magnetismo. Alguns dos físicos da época apresentaram trabalhos referentes a essas áreas apoiados na crença dos fluidos imponderáveis. Esses fluidos eram meios atômicos e rígidos que comportavam a ocorrência de fenômenos físicos.

Em 1820, Hans Christian Oersted fez a primeira descoberta sobre a relação entre a eletricidade e o magnetismo, abrindo caminho para o desenvolvimento de estudos na área. Uma das descobertas posteriores foi a definição de linhas de força,

realizada por Michael Faraday, que hoje chamamos de campo. Conceito que substitui os fluidos imponderáveis.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo, **JULGUE** os itens.

1. A descoberta de Oersted foi em relação à geração de campo magnético na presença de uma corrente elétrica.
2. O experimento de Oersted detectou que efeitos magnéticos são perpendiculares à corrente elétrica.
3. Para Faraday, todo o espaço seria preenchido pelas linhas de forças magnéticas. A densidade dessas linhas seria correspondente à intensidade da força de interação entre os corpos.
4. O conceito de linhas de força de Faraday possibilitou uma explicação menos abstrata a respeito das forças de ação à distância.
5. Os fluidos imponderáveis magnéticos se comportam de forma à fluírem do polo norte para o polo sul.

QUESTÃO 02

Em 1820, o físico Oersted, estudando a ação de uma corrente elétrica sobre um ímã, descobriu que quando colocada uma bússola paralelamente ao fio, esta sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ela. Conseqüentemente, uma corrente produz um campo magnético. Os resultados de Oersted foram usados pelo físico Ampère, em 1826, para desenvolver matematicamente a relação entre a passagem de corrente elétrica em um condutor retilíneo e o surgimento de fenômenos magnéticos nele.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo, **JULGUE** os itens.

1. Para Ampère, o campo magnético de um ímã era explicado pela presença de correntes moleculares no seu interior.

2. As linhas de forças magnéticas podem ser visualizadas através de limalhas de ferro.

3. A descoberta de Oersted possibilitou o desenvolvimento da unificação da eletricidade, magnetismo e luz, ao longo do século XIX.

