

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Luiz Arthur Rodrigues de Mello

PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM
LABORATÓRIO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Juiz de Fora
2018

Luiz Arthur Rodrigues de Mello

PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM LABORATÓ-
RIO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Mes-
trado Nacional Profissional em Ensino de Física,
polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. Júlio Akashi Hernandes

Juiz de Fora
Agosto de 2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mello, Luiz Arthur Rodrigues de.
PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO EM LABORATÓRIO DE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA / Luiz Arthur Rodrigues de Mello. -- 2018.
112 p. : il.

Orientador: Júlio Akashi Hernandez
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

1. Ensino por investigação. 2. Laboratório de Física. 3. Indução Eletromagnética. I. Hernandez, Júlio Akashi, orient. II. Título.

Luiz Arthur Rodrigues de Mello

PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM LABORATÓ-
RIO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Pro-
fissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em ___/_____/_____, por:

Dr. Álvaro José Magalhães Neves

Dra. Giovana Trevisan Nogueira

Dr. Júlio Akashi Hernandez

Juiz de Fora
Agosto de 2018

Dedicatória

Maria Teresa, Luiz Felipe e Luiz Estevão: Queria que vocês vissem...

Agradecimentos

Agradeço ao meu pai, Arthur Coelho de Mello pelo apoio não só nessa etapa, mas em todos os momentos (principalmente nos difíceis). Obrigado, do fundo do meu coração.

Ao meu Deus por colocar a Maria Clara no meu caminho, que me motivou a fazer o mestrado e que me aguenta nos últimos 10 anos. Você é linda.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Júlio Akashi Hernandez, que de forma serena foi meu guia ao longo de todo esse caminho.

A cada um dos professores do polo UFJF/IF-Sudeste-MG pela paciência e dedicação. Nossas aulas, que mais pareciam rodas de bate-papo entre amigos, foram muito produtivas. Obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecemos à FAPEMIG pelo apoio de taxa de bancada - Projeto MPR 00703-15.

RESUMO

PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM LABORATÓRIO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Luiz Arthur Rodrigues de Mello

Orientador(es):
Júlio Akashi Hernandez

O objetivo dessa dissertação é apresentar a educadores de escolas da rede pública e particular alternativas para a produção de equipamentos para laboratório de indução eletromagnética de custo reduzido e com qualidade comparável aos equipamentos disponíveis no mercado, além de apresentar uma metodologia para aproveitar esse material. O docente é desafiado a mudar do método tradicional, mecanizado, para um formato onde o aluno é levado a interagir com os equipamentos de laboratório, levantar hipóteses para fenômenos observados, discutir essas hipóteses com colegas e apresentar resultados. Apresentamos um planejamento com atividades de Ensino por Investigação, transferindo o foco da aprendizagem para o aluno e possibilitando a sua participação ativa no processo de aquisição do conhecimento. Docentes e discentes dialogam e constroem o conhecimento a partir dessa interação. O produto dessa dissertação inclui um passo-a-passo para construção de uma Mini-bobina de Tesla, uma bobina com quatro mil espiras ligada a diodos LED, um tubo de Foucault e uma bobina chata, além de propor experimentos para utilizar esses equipamentos. Utilizamos a metodologia POE (prever, observar, explicar) na atividade com a Mini-bobina de Tesla e atividades voltadas ao Ensino por Investigação para os demais experimentos. Ao aplicar o produto nas escolas onde o autor trabalha foi possível perceber que os resultados foram positivos, com aumento do interesse dos alunos, melhora na relação com o docente e facilidade para formalizar os conceitos nas aulas teóricas.

Palavras-chave: Ensino por investigação, Laboratório de Física, Indução Eletromagnética.

Juiz de Fora
Agosto de 2018

ABSTRACT

PROPOSAL OF INQUIRY-BASED SCIENCE EDUCATION ACTIVITIES IN THE ELECTROMAGNETIC INDUCTION LABORATORY

Luiz Arthur Rodrigues de Mello

Supervisor(s):
Júlio Akashi Hernandez

The objective of this dissertation is to present educators at schools in the public and private sectors alternatives to produce low-cost electromagnetic induction laboratory equipment with comparable quality to the equipment available in the market, as well as presenting a methodology to take advantage of this material. The teacher is challenged to change from the mechanized traditional method to a format where the student is led to interact with the equipment of the laboratory, to formulate hypotheses about the observed phenomena, to discuss these hypotheses with colleagues and to present results. We present a planning with activities of inquiry-based science education, transferring the focus of the learning to the student and enabling their active participation in the process of learning. Teachers and students dialogue and build knowledge from this interaction. The product of this dissertation includes a step-by-step construction of a Tesla Mini-coil, a coil with four thousand wire loops connected to LEDs, a Foucault tube and a flat coil, and propose experiments to use such equipment. We used the POE methodology (predict, observe, explain) in the activity with the Tesla Mini-coil and activities focused on investigation for the other experiments. When applying the product in the schools where the author works, it was possible to perceive that the results were positive, with an increase in student interest, improvement in the relation with the teacher and ease of formalizing the concepts in the theoretical classes.

Keywords: Inquiry-based science education, Physics Laboratory, Electromagnetic Induction.

Juiz de Fora
August 2018

Índice das figuras

Figura 01 -	Simbolizando a zona de desenvolvimento proximal pela distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial.	23
Figura 02 -	Mapa conceitual da teoria de aprendizagem de Vygotsky.	25
Figura 03 -	A sequência da estratégia POE com destaque para a discussão que produz novas explicações a partir de novas observações, quando necessário.	30
Figura 04 -	Exemplo de aplicação da Lei de Ampère.	35
Figura 05 -	Tubo condutor formado por muitas espiras. No destaque a representação de duas espiras e o sentido das correntes em cada uma.	37
Figura 06 -	Pêndulo eletrostático.	39
Figura 07 -	Canudos de refrigerante e papel toalha. Fonte	39
Figura 08 -	Kit para a atividade investigativa de eletrodinâmica.	40
Figura 09 -	Tudo de cobre, esfera de aço e ímã esférico de neodímio.	40
Figura 10 -	Bobina com 4000 espiras com os dois diodos LED.	41
Figura 11 -	Bobina chata de 30 espiras fechada.	41
Figura 12 -	Mini Bobina de Tesla ascendendo uma lâmpada fluorescente.	42
Figura 13 -	Material da atividade investigativa de eletrostática. O eletroscópio, preso a um copo de café com gesso, canudos e papel para eletrização por atrito. ..	51
Figura 14 -	Aluna com o canudo preso ao brinco.	52
Figura 15 -	Atividade investigativa de eletrostática.	53
Figura 16 -	Ligação da lâmpada direto na pilha.	54
Figura 17 -	Ligação da lâmpada com o interruptor	55
Figura 18 -	Circuito com as duas lâmpadas e o interruptor.	56
Figura 19 -	Montagem no simulador.	58
Figura 20 -	Curto circuito no simulador.	58
Figura 21 -	Interruptor em série	59
Figura 22 -	Montagem em série e paralelo.	59
Figura 23 -	Uso do amperímetro virtual.	60
Figura 24 -	Exercício para casa.	61
Figura 25 -	Tubo de Foucault, bobina com LED e ímãs de neodímio.	63
Figura 26 -	Alunos testando a bobina com LED.	66
Figura 27 -	Mini Bobina de Tesla com os equipamentos auxiliares.	68
Figura A01 -	Materiais necessários	89
Figura A02 -	Marcação das laterais do carretel.	89
Figura A03 -	Furo guia para a serra copo.	90
Figura A04 -	Serra copo de 25 mm.	90
Figura A05 -	Laterais das bobinas cortadas.	90
Figura A06 -	Centro de PVC do carretel.	91
Figura A07 -	Carretel montado.	91
Figura A08 -	Furos para passar o fio de cobre	92
Figura A09 -	Fio de cobre preso no carretel.	93
Figura A10 -	Montagem no kit para enrolar bobina.	94
Figura A11 -	Bobina enrolada	94
Figura A12 -	Fixando os fios.	95
Figura A13 -	Fixação das laterais com cola quente	95
Figura A14 -	Elementos do LED.	96
Figura A15 -	LEDs soldados na bobina	97