4. Ao analisarmos a lei de Coulomb, verificamos a dependência dos fenômenos elétricos com o meio onde ocorrem.

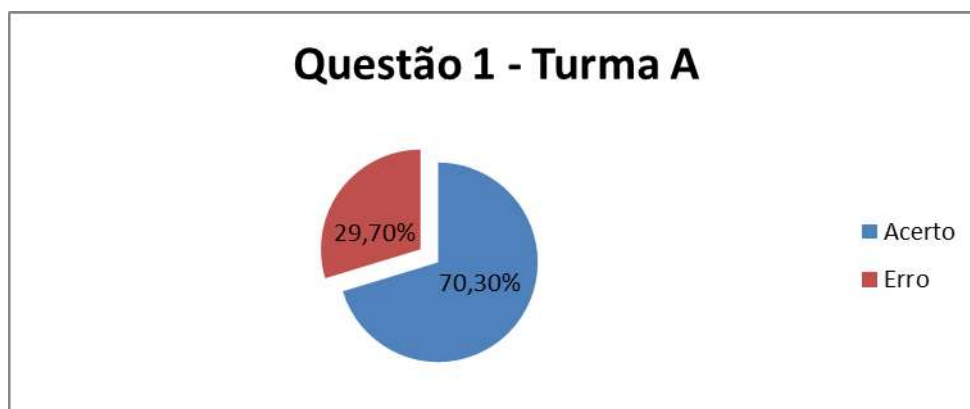


Figura 5.20 Gráfico questão 1– Turma A

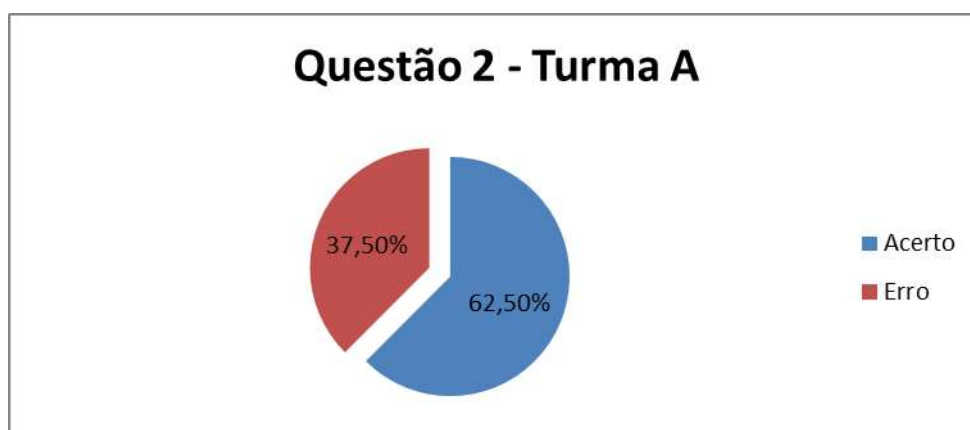


Figura 5.21 Gráfico questão 2– Turma A

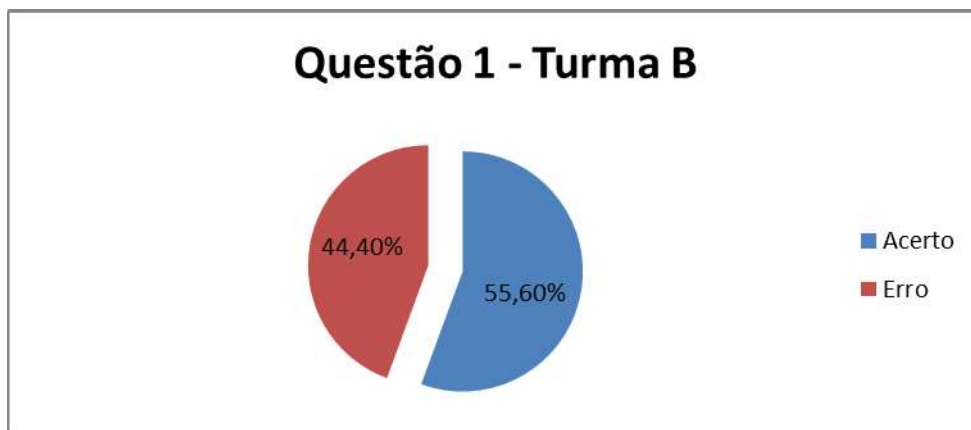


Figura 5.22 Gráfico questão 1– Turma B

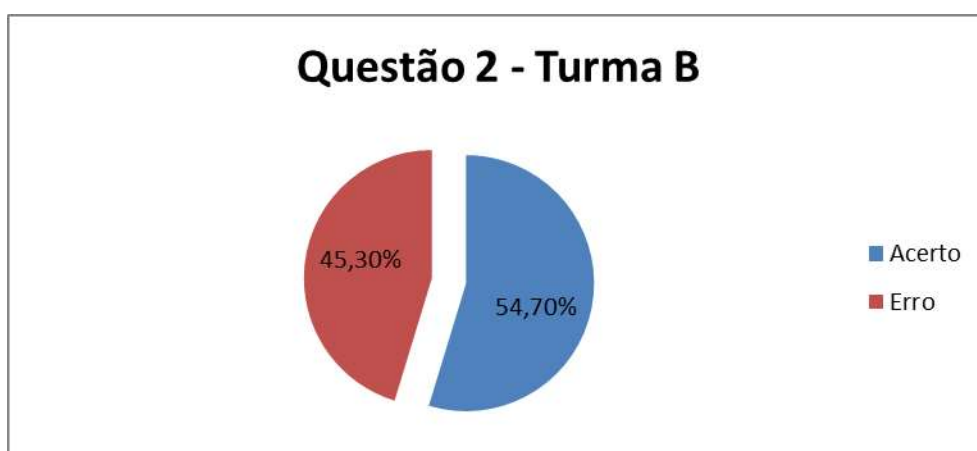


Figura 5.23 Gráfico questão 2– Turma B

A turma A apresentou um desempenho nessas questões superior ao nosso critério de 60% de acerto. Já a turma B, apresentou um desempenho regular nessas questões, em relação ao nosso critério. Porém, essas questões não são a melhor forma de análise do desenvolvimento das habilidades de reconhecimento e compreensão de fatos históricos do desenvolvimento do eletromagnetismo. Uma vez que essas questões são de caráter objetivo, o que ocasiona uma desvantagem ao impedir que o aluno mostre a construção do seu conhecimento, pois ela pode ser rasa ou específica demais para relacionar-se com algumas informações presentes nas questões.

O melhor momento da nossa sequência para a verificação do entendimento das contribuições históricas seria a aula da exposição das linhas do tempo, porém nos ativemos apenas a relatar essa atividade devido aos problemas que tivemos em relação a

perda irreparável das linhas do tempo, que nos impediram de avaliar criteriosamente esse material (Capítulo 4).

5.3.2. REAPLICAÇÃO DE QUESTÕES DA AVALIAÇÃO PRÉVIA

Mediante a análise da avaliação prévia, escolhemos duas questões que tiveram um baixo índice de acertos para repetimos sua aplicação. Essas questões sofreram algumas alterações para comporem a avaliação posterior. Nosso objetivo, com essa reaplicação, é verificar possíveis indícios de aprendizagem significativa. Essas questões são a 3 e a 4 da avaliação final somativa.

QUESTÃO 3

PREENCHA as lacunas com **a melhor classificação de carga** para a situação.

Em dias secos, muito comuns em Brasília, pessoas que trabalham em ambientes acarpetados tomam várias pequenas descargas elétricas, ao tocarem em maçanetas, em objetos metálicos ou em outras pessoas. Sempre que os _____ são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitas cargas. Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de _____ leva a um choque, ou seja há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.

A questão 3 trabalha o conceito de carga elétrica com o objetivo de verificar a capacidade de diferenciação entre positiva e negativa. Os gráficos (Figuras 5.24 e 5.25) comparam as médias de acertos da questão da avaliação prévia com a dessa nova aplicação.

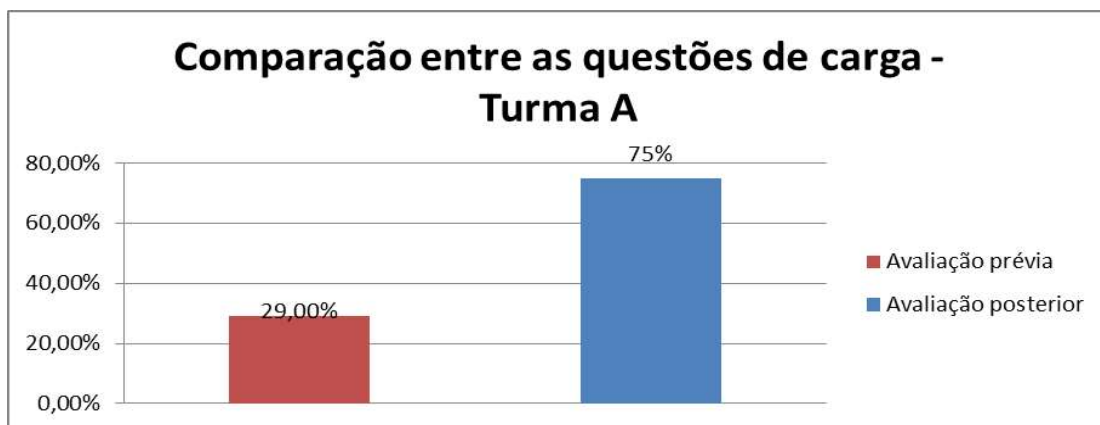


Figura 5.24 Gráfico questão de carga – Turma A

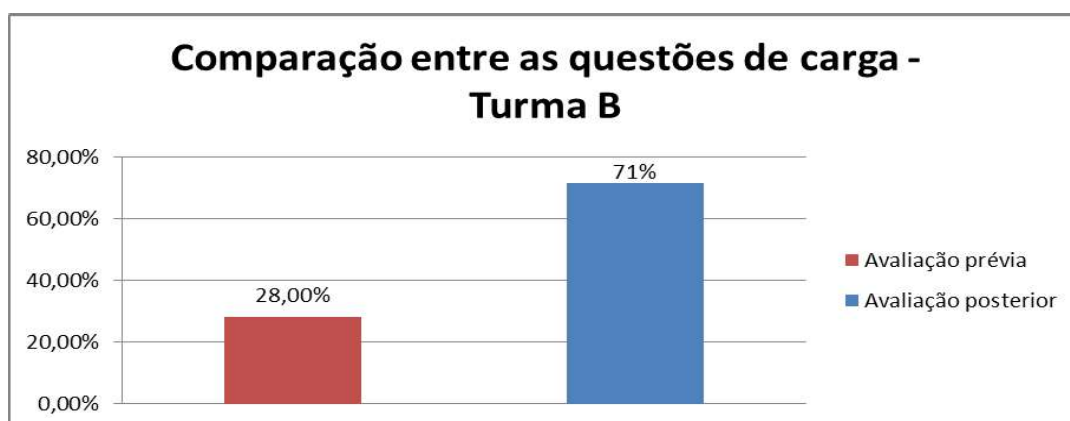
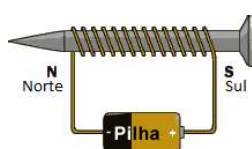


Figura 5.25 Gráfico questão de carga – Turma B

De modo geral, nas duas turmas houve uma aparente melhora na compreensão do conceito em relação à diferenciação na qualidade das cargas. Não fizemos uma análise individual do desempenho médio de cada aluno, pois apenas uma questão não é suficiente para mensurar a alteração de um subsunçor.

QUESTÃO 4



PREENCHA as lacunas com a melhor escolha para a situação.

O eletroímã, em sua versão mais simples, é constituído por um prego enrolado por um fio esmaltado, onde as pontas do fio são ligadas à uma pilha.

Essa montagem promove a passagem de _____ e transforma o prego

em um grande _____. Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos, que são usados para de _____ os carros nos ferro-velhos.

A questão 4 trata do conceito de corrente elétrica. Mesmo esse conceito tendo sido apresentado com percentual de acerto médio acima de 60% nas turmas (Seção 5.1.1), optamos por repetir a única questão que apresenta uma relação entre corrente elétrica e campo magnético. Essa questão, na avaliação prévia, apresentou um índice de acerto aquém do almejado. Como a relação entre essas duas grandezas físicas é o cerne do nosso produto, é importante que se verifique indícios de aprendizagem significativa ocorrida após a aplicação da sequência didática.