Figura A16 -	Produto final.	97
Figura A17 -	Preparando para enrolar a bobina.	99
Figura A18 -	Bobina parcialmente enrolada.	99
Figura A19 -	Bobina do secundário pronta.	99
Figura A20 -	Base com o furo para a bobina.	100
Figura A21 -	Base com a furação para a bobina.	100
Figura A22 -	Circuito da Bobina de Tesla.	101
Figura A23 -	Modelo de placa de circuito impresso.	101
Figura A24 -	Transistor TIP31 preso à placa de madeira.	102
Figura A25 -	Soldagem dos diodos.	102
Figura A26 -	Soldagem dos diodos.	103
Figura A27 -	Bobinas do secundário enroladas sobre o cilindro de acetato.	103
Figura A28 -	Bobinas do secundário soldadas ao coletor do transistor.	104
Figura A29 -	Resistores soldados e ligados à bobina.	104
Figura A30 -	Ligação do emissor de cada transistor aos diodos.	105
Figura A31 -	Ligação do interruptor.	106
Figura A32 -	Bobina chata com o LED.	106
Figura A33 -	Tubo de cobre, ímã esférico e esfera de aço.	107
Figura A34 -	Enrolando o fio de cobre no tubo de PVC.	108
Figura A35 -	Fixando a bobina com fita adesiva.	108
Figura A36 -	Soldagem das pontas da bobina.	109
Figura A37 -	Bobina chata pendurada.	109
Figura A38 -	Montagem do circuito em <i>protoboard</i>	111
Figura A39 -	Esquema eletrônico.	112
Figura A40 -	Sensor reflexivo. O chanfro indica a posição do LED infravermelho.	114
Figura A41 -	Marcações no pregador de roupas.	114
Figura A42 -	Furos de fixação do sensor reflexivo no pregador de roupas.	115
Figura A43 -	Estrutura de fixação do sensor pronta.	115
Figura A44 -	Sensor preso na parafusadeira.	115
Figura A45 -	Sistema finalizado.	116
Figura A46 -	Parafuso sem fim para fixar o carretel.	116

Índice dos quadros

Quadro 01 - Experimentos e conteúdos abordados.	18
Quadro 02 - Aspectos da investigação em ciência. Os itens destacados foram observados durante a aplicação do produto.....	27
Quadro 03 - Plano curricular do 3º ano do ensino médio. Em destaque os temas com atividades desenvolvidas nesse trabalho.	46
Quadro 04 - Distribuição das aulas da atividade investigativa de eletrostática.	50
Quadro 05 - Distribuição das aulas da atividade investigativa de eletrodinâmica.	50
Quadro 06 - Perguntas e respostas na fase de previsão	69

Sumário

Capítulo 1 Introdução.....	15
1.1. Motivação	15
1.2. Metodologia	17
Capítulo 2 Referencial Teórico	20
2.1. A Pedagogia de Vygotsky.....	20
2.1.1. Lev Semenovich Vygotsky	20
2.1.2. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).....	21
2.2. Ensino de Física por investigação	25
2.3. Prever, Observar e Explicar – A metodologia POE	30
Capítulo 3 Eletromagnetismo.....	32
3.1. Introdução.....	32
3.2. A Força Magnética.....	32
3.3. As Leis de Biot-Savart e Ampère.....	34
3.4. A Lei da Indução de Faraday.....	35
Capítulo 4 Descrição do Produto	38
4.1. Introdução.....	38
4.2. Experimentos usados na preparação	38
4.2.1. Pêndulo Eletrostático / Canudos	38
4.2.2. Construtor de circuito elétrico com lâmpada	39
4.3. Experimentos usados na aplicação	40
4.3.1. Tubo de Foucault	40
4.3.2. Bobina com LED	41
4.3.3. Bobina chata	41
4.4. Experimento usado no fechamento do trabalho	42
4.4.1. Mini Bobina de Tesla.....	42
Capítulo 5 Preparação	44
5.1. Introdução.....	44
5.2. Primeira etapa: Preparação dos alunos.....	48
5.2.1. Por que preparar os alunos?.....	48
5.2.2. Distribuição das aulas	49
5.2.3. Eletrostática	50
5.2.4. Corrente elétrica e Circuitos elétricos	54
5.2.5. Comentários.....	61
Capítulo 6 Aplicação	62
6.1. Experimentos de Indução Eletromagnética	62
6.2. Os experimentos.....	63
6.2.1. Tubo de Foucault	63
6.2.2. Bobina com LED	65
6.2.3. Bobina chata	66
6.2.4. A Mini Bobina de Tesla	67
Capítulo 7 Conclusão.....	72
7.1. Algumas Considerações.....	72
7.2. Conclusão.....	74
Referências.....	78
Apêndice A Produto	82
Ao professor(a)	83
A1. Introdução	83
A2. Sugestão de aulas.....	84

A2.1. Preparação	84
A2.1.1. Eletrostática.....	84
A2.1.2. Eletrodinâmica.....	84
A2.2. Aplicação e fechamento.....	86
A2.2.1. Atividades investigativas de indução eletromagnética	86
A2.2.2. Fechamento usando a metodologia POE (Prever – Observar – Explicar).....	87
A3. Bobina com LED	88
A3.1 Materiais necessários	88
A3.2 Procedimento.....	89
A3.2.1. Carretel	89
A3.2.2. Preparando para enrolar	92
A3.2.3. Enrolando a bobina	94
A3.2.4. Adicionando os LEDs	96
A3.2.5. Finalizando a montagem	97
A4. Mini Bobina de Tesla	98
A4.1. Materiais necessários	98
A4.2. Procedimento.....	98
A4.2.1. Enrolando a bobina do secundário.....	98
A4.2.2. Montando a base.....	100
A4.2.3. Montagem dos elementos eletrônicos.....	101
A4.2.4. Montagem da bobina chata com LED.	106
A5. Tubo de Foucault	107
A5.1. Materiais necessários	107
A5.2. Procedimento.....	107
A6. Bobina Chata	107
A6.1. Materiais necessários	107
A6.2. Procedimento.....	108
A7. Enrolador de Bobinas.....	110
A7.1 Introdução.....	110
A7.2. Materiais necessários	110
A7.3. Procedimento.....	111
A7.3.1 – Montagem	111
A7.3.2 – Código.....	112
A7.3.3 – Montagem do sensor reflexivo	114
A7.3.4 – Montagem final.....	116

Capítulo 1

Introdução

1.1. Motivação

O ensino das ciências nas instituições de ensino nas quais a maior parte dos alunos estão inseridos no Brasil ainda é baseado em um modelo tradicional, onde o professor é o detentor do saber e o aluno um receptáculo desse saber que é transmitido quase que exclusivamente através de aulas expositivas. Apesar das modificações relativas aos conteúdos ao longo dos anos, na maioria das escolas o processo de transmissão do conhecimento em todas as etapas de formação discente é centrado no professor através de metodologias mecânico-expositivas, nas quais o docente expõe os conceitos, mostra exemplos e define regras e leis; cabe aos alunos repetir, decorar e exercitar conceitos exaustivamente.

Nas últimas décadas é possível verificar tentativas de ruptura com tal modelo de aprendizagem passivo e padronizado. Embora limitadas por quadros institucionais e sociais, alguns educadores se baseiam nas teorias construtivistas de Piaget e/ou na visão sociointeracionista de Vygotsky, esforço este focado no processo de ensino/aprendizagem do aluno cujo objetivo é potencializar a compreensão dos conceitos por eles. Tal mudança de paradigma é especialmente benéfica para os alunos no Ensino Médio, etapa em que os alunos aprofundam a visão sobre temas e percepções do universo físico, biológico e social introduzidos durante o Ensino Fundamental. Amadurecidos em sua vida escolar, os alunos começam a ter contato com o “saber-fazer” científico e, por isso, o contato com experimentos nos quais os alunos são protagonistas de sua execução é de interesse dos profissionais que almejam romper com o modelo tradicional de transmissão passiva verticalizado (professor-aluno) dos conteúdos.

Realizar experimentos para auxiliar o ensino dos conteúdos em sala de aula deve ser assunto de interesse do professor. Atuando na educação em estabelecimentos de ensino públicos e particulares desde 1996, o autor desta dissertação participou de diversos projetos cuja intenção era empregar este formato. Em 1999,

atuou na elaboração do laboratório de Física do Colégio Militar de Juiz de Fora¹, equipando-o com material para que todos os conteúdos pudessem ter atividades experimentais associadas no laboratório. A utilização do espaço seguia o modelo tradicional para este fim, em que o aluno segue um roteiro fornecido pelo professor e discute os resultados observados a partir da teoria vista anteriormente em sala de aula. Já em sua atuação em escolas estaduais o autor optava por experimentos demonstrativos feitos com materiais reciclados e de baixo custo, além de incentivar que os alunos participassem de feiras de ciências e da Semana de Física promovida pelo Departamento de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Destas experiências destacam-se que os conteúdos normalmente ministrados na terceira série do Ensino Médio (Ondulatória, Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna) são de complexa abordagem dada a natureza abstrata dos temas. Ainda que com o devido planejamento, a aplicação experimental desses assuntos é igualmente complicada. O foco nos vestibulares faz com que alguns professores e escolas deixem de lado atividades experimentais por considerar que o tempo será melhor utilizado em sala de aula. Não obstante, existem preocupações com a segurança, haja vista o risco de choques elétricos, e a dificuldade com a utilização de equipamentos como multímetros, osciloscópios, fontes, geradores de ondas e ferro de solda. Esses elementos também configuram barreiras para a aplicação prática destes conteúdos que, frequentemente, é substituída pela apresentação de vídeos ou simulações. Laboratórios virtuais e simuladores para este fim são facilmente encontrados na internet, a exemplo do projeto *Physics Education Technology* da Universidade do Colorado (PHET, 2018) e o *The Physics Classroom* (HENDERSON, 2018), produzido pelo professor Tom Henderson da Glenbrook South High School em Glenview, Illinois, EUA.

A proposta deste trabalho surge pela necessidade observada pelo autor, ao longo de sua trajetória profissional, de atingir os alunos desinteressados ou com dificuldades na compreensão dos conteúdos de Física. Nas práticas relatadas anteriormente observou-se que o número de estudantes que concluíam uma atividade e que articulavam satisfatoriamente o fenômeno físico observado era pequeno. Em comum, esse pequeno grupo demonstrava interesse e facilidade com o conteúdo, sendo a atividade experimental eficiente meio de aprendizagem nessas condições.

¹ Estabelecimento público da rede de ensino do Ministério da Defesa.

1.2. Metodologia

Diversos estudos tratam do uso de atividades experimentais no ensino de Física, dos quais destacamos os trabalhos de Gaspar (1993), Thomaz (2000), Araújo e Abib (2003), Gaspar e de Castro Monteiro (2005), Coelho *et al* (2007), entre outros. A eficiência desta abordagem é demonstrada nestes trabalhos que atestam que a atividade experimental, somada ao trabalho teórico, melhora a assimilação dos conteúdos por parte dos alunos. Por meio das atividades experimentais os estudantes conseguem abstrair os resultados simulados em laboratório ou nos experimentos para a realidade do mundo físico. Em outras palavras, quando o aluno vê uma pena caindo dentro de um tubo onde foi feito vácuo e compara com o movimento dessa mesma pena no ar, dificilmente terá dúvidas quando for estudar a existência de atrito com o ar na queda de uma paraquedista.

O uso de experimentos no ciclo básico de educação também é parte do método de aprendizado a partir da investigação. Este método sugere que as atividades sejam planejadas e apresentadas aos alunos antes do conteúdo teórico ser trabalhado. Através das discussões com colegas e com o professor regente, o fenômeno observado é estudado, hipóteses são levantadas e testadas, conclusões são obtidas e novamente discutidas. O ensino de Física por investigação é discutido amplamente em Carvalho (2013), mas há apontamentos interessantes também em Grandy e Duschl (2007), Munford e Lima (2007), Baptista (2010), Sasseron (2015), Cleophas (2016), entre outros. Estes autores mostram que pela investigação o jovem é levado a pensar, discutir, criar, refletir e abstrair conceitos básicos, motivado pelo desafio de explicar o que é observado. Sua curiosidade é aguçada pela vontade de obter a resposta certa e diversas hipóteses surgem. Os alunos interagem e discutem para obter a melhor explicação. A teoria sociointeracionista de Vygotsky ampara os resultados obtidos no uso dessa metodologia.

Usamos nesta dissertação cinco experimentos com uma abordagem investigativa guiada, onde é apresentado um problema e equipamentos enquanto o método e a solução ficam sob a responsabilidade do aluno (BIANCHI & BELL, 2008) e uma demonstração experimental, executada pelo professor, na qual o aluno observa e apresenta hipóteses que são discutidas ao final da demonstração, momento em que é apresentado o conceito científico capaz de explicar o experimento (GASPAR & DE CASTRO MONTEIRO, 2005). Em relação aos temas, foram divididos em

um experimento de eletrostática, um de eletrodinâmica para introdução e preparação dos alunos na metodologia, três experimentos de indução eletromagnética puramente investigativos e um experimento demonstrativo também de indução eletromagnética para fechamento do conteúdo, conforme mostramos no Quadro 01.

Quadro 01 - Experimentos e conteúdos abordados.

Etapa	Experimento	Conteúdo
Preparação	Pêndulo eletrostático, canudo e papel toalha	Eletrostática
Preparação	Circuito simples (pilhas, lâmpadas, interruptor e fios)	Eletrodinâmica
Aplicação	Tubo de Foucault	Indução eletromagnética
Aplicação	Bobina com LED	Indução eletromagnética
Aplicação	Bobina chata	Indução eletromagnética
Fechamento	Mini bobina de Tesla	Indução eletromagnética

Fonte: Acervo pessoal.

Durante a **preparação** a participação do professor é significativa, pois os alunos apresentam dificuldades no processo de investigação científica. O docente age orientando os estudantes em direção às questões oriundas do processo de levantamento e teste das hipóteses. Na etapa de **aplicação** o professor age como mentor, elaborando desafios apresentados por escrito. Sua interferência se dá somente ao perceber eventuais perdas de foco da proposta por parte do grupo. Finalmente, o experimento demonstrativo é usado para **fechar** as discussões e apresentar outros fenômenos que confirmam ou refutam as conclusões obtidas na etapa de aplicação. Nesta metodologia o erro também tem relevância por ressaltar resultados inesperados para o problema, conduzindo os alunos a novos conhecimentos.

O manual com as instruções passo a passo para construção e execução dos experimentos, chamado aqui de *Kit* de Experimentos, e suas respectivas propostas de aulas, compõem o produto dessa dissertação. Os materiais utilizados são de fácil acesso e de baixo custo, podendo o professor adaptar o *kit* a vários outros experimentos encontrados em livros e na *internet*. Também é possível utilizá-lo diversas vezes, uma vez que o *kit* é robusto e de manutenção simples.

Capítulo 2

Referencial Teórico

2.1. A Pedagogia de Vygotsky

2.1.1. Lev Semenovich Vygotsky

Nascido em Orsha, na Bielorrússia, em 5 de novembro de 1896, Lev Semenovich Vygotsky graduou-se na Universidade de Moscou, onde atuou no Instituto de Psicologia e criou o Instituto de Estudo das Deficiências. Trabalhou com diversos cientistas em estudos sobre Psicologia e sobre as anormalidades físicas e mentais. Vygotsky também estudou Medicina no Instituto Médico de Moscou, alcançando a direção do Departamento de Psicologia do Instituto Soviético de Medicina Experimental. Morreu aos 37 anos em decorrência de tuberculose, em 11 de junho de 1934.

Os trabalhos de Vygotsky relacionados a Psicologia foram censurados após a ascensão de Stalin ao poder, alcançando visibilidade mundial após a década de 1960. O autor é considerado sociointeracionista já que a sua elaboração da teoria de desenvolvimento cognitivo, explorada no livro *Pensamento e Linguagem* (publicado originalmente em 1934), afirma que o desenvolvimento intelectual do indivíduo depende da interação social para acontecer internamente.

Sua teoria sócio-histórico-cultural mostra que as mudanças ocorridas no indivíduo se relacionam com sua interação social, com sua história pessoal e pela aprendizagem decorrente de suas experiências. Moreira (2008) esclarece que o desenvolvimento das funções mentais vem da influência das representações de signos e do uso de instrumentos. Os signos fazem parte do indivíduo e controlam suas ações psicológicas. Na memória, objetos e fatos são ativados por signos associados a eles. Os instrumentos fazem o papel de mediador entre o indivíduo e o objeto.

O instrumento mais usado no processo de aprendizagem é a linguagem, que pode ser definida como uma estrutura de signos formadores de um sistema simbólico que permite a interação do homem com o mundo.

Instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa, signo é algo que significa alguma coisa. Um garfo, por exemplo, é um instrumento; um computador também, mas os ícones nele utilizados são signos. As palavras são signos linguísticos. A linguagem é um sistema articulado de signos; a Matemática e a Física também (MOREIRA, 2008, p. 3).

No desenvolvimento cognitivo do jovem os signos recebem significado por meio da interação social na qual o indivíduo certifica-se de que a associação entre o signo e seu significado é compartilhado pelo grupo social. Após essa verificação, o signo é internalizado e, só então, é aplicado ao contexto em que o indivíduo está inserido.

Vygotsky apresenta um estudo específico sobre a formação de conceitos científicos na infância. Ao diferenciar os conceitos espontâneos adquiridos informalmente através de experiências pessoais daqueles não-espontâneos, ou seja, obtidos no aprendizado em sala de aula, o teórico postula que tais conceitos se formam de maneira totalmente diferentes (VYGOTSKY, 2001). O desenvolvimento do conceito científico é obtido a partir de uma colocação verbal e ou situações não espontâneas, evoluindo até o estágio de realidade concreta. Por sua vez, o conceito espontâneo atinge apenas o nível consciente da criança, permitindo que ela o defina por meio de signos após algum tempo (GASPAR, 1993).

Os conceitos científico e espontâneo seguem caminhos com sentidos diferentes, ou seja, “os conceitos espontâneos devem evoluir para atingir o nível de conscientização em que se iniciam os conceitos científicos que, por sua vez, devem evoluir para atingir o nível da realidade concreta” (GASPAR, 1993, p. 64). Ainda assim, os dois conceitos são interligados já que a criança precisa atingir determinado grau de desenvolvimento espontâneo para absorver um conceito científico associado (VYGOTSKY, 1987). Portanto, “Uma criança (...) só pode entender o conceito científico de velocidade se dispuser dos conceitos espontâneos de distância e tempo” (GASPAR, 1993, p. 64).