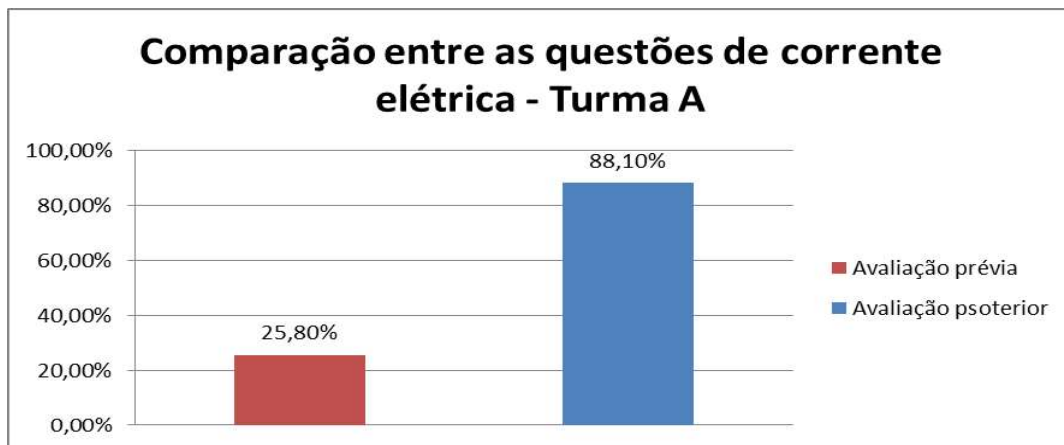


Figura 5.26 Gráfico questão de corrente – Turma A

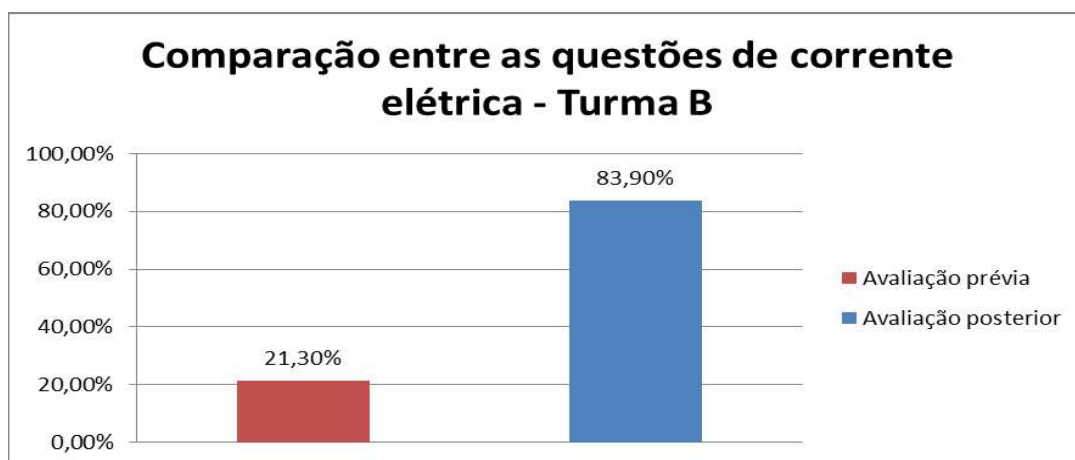


Figura 5.27 Gráfico questão de corrente – Turma B

Novamente, nas duas turmas houve uma aparente melhora na compreensão da relação entre corrente elétrica e campo magnético. Porém, para realizarmos uma afirmação mais consistente a respeito do possível aprendizado sobre essa relação, vamos analisar as outras questões.

5.3.3. QUESTÕES DISCURSIVAS

As questões 5, 6 e 7 foram formuladas visando que os discentes apresentassem o que absorveram das manipulações experimentais associadas à aula posterior (explicação teórica). Para a confecção de uma resposta completa para essas questões, era necessário que o aluno tivesse, de fato, entendido o fenômeno da indução eletromagnética.

É importante ressaltar que o nosso trabalho foi aplicado para alunos do 9º ano do ensino fundamental, sendo essa série considerada preparatória para entrada no ensino médio. Desse modo, muitas vezes, as explicações apresentadas por eles são feitas sem nenhum rigor na utilização de termos considerados estritamente corretos do ponto de vista da física. Essa exigência de maior rigor na expressão de ideias é geralmente feita em relação aos alunos do 3º ano do ensino médio. É nessa série que o ensino da indução eletromagnética é realizado com um pouco mais de rigor matemático e conceitual, devido à maturidade que esperamos dos discentes.

QUESTÃO 05

Em 1821 houve a primeira experiência relatada de Michael Faraday na área do eletromagnetismo. Ele repetiu a experiência de Oersted em uma montagem diferente, como na figura ao lado. Este foi chamado de Motor Homopolar.

De acordo com o experimento citado, **EXPLIQUE** o seu funcionamento.



Na questão 5, o estudante tinha a possibilidade de explicar o funcionamento do motor homopolar seja pelo seu manuseio ou pela sua conceituação teórica. O que esperávamos como resposta completa era a associação entre as duas explicações e, se possível, o motivo pelo qual esse experimento foi criado. Ao se tratar da conceituação

teórica, o aluno poderia apresentar duas visões. A primeira ao considerar os estudos de Oersted em que o campo do ímã e o campo gerado no fio deveriam se aliar, assim, havendo um torque no fio, pois ele é o único elemento móvel naquele circuito. E a segunda explicação seria a visão mais moderna, que se atem ao surgimento da força de Lorentz. Essa força surgiria a partir da interação entre o campo magnético do ímã sobre os portadores de carga em movimento no fio de cobre, gerando forças magnéticas, que a sua resultante implicaria em uma força na direção circuital (azimutal), no torque do fio condutor.

Seguem algumas respostas apresentadas pelos alunos.

“A corrente elétrica ativa o campo magnético, fazendo que a linha gire, em forma circular para mostrar o formato do campo.”

“O motor homopolar comprovou o caminho circular das linhas de campo magnético. Ele funciona na geração de campo magnético na presença de corrente elétrica.”

“O motor homopolar surgiu para comprovar que os campos magnéticos seriam circulares. Neste experimento, um fio recebe uma corrente elétrica que gerava um campo magnético e fazia com que o fio girasse ao redor de um ímã. Este experimento ocorre por meio de uma indução eletromagnética.”

“O seu funcionamento serve para comprovar o caminho das linhas de força magnética. Onde a corrente elétrica produzida no líquido condutor (água) e passa pelo fio condutor que, na presença de um objeto magnético, faz movimentos circulares.”

“Indução eletromagnética. Funciona pela geração de um campo magnético diante da passagem de corrente elétrica.”

“Com a passagem de corrente por um fio se cria um campo magnético em volta dele, mostrando o movimento circular das linhas de força.”

A maior parte das respostas se ativeram à ideia de geração de um campo magnético no fio que se alinhava ao campo magnético do ímã, ou seja, a visão de Oersted, compartilhada no seu aspecto puramente mecânico, também, por Ampère e

Faraday. Além de ressaltarem que esse experimento comprova o caminho circular das linhas de força magnética.

Em 1831, Faraday fez a construção de um disco dínamo como na figura ao lado. Ele é constituído por um disco de cobre entre dois polos magnéticos fixos e constantes, uma escova de metal e um amperímetro. Foi classificado como o primeiro gerador de energia elétrica da história. De acordo com o experimento, responda a **questão 06**.

QUESTÃO 06

EXPLIQUE o funcionamento do disco de Faraday

A questão 6 também poderia ser respondida tanto pelo manuseio experimental, quanto pela teoria física que a explica. Além disso, também foi permitido que eles fizessem uma associação preliminar com o processo de transformação de energia existentes nesse circuito, uma vez que essa abordagem foi apresentada por alguns grupos na apresentação das linhas do tempo (dos alunos). Novamente, esperávamos que a resposta, para ser completa, fosse dada com relação à manipulação e a teoria conjuntamente.

Seguem algumas respostas apresentadas pelos alunos para a questão 6.

“Transforma energia mecânica em energia elétrica, onde a força magnética move os elétrons do centro do disco para as bordas.”

“O disco converte energia mecânica em elétrons ao girar entre os ímãs. A variação das linhas de força induz uma corrente elétrica no disco, corrente que é ‘empurrada’ do meio até as bordas. Esse fenômeno ocorre por indução eletromagnética.”

“Ele transforma energia mecânica em energia elétrica. O disco de Faraday gera a força de Lorentz.”

“O disco precisa de um movimento giratório para passar carga para o amperímetro.”

“Ao ‘esfregar’ o disco na escova criamos atrito eletrizando-o e ao passar no meio dos polos ocorre a relação entre corrente elétrica e magnetismo.”

“Transformação de energia mecânica em elétrica, que os elétrons do centro do disco com o movimento iriam para as pontas, assim explicando o fenômeno da indução eletromagnética (corrente elétrica).”

“Transforma energia mecânica em elétrica, gerando força magnética, distribuindo elétrons ao redor do disco.”

Alguns alunos ainda apresentaram uma ideia de que o “disco, ao girar, é eletrizado pelo atrito” ou que o aparecimento da corrente elétrica é um “fenômeno mágico”, ou seja, ele não consegue estabelecer uma relação causal para a explicação do fenômeno, invocando apenas princípios vagos. Tudo isso soa como se a associação entre geração da corrente elétrica e a existência de um campo magnético não tenha sido absorvida por alguns alunos.

QUESTÃO 07

EXPLIQUE a frase: “O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio”.

A questão 7 apresenta a necessidade de entendimento da nomenclatura, historicamente original, de linha de força e da associação entre o movimento relativo entre o campo magnético e um condutor elétrico. Ou seja, cobra a identificação resumida da explicação do fenômeno da indução eletromagnética.

Segue a transcrição das respostas que mais apareceram para a pergunta 7.

“Para Faraday, todo o espaço seria preenchido pelas linhas de força magnética e a densidade dessas linhas seria correspondente à intensidade da força de interação entre os corpos.”

“Dependendo do meio de força magnética, a corrente em um fio pode ser grande ou pequena.”

“Pois a eletricidade e o magnetismo interferem entre si. Como por exemplo a passagem da corrente elétrica perto de uma bússola.”

Alguns alunos até citaram alguns pontos relacionados ao conceito das linhas de força ou da relação existente entre eletricidade e magnetismo, porém, nenhum deles fez menção explícita ao fenômeno da indução eletromagnética. Em relação às respostas apresentadas no Roteiro – Parte 3 (5.2.3) essas novas respostas na avaliação somativa foram mais consistentes com os aspectos da indução eletromagnética, mas não suficientes para definir que os estudantes conseguiram abstrair e entender a teoria desassociada da fenomenologia.

5.3.4. ANÁLISE GERAL DA AVALIAÇÃO FINAL SOMATIVA

A partir das respostas apresentadas nessa atividade, podemos verificar, preliminarmente, que os estudantes provavelmente sofreram uma influência da manipulação experimental na construção do entendimento da fenomenologia associada ao fenômeno da indução eletromagnética, mas não da teoria. Concluímos desta forma, principalmente em virtude de um sucesso relativo obtido nas respostas das questões 5 e 6 quando comparado com o fracasso nas respostas da questão 7. De fato, nas questões que se referiram diretamente aos experimentos de Faraday, os alunos, em sua maioria, explicaram evidenciando a indução eletromagnética, ou o surgimento de uma força magnética (força de Lorentz). Já na questão 7 que era a respeito da teoria, sem uma aplicação associada, não houve resposta direcionada para a indução eletromagnética.

Em relação às respostas obtidas na questão 3, inspirada na avaliação prévia, que associa os conceitos de corrente elétrica e de campo magnético, também somos induzidos a concluir que os alunos desenvolveram uma possível habilidade de identificar a fenomenologia decorrente da relação entre a corrente elétrica e a geração de um campo magnético e explicá-la. Ao contrário do que observamos na avaliação prévia: eles apresentavam os subsunçores de corrente elétrica e campo magnético, porém não estavam “aptos” para serem relacionados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho foi inspirado na ideia de que as mudanças nas concepções científicas são parte integrante não apenas da construção das teorias, mas também de seu desenvolvimento e aplicabilidade posteriores. Ou seja, a educação científica baseada em uma abordagem sócio-histórico-filosófica. Com essa abordagem, nos propusemos a trabalhar a partir dos conceitos de carga elétrica, campo elétrico e corrente elétrica, para ensinarmos os conceitos de campo magnético, força de Lorentz e indução eletromagnética.