Vygotsky também conclui que quase sempre a instrução precede o desenvolvimento cognitivo, de forma que o melhor ensino é aquele que guia o desenvolvimento. Assim, a função do professor é ressaltada como a figura que deve preparar a trilha que o aluno deverá seguir para atingir os objetivos esperados na aprendizagem.

2.1.2. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) foi proposto por Vygotsky para explicar como acontece a aprendizagem e o desenvolvimento em contraponto a três abordagens existentes na época. A primeira delas é centrada na

suposição de que o desenvolvimento e a aprendizagem da criança são processos independentes. A aprendizagem apenas utiliza os conceitos conquistados ao longo do desenvolvimento, sem necessariamente interferir nesse processo. Portanto, o aprendizado ocorreria no momento certo do desenvolvimento infantil, de forma que sem a maturidade suficiente nada poderia fazer uma criança aprender determinado assunto (VYGOTSKY, 1978). Outra abordagem engloba um grupo de teorias cujo elemento principal estabelece a aprendizagem como desenvolvimento. Neste caso, o desenvolvimento e a aprendizagem ocorrem simultaneamente, não sendo possível diferenciar um processo do outro. Finalmente, a terceira posição teórica se apresenta como combinação das duas primeiras, em que para ocorrer o desenvolvimento dois processos devem interagir. Logo, a maturação se relaciona com o desenvolvimento do sistema nervoso e a aprendizagem com processo de desenvolvimento em si. A maturação prepara e torna possível o processo de aprendizagem que estimula o processo de maturação, permitindo o desenvolvimento da criança (VYGOTSKY, 1978).

Discordando dessas três concepções, Vygotsky propôs o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), definida como a “distância” entre o nível de desenvolvimento atual ou real (NDR) e o nível de desenvolvimento potencial (NDP). No nível de desenvolvimento real a criança é capaz de resolver problemas individualmente, sem a necessidade de auxílio do professor ou de outra pessoa mais experiente. Este nível é uma medida de tudo aquilo que a criança já alcançou anteriormente por diversos processos e que evolui à medida que a aprendizagem acontece. O nível de desenvolvimento potencial é aquele no qual a criança não consegue desenvolver as atividades sem a ajuda de um mediador e, portanto, indica que a criança ainda não completou o desenvolvimento daquele conceito. Na figura 01 simbolizamos o Nível de Desenvolvimento Real (NDR) do aluno e o Nível de Desenvolvimento Proximal (NDP) obtido após a interação com o grupo. A Zona de Desenvolvimento Proximal é apresentada como a distância entre esses dois níveis.

Figura 01 - Simbolizando a zona de desenvolvimento proximal pela distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial.



Fonte: Cleophas, 2016, p. 275.

Vygotsky afirma que por meio da zona de desenvolvimento proximal a aprendizagem é alcançada e cria as condições para que o desenvolvimento potencial se torne desenvolvimento real, estabelecendo outro nível de potencialidades. É na zona de desenvolvimento proximal que estão os conhecimentos prévios que os alunos carregam consigo, mas que ainda não foram internalizados (CLEOPHAS, 2016).

A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente (VYGOTSKY, 1991, p. 58).

O papel do professor pode ser interpretado, na perspectiva de Vygotsky, como um mediador indispensável. O professor é aquele que já internalizou os significados e os apresenta ao aluno no contexto do conteúdo que está sendo estudado, aguardando a resposta do aluno para verificar se o significado captado por ele é aquele compartilhado dentro da área de conhecimento discutida. Neste processo, o professor pode aprender ao somar significados àqueles já organizados por ele (MOREIRA, 2009).

A metodologia de ensino proposta nesta dissertação se orienta por tal construção de Vygotsky. Ao professor reserva-se o desafio de identificar o nível de desenvolvimento dos alunos, agrupando-os de forma heterogênea. Assim, professo-

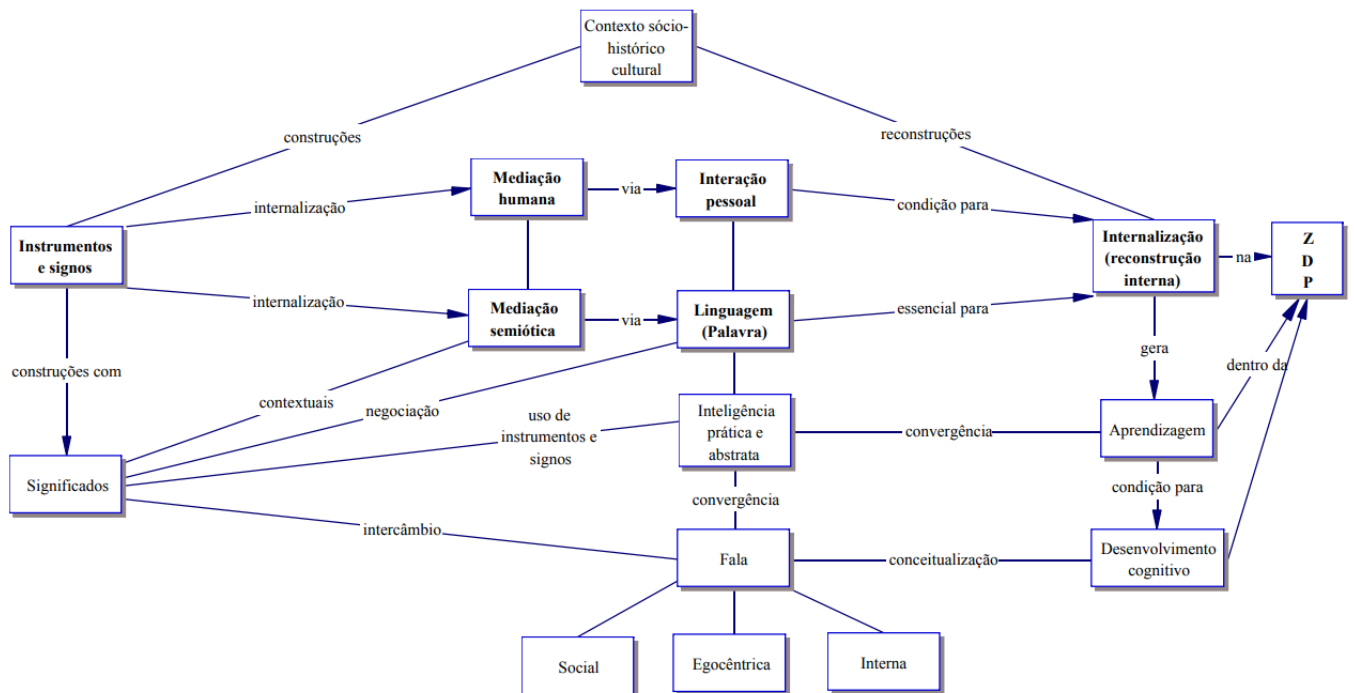
res e alunos podem interagir dentro da zona de desenvolvimento proximal criando condições para a aprendizagem e o desenvolvimento das potencialidades.

Uma destas ações que os professores já utilizavam com frequência em suas aulas é o trabalho em grupo. Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolverem potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas. O trabalho em grupo sobe de status no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos (CARVALHO, 2013, p. 5).

Portanto, o trabalho em grupo deve ser planejado de forma que os alunos possam discutir ideias. A atividade experimental investigativa, quando feita em grupo, tem todas as características de uma atividade sociointeracionista.

O mapa conceitual da figura 02 tenta resumir a teoria da aprendizagem de Vygotsky e apresenta diversos conceitos cujos focos não se aplicam a esta dissertação. Chamamos atenção para os itens em negrito que indicam a importância dos instrumentos e signos, da mediação, da linguagem e da interação social que levam a aprendizagem e acontecem dentro da Zona de Desenvolvimento Potencial.

Figura 02 - Mapa conceitual da teoria de aprendizagem de Vygotsky.



Fonte: MOREIRA, 2009, p. 24.

2.2. Ensino de Física por investigação

O uso de investigação para ensino de ciências tem raízes antigas na educação, apesar de ainda parecer inovador no Brasil. Em estudo sobre atividades investigativas, Baptista (2011) comenta sobre a defesa de Herbert Spencer (1820 – 1903) do uso de laboratórios para desenvolver nos alunos concepções que não seriam obtidas em livros. Essas concepções seriam desenvolvidas a partir da observação dos fenômenos naturais, ressaltando a importância das conclusões obtidas nesse processo. No século XX, diversos currículos foram propostos nos EUA, Reino Unido, Portugal e outros países onde a investigação era considerada fundamental na construção do conhecimento científico. A atividade de investigação científica é valorizada nesses currículos por ser capaz de levar os alunos ao desenvolvimento cognitivo mais completo.

[...] quando envolvidos em atividades de investigação podem reconhecer problemas e usar estratégias pessoais, coerentes com os procedimentos da ciência, na sua resolução; desenvolver a capacidade para planejar experiências que permita verificar uma hipótese, assim como usar a observação; colaborar em grupo na planificação e execução dos trabalhos; participar ordeiramente e ativamente nos debates, dando argumentos e respeitando as ideias dos outros; (BAPTISTA, 2010, p. 91).

No Brasil, a proposta de ensino de ciências por investigação tem como alicerce a mudança no paradigma da educação almejado pela maior parte das escolas do país. Seu objetivo é retirar o aluno do lugar passivo de receptor das informações para transformá-lo em sujeito ativo na construção do saber científico. Se espera postura crítica dos alunos expressa pela capacidade de avaliar, comentar e debater argumentativamente, mas não é comum que a estrutura escolar favoreça tais habilidades e, tampouco, que estimule associações entre a teoria e os fenômenos da realidade. Há que se ter cuidado para não fazer desta proposta apenas um instrumento de motivação. Podemos propiciar a construção e aprendizagem de conceitos e modelos científicos desde que o professor esteja preparado para fazer a associação do resultado obtido no trabalho prático e o conhecimento científico que o aluno consegue elaborar a partir das observações (BARBOSA *et al*, 1999).

Por meio das tarefas envolvidas na investigação, o aluno compreenderá que não existe apenas um método para produzir ciência. O professor motivará os alunos a organizar o raciocínio procurando relações de proporcionalidade (se uma das variáveis cresce a outra diminui ou também cresce) e de argumentação científica (SE executo essa ação, ENTÃO observo essa mudança. PORTANTO, esses dois eventos estão relacionados) para que o jovem forme sua linguagem argumentativa (CARVALHO, 2013).

Vale salientar que não é objetivo na Educação Básica criar cientistas ou produzir novos conhecimentos científicos, mas promover a aprendizagem dos conhecimentos já consolidados (MUNFORD, CASTRO E LIMA, 2007). O ensino de ciências por investigação será útil para o jovem compreender que certo conhecimento científico foi construído a partir de uma série de processos que envolvem erros, discussões com outros membros da equipe, modificações em procedimentos e, em alguns casos, reformulação de uma série de conceitos anteriores.

O ensino por investigação constitui uma abordagem que tem uma longa história na educação em ciência. Fomenta o questionamento, o planejamento, a recolha de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação. Usa processos da investigação científica e conhecimentos científicos, podendo ajudar os alunos a aprender a fazer ciência e sobre ciência.

A inclusão de um ensino por investigação na sala de aula requer que os professores mudem o seu papel alterando a dinâmica das aulas, o que implica que estes tomem várias decisões, corram riscos e quebrem a sua rotina de forma a enfrentarem as suas dificuldades e dilemas (BAPTISTA, 2010, p. 79).

Carvalho (2013) chama a atenção de que o ensino por investigação possibilita uma série de etapas e raciocínios fundamentais como a elaboração de hipóteses e de procedimentos para testar tais hipóteses. Os problemas encontrados podem ser resolvidos por meio dos conhecimentos prévios dos alunos. Ao compartilhar esses conhecimentos com o grupo, cada aluno está atuando na zona de desenvolvimento proximal do colega. A etapa de compartilhamento dos conhecimentos é muito importante e a atuação do professor nesta fase permite que a linguagem usada pelos estudantes evolua da linguagem cotidiana para a linguagem científica, que agrega figuras, tabelas e matemática para a construção de conceitos à linguagem verbal. Esta alfabetização científica será alcançada ao longo das diversas atividades investigativas. A interação social que o ensino por investigação propicia já é, por si só, uma das grandes vantagens dessa metodologia. Para alcançar o objetivo, os alunos deverão dialogar, cooperar e trocar informações durante o confronto de opiniões divergentes (CLEOPHAS, 2016).

Em conferência patrocinada pela *National Science Foundation* (NSF), em Leeds, Inglaterra, entre 15 e 18 de julho de 2005, foram levantados uma série de aspectos que a investigação científica deve possuir para englobar tanto as estruturas conceituais e processos cognitivos quanto os contextos sociais e epistemológicos usados para avaliar e comunicar o conhecimento científico. Certamente, não se espera que os estudantes alcancem todos os elementos desta lista em cinquenta minutos de aula ou ao longo do Ensino Básico, mas funciona como foco para desenvolver o máximo possível desses aspectos nos alunos. O consenso da conferência é que o elemento mais importante na educação em ciências envolve desenvolvimento da sensibilidade para identificar se uma hipótese levantada é efetivamente científica (GRANDY e DUSCHL, 2007). Ao planejar a atividade investigativa é possível apresentar tais aspectos aos estudantes e motivá-los a englobar o máximo possível deles.

Quadro 02 - Aspectos da investigação em ciência. Os itens destacados foram observados durante a aplicação do produto.

<u>Fazer perguntas</u>	Criar modelos
<u>Refinar as perguntas</u>	Refinar os modelos
Avaliar as perguntas	Comparar teorias / modelos com dados

<u>Criar experimentos</u> <u>Refinar os experimentos</u> <u>Interpretar os experimentos</u> <u>Fazer observações</u> Coletar dados Representar os dados Analisar os dados Relacionar dados a hipóteses / modelos / teorias <u>Formular hipóteses</u> <u>Criar teorias</u> Refinar as teorias	<u>Fornecer explicações dando argumentos a favor / contra modelos e teorias</u> Comparar modelos alternativos <u>Fazer previsões</u> Gravar dados Organizar os dados <u>Discutir os dados</u> <u>Discutir teorias / modelos</u> Explicar teorias / modelos <u>Escrever sobre os dados</u> <u>Escrever sobre teorias / modelos</u> Ler sobre teorias / modelos
--	---

Fonte: Grandy e Duschl, 2007, p. 144-145

Sasseron (2015) destaca que o ensino por investigação não precisa se limitar a determinados temas ou conteúdos podendo ser aplicado em diversas aulas e nos assuntos mais diferentes desde que o professor se interesse em possibilitar ao aluno o papel ativo na construção do conhecimento científico. Também exige que o professor se acostume a valorizar todos resultados apresentados pelos estudantes, inclusive os erros que podem ser usados para melhorar o entendimento sobre a construção do saber científico. O ensino por investigação

caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica. (SASSERON, 2015, p. 58).

Apesar dos resultados positivos em atividades investigativas, há que se entender tal abordagem como opção para ajudar no desenvolvimento potencial, incluindo na motivação para os estudos de conteúdos que exigem atenção, disciplina e empenho dos estudantes para alcançar o sucesso. A aula expositiva dialogada é importante, sendo uma das estratégias que o professor pode usar, dentre diversas outras, para oferecer fechamento de hipóteses e testes que, por diversos motivos, possam não ter sido alcançados durante o trabalho em grupo.

(...) muitos acreditam que seria possível – e necessário – ensinar todo o conteúdo por meio de uma abordagem investigativa. A posição aqui defendida é de que alguns temas seriam mais apropriados para essa abordagem,

enquanto outros teriam de ser trabalhados de outras formas. O ensino de ciências por investigação seria uma estratégia entre outras que o(a) professor(a) poderia selecionar ao procurar diversificar sua prática de forma inovadora. (MUNFORD, CASTRO E LIMA, 2007, p.98).

Também é importante ter consciência que essas atividades, principalmente quando ocorrem em sala de aula, podem exigir um tempo maior de discussão e estudo do que aquele tradicionalmente usado pelo professor, pois envolve mais etapas de execução, análise e levantamento de conclusões. Todavia, eles produzem, conseqüentemente, melhor entendimento do fenômeno (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Escolhemos neste trabalho usar o laboratório ou o experimento científico como situação problema para o aluno, mas temos consciência de que o uso de atividades práticas pode, para alguns professores, ser um grande desafio. Alguns professores não tiveram formação na área e sentem-se confortáveis apenas com as aulas teóricas. Em alguns casos, a escola não oferece um ambiente que favoreça esse tipo de trabalho e o professor fica limitado ao trabalho em sala de aula. Ainda assim, Andrade e Massabni (2011) indicam que quando o professor valoriza as atividades práticas e as considera determinantes na aprendizagem do aluno, ele buscará meios para executá-las e superará obstáculos.

As atividades práticas investigativas aparecem nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como procedimentos fundamentais para o ensino de ciências ao permitir a investigação, a comunicação e o debate de fatos e ideias além de possibilitar a observação, experimentação e comparação permitindo o estabelecimento de relações entre fatos e fenômenos (BRASIL, 2000). Tal postura investigativa da atividade prática desenvolve nos alunos a capacidade de fazer conjecturas, experimentar e errar em previsões, interagir e expor suas opiniões para colegas, testar e validar conclusões obtidas (ZANON e FREITAS, 2007).

De forma diferente, atividades práticas cuja função é ilustrativa de um fenômeno, podem se confundir com uma aula teórica, pois se realizam sem a participação dos alunos, sem dar espaço e tempo para o aluno chegar a conclusões e alcançar o desenvolvimento. Muitos livros didáticos trazem alguns experimentos que, quando seguidos à risca, mostram o resultado esperado para determinado fenômeno e funcionam para aqueles casos em que ver é sinônimo de provar. A pesquisadora Maryline Coquidé “analisou roteiros de trabalhos práticos de Física da França e percebeu que 90% dos 55 roteiros analisados exigiam relações entre grandezas, mas apenas 10% envolviam o estudante na previsão ou escolha, dentre as várias

explicações, da mais plausível” (ANDRADE e MASSABNI, 2011, p. 839). Este é um exemplo onde a atividade prática, mesmo planejada, está colocada em um nível inferior as suas possibilidades.