Um dos nossos objetivos, com esse trabalho, era empregar as já reconhecidas vantagens da integração entre história, teoria e fenomenologia no ensino da física, em geral, e da indução eletromagnética, em particular. A partir das aulas em que os alunos apresentaram as linhas do tempo, de laboratório e dos resultados da avaliação somativa final, pudemos observar que a interação dessas três metodologias parece ter contribuído para o aprendizado dos alunos. Concluimos isso porque as respostas apresentadas, por eles, nas questões que resgatavam compreensão fenomenológica, ou seja, referentes aos experimentos históricos ou de uma aplicação no dia-a-dia, se demonstraram mais corretas que as respostas das questões de cunho teórico. Além do mais, a teoria por si só, não se apresentou com um efeito muito impactante na maioria dos alunos, uma vez que nas aulas tradicionais, voltadas estritamente para explicação teórica, teve uma baixa manifestação dos alunos em sala de aula. Essa baixa participação dos alunos, pode ter sido o motivo pelo qual as respostas para a questão 9 da avaliação posterior foram ruins. Entretanto, nas aulas com um viés histórico e/ou fenomenológico, a interação estudantil foi significativa. O que pode ter influenciado positivamente nas respostas das questões 6 e 7 da avaliação posterior.

Nosso outro objetivo geral foi nos utilizarmos do impacto positivo que a manipulação experimental, geralmente, apresenta na aprendizagem do aluno, a partir da oportunidade dada ao estudante de relacionar o que foi observado com e o que a teoria explica. A partir das respostas apresentadas para as perguntas dos roteiros experimentais, percebemos que muitos grupos se sentiram instigados e propuseram explicações, para os fenômenos observados, utilizando conhecimentos prévios diversos, como energia, atrito, eletrização. Essas explicações se repetiram, ao longo da aplicação

da sequencia, por alguns alunos, o que, possivelmente, os atrapalhou de ver e compreender o que de fato estava acontecendo no experimento, que inclusive não tinha relação com atrito ou eletrização. Outros alunos fizeram uso dos conhecimentos prospectados, carga, campo magnético e corrente elétrica, para responder o relatório.

Também nos aproveitamos do impacto positivo experimental a partir do surgimento das dúvidas apresentadas a respeito da influência que as diversas partes que compõem a estrutura física dos experimentos tem na ocorrência dos fenômenos observados. Essas dúvidas puderam ser respondidas pelos próprios alunos, ao refazerem as manipulações experimentais com diversas modificações no aparato experimental. Por exemplo, o grupo que questionou sobre a influência da quantidade de pilhas na velocidade de rotação do fio de cobre no Motor Homopolar, após realizar modificações no aparato experimental, verificou que existe uma quantidade mínima de pilhas para que o fio comece a girar e que quanto mais pilhas, mais rápido é o giro.

Embora as respostas nos roteiros não tenham sido corretas, o que já esperávamos, obtivemos na avaliação final somativa indícios de que os alunos, possivelmente, conseguem relacionar os conceitos do eletromagnetismo quando associados aos experimentos de Faraday, ou a uma aplicação do dia-a-dia.

Um ponto crucial para a consistência da aplicação de uma sequencia didática, pautada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, é a identificação dos subsunçores, embora essa tarefa seja relativamente complicada e em alguns casos bastante difícil. Para o nosso trabalho, sentimos que a quantidade de dados coletados na avaliação prévia foi pouca para qualquer tipo de análise, seja ela quantitativa ou até mesmo qualitativa, que visasse uma validação a sequência proposta enquanto um instrumento de ensino-aprendizagem. Uma das razões para isso se deve ao número de questões utilizadas para prospectar cada subsunçor. Outro aspecto foi a confecção das questões, que em sua grande maioria se ativeram a habilidade de reconhecimento do conceito. Desse modo, negligenciamos outras habilidades que o aluno pode ter para que o seu conhecimento a respeito de determinado subsunçor fosse por nós identificada, tais como: identificar, analisar, relacionar, aplicar, manipular, avaliar, dentre outras ações. Esse fato não interferiu no sucesso do nosso produto educacional, pois, primeiramente, observamos que, em nenhum momento, foi necessário construir, mecanicamente, os conhecimentos a respeito de carga elétrica, corrente elétrica, campos elétrico, o que nos

soaria como uma ausência desses conhecimentos. Além disso, observamos indícios de aprendizagem quando foram solicitadas explicações baseadas na fenomenologia (avaliação somativa final) que envolviam os conceitos de campo magnético, indução eletromagnética e força de Lorentz.

Uma avaliação que trabalha mais habilidades favorece o avaliador observar o nível de conhecimento que o avaliado apresenta a respeito de determinado conceito (MORETTO, 2009). Essa não chega a ser uma solução completa para o problema da identificação de um subsunçor, porém, evidentemente quanto mais habilidades foram utilizadas, certamente, a identificação será facilitada. Notamos uma diferença na análise da avaliação somativa final, a partir da sua composição. Como ela foi confeccionada visando um resgate de diferentes atividades desenvolvidas na sequência didática, pudemos observar, a partir das questões que faziam uso da fenomenologia, uma possível aprendizagem do conceito do fenômeno da indução eletromagnética. Por outro lado, observamos que as questões que faziam uso da teoria, por si só, não explicitaram indícios de aprendizagem. Isso implica em uma possível falta de habilidade de reconhecimento, mas não de aplicação, a respeito do conceito da indução eletromagnética. O que pode induzir a uma constatação de que o estudante possivelmente aprendeu indução eletromagnética, mas não desenvolveu todas as habilidades requeridas a respeito desse conceito.

Alguns imprevistos ocorreram ao longo da aplicação, mas como esta foi uma aplicação piloto, consideramos um sucesso. Os imprevistos não foram suficientes para inviabilizar alguma das atividades, porém, desfalcaram parte da análise da aplicação. Uma vez que a análise seria feita a partir de quatro partes distintas: resultados da avaliação prévia, linhas do tempo dos alunos, ficha de desempenho do jogo e resultados da avaliação somativa final. Como as linhas do tempo foram extraviadas e as fichas de desempenho não foram preenchidas com cautela, preferimos não incluí-las na análise.

O uso das *Fichas de Desempenho* é um ponto em aberto para possíveis melhorias para futuras aplicações em jogos de tabuleiro como instrumentos de avaliação de aprendizagem.

Além dos imprevistos com os materiais avaliativos, alguns alunos se mostraram apáticos por quase toda a aplicação do projeto e só demonstraram interesse para a atividade do jogo de tabuleiro. Apesar de termos diversificado os recursos

metodológicos na construção do produto educacional, já era esperado que nem todos seriam impactados com aquelas metodologias, uma vez que os cada indivíduo apresenta suas próprias singularidades educacionais e motivacionais.

Muito embora os resultados tenham sido satisfatórios e apontem indícios de aprendizagem significativa, uma vez que uma boa parte dos alunos conseguem realizar a relação entre os conceitos de campo magnético e corrente elétrica em aplicações fenomenológicas, acreditamos que o estudo da relação entre esses conceitos físicos ainda necessita ser aprofundado. As turmas com as quais trabalhamos já apresentaram a necessidade de serem habilitadas a reconhecerem a relação ente campo magnético e corrente elétrica independentemente de sua exemplificação em aplicações.

Como perspectiva futura temos o interesse de proporcionar aos alunos do ensino fundamental uma visão mais palpável da relação entre o movimento relativo entre o magneteto e o condutor elétrico, a partir da confecção de uma adaptação do Disco de Faraday que possibilite que não somente o disco metálico gire, mas também que o imã possa ser rotacionado. Também almejamos realizar a aplicação do produto educacional para o ensino do eletromagnetismo no 3º ano do ensino médio, porém, para essa turma, realizaremos as devidas inclusões matemáticas para ressaltar as suas importâncias, de forma que o aluno veja sentido e utilidade para as fórmulas, não somente as utilize para resolução de questões estímulo pergunta-resposta e/ou manipulação algébrica.

Por fim, uma das reflexões que tivemos a oportunidade de realizar foi a respeito da realização de um ensino eficiente de ciências. Este ensino quando centrado no eletromagnetismo, muitas vezes é falho ao final do 3º ano do ensino médio, pois os alunos não reconhecem que os fenômenos elétricos e magnéticos estão intimamente ligados. Esse problema pode ser amenizado a partir do ensino do eletromagnetismo desde cedo, ou seja, ao longo do ensino fundamental. Assim como é a proposta desse produto educacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Paulo. IMAGENS DE NATUREZA, IMAGENS DE CIÊNCIA PAPIRUS, p. 143-204.

AUSUBEL, David. THE ACQUISITION AND RETENTION OF KNOWLEDGE: A COGNITIVE VIEW. New York, U.S.A, 2000

ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. NOTA SOBRE O MAGNETISMO DA PILHA DE VOLTA – TRADUÇÃO COMENTADA DO PRIMEIRO ARTIGO DE BIOT E SAVART SOBRE ELETROMAGNETISMO. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, v. 16, n. 2, p. 303-306, jul./dez. 2006.

BELÉNDEZ, Augusto. LA UNIFICACIÓN DE LUZ, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO: LA "SÍNTESIS ELECTROMAGNÉTICA" DE MAXWELL. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 2601-20, jul. 2008.

BINNIE, ANNA. USING THE HISTORY OF ELECTRICITY AND MAGNETISM TO ENHANCE TEACHING. **Science**, v. 10, p. 379–389, 2001.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. THE ROLE OF HISTORICAL-PHILOSOPHICAL CONTROVERSIES IN TEACHING SCIENCES: THE DEBATE BETWEEN BIOT AND AMPÈRE. **Springer Science+Business**, v. 21, p. 921-934, out. 2010.

CHAIB, J. P. M. C., ASSIS, A. K. T. EXPERIÊNCIA DE OERSTED EM SALA DE AULA. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 1: p. 41-51, 2007.

DARRIGOL, O. ELECTRODYNAMICS FROM AMPÈRE TO EINSTEIN. Cambridge University Press, 2000.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto De Andrade. MICHAEL FARADAY: O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

DIAS, Penha Maria Cardozo; MORAIS, Rodrigo Fernandes. OS FUNDAMENTOS MECÂNICOS DO ELETROMAGNETISMO. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 3601-14, jul. 2014.

DIAS, Vitor Hugo Alves; DIAS, Penha Maria Cardozo. ESCREVENDO O “LIVRO DA NATUREZA” NA LINGUAGEM DA MATEMÁTICA: A LEI DE AMPÈRE. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4601-13, dez. 2015.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. EXPERIMENTAL RESEARCHES IN ELECTRICITY. v. 1, London, 1839.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. EXPERIMENTAL RESEARCHES IN ELECTRICITY. v. 2, London, 1844.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. EXPERIMENTAL RESEARCHES IN ELECTRICITY. v. 3, London, 1855.

FILHO, Moacir Pereira De Souza; CALUZI, João José. SOBRE AS EXPERIÊNCIAS RELATIVAS À IMANTAÇÃO DO FERRO E DO AÇO PELA AÇÃO DA CORRENTE VOLTAICA: UMA TRADUÇÃO COMENTADA DO ARTIGO ESCRITO POR FRANÇOIS ARAGO. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1603-12, abr. 2009.