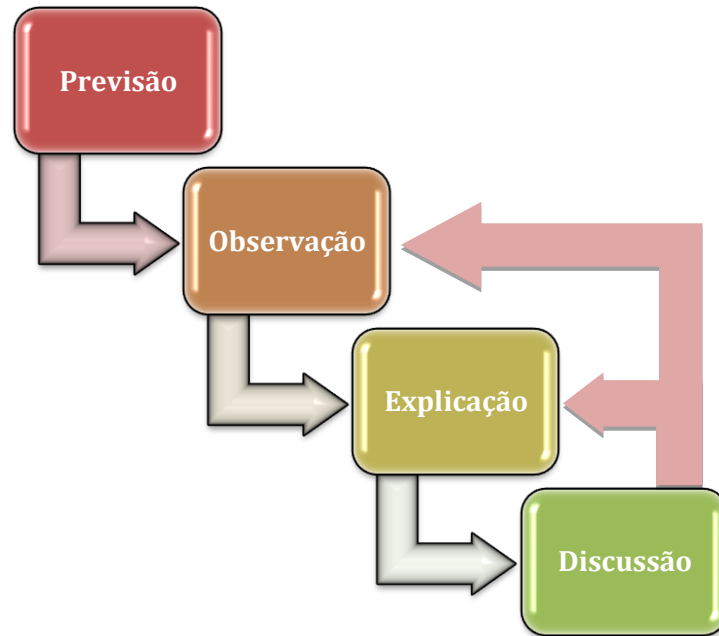
2.3. Prever, Observar e Explicar – A metodologia POE

Escolhemos usar a metodologia POE (Prever, Observar e Explicar) na fase final da aplicação de nosso produto pois, quando associada a aula demonstrativa de um experimento, facilita para o professor identificar conceitos que não ficaram claros para os alunos para ao longo da aula retornar e rever esses conceitos.

A metodologia POE foi promovida, segundo Kearney e Treagust (2000), por Richard White e Richard Gunstone em seu livro *Probing Understanding*, (publicado em 1992), onde os autores defendem a estratégia por ser muito eficiente na promoção da discussão de ideias entre os alunos. Na primeira etapa, os alunos devem fazer uma previsão para uma determinada demonstração e discutir o que o levou a essa previsão. Nesta etapa, as ideias individuais de cada aluno são colocadas para o grupo e defendidas pelos autores. A seguir, os jovens observam a demonstração e, finalmente, todos devem explicar as diferenças entre suas previsões e o que foi observado (KEARNEY e TREAGUST, 2000). Quando usada em grupos, a metodologia promove o aparecimento de debates interessantes sobre discrepâncias observadas e concepções equivocadas.

A pesquisa feita por Kearney e Treagust em um laboratório computacional mostrou que os estudantes tendem a articular melhor ideias e pensamentos a medida que fazem suas previsões. Além disso, os alunos passam a ouvir e avaliar as ideias de seus colegas, melhorando a interação e o diálogo nos grupos e permitindo que os estudantes possam rever os próprios conceitos. Resumidamente, os autores consideram que o uso da estratégia POE foi positiva para todos os alunos tendo em vista a riqueza das discussões e os resultados obtidos (KEARNEY e TREAGUST, 2000).

Figura 03 - A sequência da estratégia POE com destaque para a discussão que produz novas explicações a partir de novas observações, quando necessário.



Fonte: Acervo Pessoal

Usando a estratégia POE o professor transfere parte da responsabilidade pela aprendizagem para o próprio aluno que, como protagonista, precisa usar as próprias palavras para defender e explicar suas ideias. O professor acompanha as discussões, contextualiza o tema e estimula discussões. Também é papel do professor organizar a interação dos alunos permitindo que todos participem (DOS SANTOS e SASAKI, 2015). As discrepâncias observadas entre as previsões e a observação são muito ricas para promover discussões sobre a construção do conhecimento científico. Os alunos devem perceber as dificuldades que o pesquisador enfrenta antes de conseguir uma resposta para uma situação problema.

Capítulo 3

Eletromagnetismo

3.1. Introdução

A principal motivação deste trabalho é permitir que os alunos alcancem a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos, principalmente a indução eletromagnética. Para tanto, vamos abordar alguns resultados de trabalhos de cientistas renomados como Hans Christian Oersted (1777-1851), Jean Baptiste Biot (1774-1862), Félix Savart (1791-1841), André Marie Ampère (1775-1836), Karl Friedrich Gauss (1777-1855), Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), Joseph Henry (1799-1878), Michael Faraday (1791-1867), Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865), James Clerk Maxwell (1831-1879) e Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), entre outros. Estes pesquisadores contribuíram para o desenvolvimento do eletromagnetismo com descobertas e teorias que foram base para novos estudos e desenvolvimentos na área. É interessante perceber que, entre o final do século XVIII e o início do século XX, um número significativo de cientistas se envolveram no estudo da eletricidade, do magnetismo e na interação entre essas duas áreas.

3.2. A Força Magnética

Podemos caracterizar qualquer ponto do espaço por duas quantidades que permitem determinar a força que age sobre qualquer carga. Uma dessas quantidades, chamada de campo elétrico **E**, fornece a componente da força que independe do movimento da carga: a força elétrica. A outra componente é a força magnética que depende da direção do movimento da partícula carregada (dada pelo vetor velocidade da partícula) e de uma direção fixa no espaço definido como campo magnético **B**. A força magnética será simultaneamente perpendicular aos vetores velocidade e campo magnético e proporcional à carga elétrica em qualquer ponto do movimento dessa carga, sendo expresso matematicamente pelo produto vetorial dos vetores **v** e **B** como vemos na Equação 2.1.

$$\vec{F} = q.(\vec{v} \times \vec{B}) \quad 2.1$$

O resultado dessa equação pode ser confirmado aproximando um ímã de um tubo de raios catódicos e observar a deflexão do feixe de elétrons (FEYNMAN *et al.*, 2009).

Considerando a atuação do campo elétrico \mathbf{E} sobre a carga simultaneamente com o campo magnético, temos a chamada Força de Lorentz

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad 2.2$$

Perceba que se a carga q sofre um deslocamento infinitesimal $d\mathbf{l}$ durante um intervalo de tempo dt , temos que o trabalho realizado pela Força de Lorentz é

$$\begin{aligned} dW &= \vec{F} \cdot d\vec{l} = \vec{F} \cdot (\vec{v} \cdot dt) = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \cdot (\vec{v} \cdot dt) \\ dW &= q \cdot (E \cdot v) \cdot dt \end{aligned} \quad 2.3$$

já que $\vec{v} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$. Assim, percebemos que a parcela da Força de Lorentz associada ao campo magnético não realiza trabalho, já que a força magnética é sempre perpendicular à velocidade da partícula (NUSSENZVEIG, 2015). Também é importante ressaltar que se o movimento da partícula é paralelo ao campo magnético não existirá a parcela magnética da Força de Lorentz.

Nussenzveig (2015) explica a força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica imerso em uma região onde existe um campo magnético \mathbf{B} . Nesse caso, a força estará associada à densidade de corrente \mathbf{j} . Se considerarmos um trecho infinitesimal $d\mathbf{l}$ de um fio metálico de seção transversal A onde os portadores de carga são elétrons, a densidade de corrente elétrica será dada por

$$\vec{j} = -n \cdot e \cdot \vec{v} \quad 2.4$$

onde n é o número médio de elétrons livres por unidade de volume e \mathbf{v} é a velocidade média dos elétrons associada à corrente. Dessa forma, a densidade de força \mathbf{f} (força magnética sobre um pequeno volume dV) exercida pelo campo sobre a corrente será

$$\vec{f} = \vec{j} \times \vec{B} \quad 2.5$$

E a força total exercida por pelos elétrons dentro de um volume $A \cdot d\mathbf{l}$ do condutor será

$$\vec{dF} = i \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \quad 2.6$$

Concluimos que a força magnética no fio, devido ao movimento de cargas, depende da corrente total que percorre o fio e não do tipo de carga ou do sinal dessas cargas.

3.3. As Leis de Biot-Savart e Ampère

Hans Christian Oersted verificou, a partir de uma série de experimentos usando uma bússola, que um condutor percorrido por corrente elétrica produz um campo magnético que circula num plano perpendicular ao condutor. Esses experimentos permitiram a Jean Baptiste Biot e Félix Savart escrever uma equação que determina esse campo. A Lei de Biot-Savart é expressa por

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i \cdot d\vec{l} \times \hat{r}}{R^2} \quad 3.1$$

Na Equação 3.1, i é a corrente elétrica que percorre o elemento $d\mathbf{l}$ do fio e é responsável pelo aparecimento do campo $d\mathbf{B}$. R é a distância ao fio do ponto onde se encontra o campo $d\mathbf{B}$ e μ_0 é chamado de permeabilidade magnética do vácuo e vale, no Sistema Internacional de Unidades, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

Um resultado importante da Lei de Biot-Savart é o campo magnético no interior de um solenoide. É possível mostrar que o campo magnético dentro do solenoide é uniforme e proporcional à corrente elétrica e ao número de espiras por unidade de comprimento ou densidade linear de espiras n (NUSSENZVEIG, 2015).