GERMANO, Marcelo Gomes; LIMA, Isabelle Priscila Carneiro De; SILVA, Ana Paula Bispo Da. PILHA VOLTAICA: ENTRE RÃS, ACASOS E NECESSIDADES. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 1, p. 145-155, abr. 2012.

GUEDES, Manoel Vaz. O GERADOR DE FARADAY. **Electricidade**, n. 337, p. 243-245, 1996.

GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco. UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA PARA O ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004.

HECHT, Laurence. THE AMPERE CRUCIAL EXPERIMENTS. **Executive Intelligence Review**, v. 19, n. 20, maio. 1992.

HOTTECKE, Dietmar. HOW AND WHAT CAN WE LEARN FROM REPLICATING HISTORICAL EXPERIMENTS? A CASE STUDY. **Science e Education**, n. 9, p. 343-362, 2000.

LANGEVIN, P. O VALOR EDUCATIVO DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS. In: GAMA, R. (org.) **Ciência e técnica**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992.

LAWTON, Joseph T.; SAUNDERS, Ruth A.; MUHS, Paul. THEORIES OF PIAGET, BRUNER, AND AUSUBEL: EXPLICATIONS AND IMPLICATIONS. **The Journal of Genetic Psychology**, v. 136, p. 121-136, 1980.

LEFRANÇOIS, G. R. TEORIAS DA APRENDIZAGEM. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MARTINS, R. A. OERSTED E A DESCOBERTA DO ELETROMAGNETISMO. **Cad. Hist. Fil. Ciência**, v. 10, p. 89-114, 1986.

MARTINS, Roberto De Andrade. SOBRE O PAPEL DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO. **Boletim da sociedade brasileira da história da ciência, Cidade**, v. 9, n.11, p. 3-5, 1990.

MARTINS, Roberto De Andrade. ALESSANDRO VOLTA E A INVENÇÃO DA PILHA: DIFICULDADE NO ESTABELECIMENTO DA IDENTIDADE ENTRE O GALVANISMO E A ELETRICIDADE. **ActaScientiarum**, v. 21, n. 4, p. 823-35, 1999.

MARTINS, Roberto De Andrade. ROMAGNOSI AND VOLTA'S PILE: EARLY DIFFICULTIES IN THE INTERPRETATION OF VOTAIC ELECTICITY. **Bevilacqua**, v. 3, p. 81-102, 2001.

MARTINS, R. A. RESISTANCE TO THE DISCOVERY OF ELECTROMAGNETISM: OERSTED AND THE SYMMETRY OF THE MAGNETIC FIELD, p. 245-265, in **BEVILACQUA**, F., GIANETTO, E. (eds.) Volta and the History of Electricity. Pavia/Milano: Università degli Studi di Pavia/ Ed. Ulrico Hoepli, 2003.

MATTHEWS, Michael R. HISTÓRIA, FILOSOFIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: A TENDÊNCIA ATUAL DE REAPROXIMAÇÃO. **Cad. cat. end. fis., Cidade**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MEDEIROS, E.A.; LOOS, M.R. O ENSINO DE FÍSICA NA ÁREA DE CIÊNCIAS NATURAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL I E ENSINO FUNDAMENTAL II SEGUNDO OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAL. **Revista do Professor de Física**, v.1, n.1, 2017.

MOREIRA, M. A. TEORIAS DE APRENDIZAGEM. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MORETTO, Vasco Pedro. POVA – UM MOMENTO PRIVILEGIADO DE ESTUDO, NÃO UM ACERTO DE CONTAS. 9. ed. São Paulo: Lamparina, 2009.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa De; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. 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. 962-986, 2016.

PCN – CIÊNCIAS NATURAIS, 1997.

PCN +, 2009

PENA, Fábio Luís Alves. SOBRE A PRESENÇA DO PROJETO HARVARD NO SISTEMA EDUCACIONAL BRASILEIRO. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1701-04, 2012.

PIAZZI, Pierluigi. ENSINANDO INTELIGÊNCIA: MANUAL DE INSTRUÇÕES DO CÉREBRO DE SEU ALUNO. 2 ed. São Paulo: Aleph LTDA, 2014.

PIETROCOLA, Maurício, A MATEMÁTICA COMO ESTRUTURANTE DO CONHECIMENTO FÍSICO. DEPTO DE FÍSICA – UFSC Florianópolis – SC, **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.19, n.1: p.89-109, ago. 2002.

POLITO, Antony M. M. A CONSTRUÇÃO DA ETRUTURA CONCEITUAL DA FÍSICA CLÁSSICA. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

Projeto Harvard de Física, 1969

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados. ESTRUTURAS ARQUITETÔNICAS DE BRASÍLIA: ESPAÇOS DE APRENDIZAGEM SOBRE A REFLEXÃO DA LUZ. Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação UnB, 2016.

ROCHA, José Fernando Moura. O CONCEITO DE CAMPO EM SALA DE AULA - UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1604, 2009.

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. UMA ANÁLISE DA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE PRESENTE EM LIVROS DIDÁTICOS: O CASO DE BENJAMIN FRANKLIN. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 1, p. 141-159, abr. 2008.

TAVARES, Leandro Henrique Wesolowki. OS TIPOS DE ABORDAGEM HISTÓRICA NO ENSINO: ALGUMAS POSSIBILIDADES ENCONTRADAS NA LITERATURA. **História da Ciência e Ensino**, v.2, p. 14 -24, 2010.

SILVA, R.T. Da; CARVALHO, H.B. De. A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA: ANÁLISE CONCEITUAL E FENOMENOLÓGICA. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4314-6, dez. 2012.