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot i$$

Na mesma direção, Maxwell derivou teoricamente que a circulação do campo \mathbf{B} é proporcional à intensidade da corrente i total que atravessa uma curva

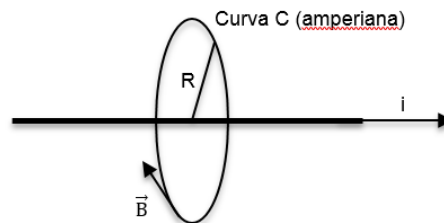
fechada arbitrária \underline{C} . Esta lei recebeu historicamente o nome de Lei de Ampère, em homenagem a André-Marie Ampère. Matematicamente, a lei de Ampère em suas formas integral e diferencial é

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_C \quad 3.2$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad 3.3$$

Usando a Lei de Ampère é fácil determinar o campo magnético gerado por um condutor retilíneo percorrido por corrente i em um ponto \underline{P} situado a uma distância \underline{R} dele (Figura 04).

Figura 04 - Exemplo de aplicação da Lei de Ampère.



Fonte: Acervo Pessoal

Como a direção de \mathbf{B} é tangente à curva \underline{C} arbitrária de raio igual a \underline{R} , ao longo dessa curva a intensidade de \mathbf{B} será

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot i_C$$

$$B \cdot \int_0^{2\pi} dl = \mu_0 \cdot i_C$$

$$B \cdot 2\pi \cdot R = \mu_0 \cdot i$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot R}$$

3.4. A Lei da Indução de Faraday

O fluxo de campo magnético \mathbf{B} que atravessa uma superfície \underline{S} delimitada por uma espira de fio \underline{C} percorrida por uma corrente elétrica i pode ser obtido a partir de

$$\Phi_C = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad 4.1$$

Considerando uma espira de resistência elétrica R , a variação do fluxo de campo magnético no tempo, devido ao movimento da espira, por exemplo, irá criar uma força eletromotriz dada por

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_c}{dt} \quad 4.2$$

Faraday percebeu que “um campo magnético que varia induz um campo elétrico” (GRIFFITHS, 2011, p. 209) que é o responsável pelo aparecimento da força eletromotriz induzida. Assim,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad 4.3$$

Que é a Lei de Indução de Faraday na sua versão integral e que na versão diferencial é escrita

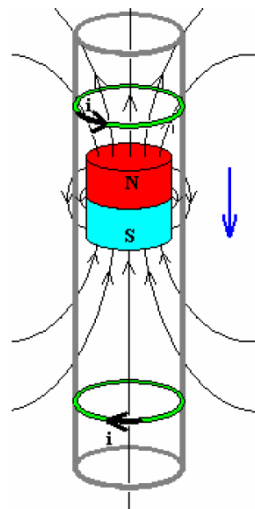
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad 4.4$$

O sinal negativo na Lei de Faraday foi explicado por Heinrich Friedrich Emil Lenz e é conhecida como a Lei de Lenz, onde “O sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo através da espira” (NUSSENZVEIG, 2015, p. 160). A Lei de Lenz está intimamente relacionada com conservação de energia. É possível perceber que, se o sinal não fosse negativo, a força eletromotriz iria favorecer a variação do fluxo criando mais força eletromotriz que faria o fluxo variar mais e teríamos então um sistema que fere o princípio da conservação da energia.

Como exemplo, considere um ímã em queda-livre que passe por dentro de um tubo de material condutor, mas não ferromagnético. O ímã perderá energia cinética e será freado. O tubo condutor pode ser imaginado como formado por inúmeras espiras colocadas uma sobre as outras e a Lei de Faraday prevê o aparecimento de uma força eletromotriz induzida em cada uma dessas espiras enquanto houver movimento relativo do ímã em relação ao tubo (Figura 05), já que a força eletromotriz induzida depende da variação do fluxo de campo magnético no tempo. A

força eletromotriz no circuito fechado da espira de resistência R causa o aparecimento de uma corrente elétrica e a dissipação da energia por Efeito Joule. A Lei de Lenz garante que a corrente elétrica induzida terá sentido tal que evite a variação do fluxo de campo magnético de forma que aparece uma força magnética em oposição ao movimento de aproximação ou afastamento do ímã de cada espira no tubo (DA SILVEIRA *et al*, 2007, p. 296).

Figura 05 - Tubo condutor formado por muitas espiras. No destaque a representação de duas espiras e o sentido das correntes em cada uma.



Fonte: DA SILVEIRA *et al*, 2007, p. 296

Essas correntes são denominadas Correntes de Foucault em homenagem ao físico Jean Bernard Léon Foucault. Como a força que age sobre o ímã é proporcional à velocidade do ímã, o freiamento é análogo ao que ocorre devido à força de atrito viscoso.

Capítulo 4

Descrição do Produto

4.1. Introdução

O produto que acompanha esta dissertação é inclui a descrição de uma série de equipamentos que podem ser usados para criar experimentos relacionados a assuntos normalmente trabalhados no terceiro ano do Ensino Médio. Também apresentamos como usar esses equipamentos com foco no ensino por investigação em uma sequência de aulas. Para tanto, separamos os experimentos em três partes: preparação, aplicação e fechamento.

Na preparação queremos que os alunos se acostumem com a proposta de aulas investigativas, mostrando o que se espera nesse tipo de trabalho e quais procedimentos devem ser seguidos, assunto que será discutido no Capítulo 5.

Na aplicação, os equipamentos são usados em sequência e os alunos devem propor experimentos e explicações para os fenômenos observados. Nesta fase, espera-se pouca ou nenhuma participação do professor, além daquela de mediador e organizador, já que o foco da aprendizagem está nos alunos.

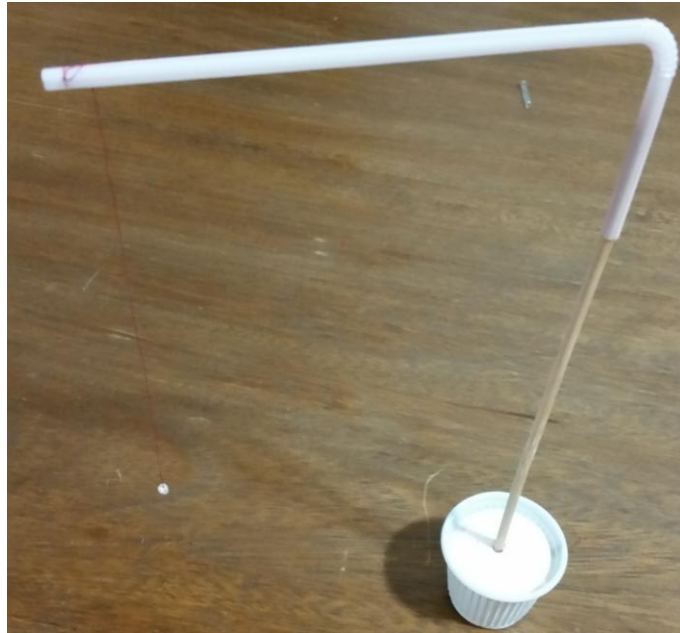
No fechamento usamos a Mini Bobina de Tesla para auxiliar na apresentação de outros fenômenos relacionados com os experimentos anteriores e concluir o assunto. A aplicação e o fechamento serão apresentados no Capítulo 6.

4.2. Experimentos usados na preparação

4.2.1. *Pêndulo Eletrostático / Canudos*

O equipamento consiste em um pêndulo eletrostático feito com um palito de churrasco preso a um copo de café que é preenchido com gesso. Usamos um canudo de refrigerante dobrável colocado na ponta do palito e, na outra extremidade, prendemos uma pequena bolinha de papel alumínio usando linha de costura conforme pode ser visto na figura 06.

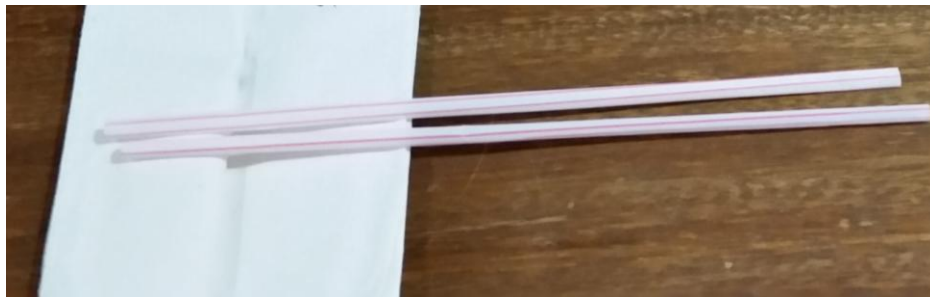
Figura 06 - Pêndulo eletrostático.



Fonte: Acervo Pessoal.

Para fazer os experimentos são fornecidos canudos de refrigerante e papel toalha (Figura 07) que os jovens deverão usar para eletrizar os canudos por atrito.

Figura 07 - Canudos de refrigerante e papel toalha.

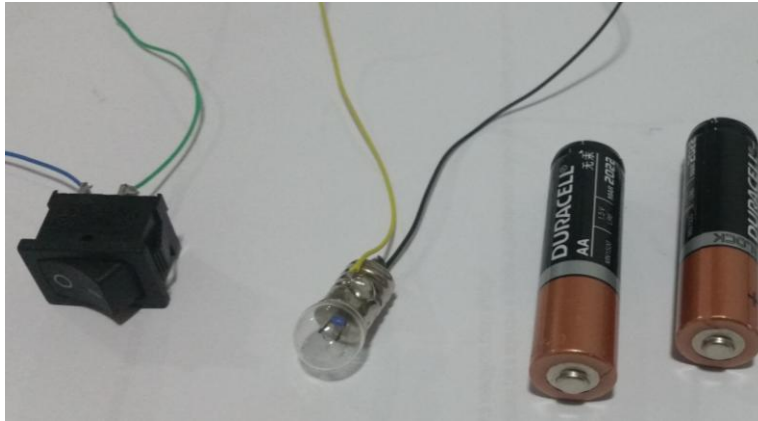


Fonte: Acervo Pessoal.

4.2.2. Construtor de circuito elétrico com lâmpada

O equipamento é composto por uma ou duas lâmpadas de 2,2 V/0,25 W onde são soldados dois fios de cores diferentes, um interruptor também com dois fios de cores diferentes soldados e uma ou duas pilhas de 1,5 V. O *kit* pode ser visto na figura 08.

Figura 08 - *Kit* para a atividade investigativa de eletrodinâmica.



Fonte: Acervo Pessoal.

Os alunos conseguem montar circuitos simples unindo os fios e usam as cores dos fios para identificar as ligações feitas.

4.3. Experimentos usados na aplicação

4.3.1. *Tubo de Foucault*

O experimento com o Tubo de Foucault é composto por um tubo de cobre de aproximadamente 30 cm de comprimento, uma esfera de aço de 10mm diâmetro (esfera de rolamento) e um ímã esférico de neodímio de 10 mm de diâmetro (figura 09).

Figura 09 - Tubo de cobre, esfera de aço e ímã esférico de neodímio



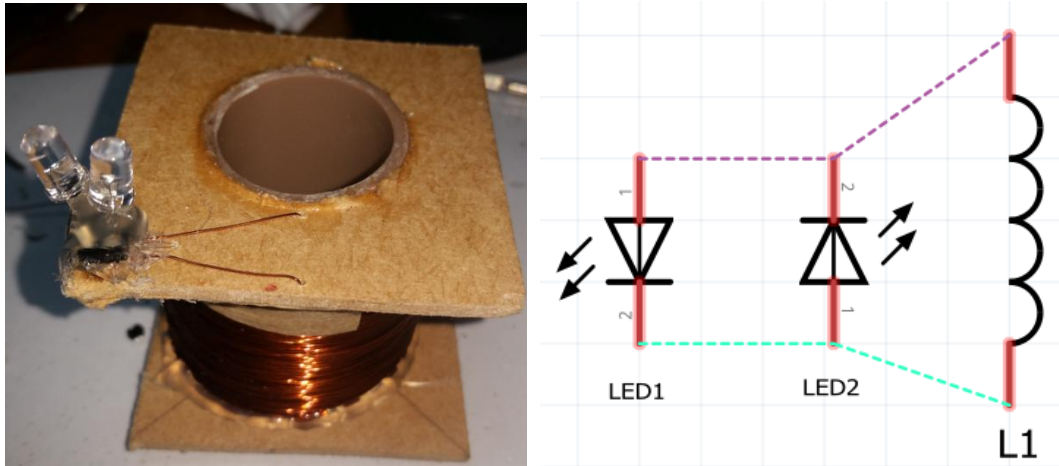
. Fonte: Acervo Pessoal.

O interessante nesse experimento é não informar aos alunos que uma das esferas é de aço e não está magnetizada.

4.3.2. Bobina com LED

Esse equipamento é composto por uma bobina com aproximadamente 4000 espiras onde são soldados dois diodos LED de cores diferentes com catodo e anodo invertidos (Figura 10). Os diodos servem para indicar o sentido da corrente na bobina. Todas as etapas de confecção da bobina com LED estão no Apêndice A.

Figura 10 - Bobina com 4000 espiras com os dois diodos LED.



Fonte: Acervo Pessoal.

Para produzir a indução usamos dois ímãs cilíndricos de neodímio com 14 mm de diâmetro por 14 mm de altura e um prego de aço de 6 cm. Os ímãs são presos ao prego que funciona como uma haste.

4.3.3. Bobina chata

O equipamento é composto por uma bobina chata (raio muito maior que a espessura) com aproximadamente 30 espiras com as duas extremidades soldadas. A bobina é pendurada com linha de costura numa haste de forma que não possa girar em torno do eixo vertical (Figura 11). A construção está detalhada no Apêndice A dessa dissertação.

Figura 11 - Bobina chata de 30 espiras fechada.



Fonte: Acervo Pessoal.

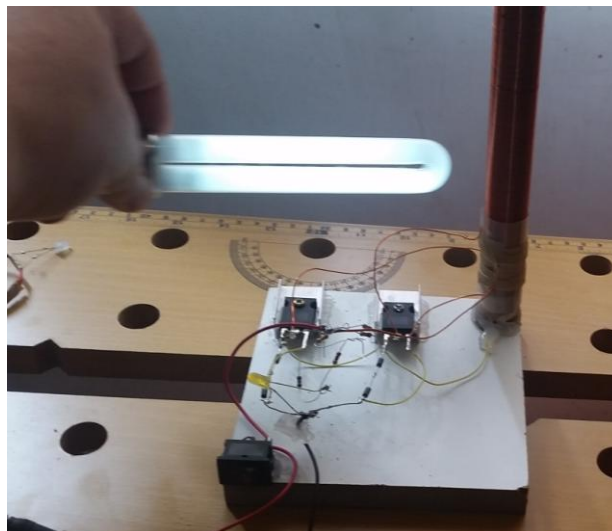
Para produzir a indução também usamos dois ímãs cilíndricos de neodímio ($\varnothing 14$ mm x 14 mm) presos a um prego de 6 centímetros.

4.4. Experimento usado no fechamento do trabalho

4.4.1. Mini Bobina de Tesla

A Mini Bobina de Tesla (RODRÍGUEZ-ACHACH, 2018) deve ser construída conforme o esquema apresentado no Apêndice A desta dissertação. É acompanhada por uma lâmpada incandescente, uma lâmpada fluorescente e uma bobina chata com LED (Figura 12).

Figura 12 - Mini Bobina de Tesla ascendendo uma lâmpada fluorescente.



Fonte: Acervo Pessoal.

O uso da Mini Bobina de Tesla deve ser acompanhado pelo professor para evitar acidentes com choque elétrico.

Capítulo 5

Preparação

5.1. Introdução

O ensino tradicional com aulas expositivas segue uma rotina que é seguida por quase todos os professores, iniciada por algumas aulas teóricas com exemplos de aplicação. A seguir, o professor propõe uma série de perguntas (problemas ou exercícios) e o aluno procura pelas respostas no material didático disponível, na teoria trabalhada em sala de aula e nos exemplos apresentados. Nas aulas de laboratório, quando existem, apresenta-se ao aluno um relatório para ser preenchido com valores medidos, contas, resultados obtidos e uma interpretação do fenômeno estudado a partir do conteúdo dado em sala de aula.

Os alunos do Ensino Médio estão acostumados com esse sistema e uma proposta alternativa como o ensino por investigação pode criar conflitos, caso o professor não prepare os alunos para os diferentes desafios que vão aparecer. Neste modelo, as perguntas vão surgir da observação de um fenômeno e não serão feitas pelo professor, mas pelos próprios alunos. As respostas vão ser construídas a partir de hipóteses levantadas e discutidas com os colegas e testadas através de experimentos que a confirmem ou a refutem. Algumas preocupações que o professor deve ter ao planejar atividades de ensino por investigação são resumidas abaixo.

Resumimos os principais pontos da proposta em:

- i) Propor situações-problema em vez de experimentos fechados.
- ii) Analisar, aproveitar, e valorizar as propostas dos estudantes, colocando-as quando possível como hipóteses a serem testadas.
- iii) Não menosprezar nesta disciplina o potencial didático de experimentos semi-quantitativos que envolvam a aplicação prática direta de conceitos, propiciando terreno adequado para o desenvolvimento conceitual e das habilidades dos estudantes.
- iv) Permitir que os estudantes tenham propostas sobre a maneira de encarar o problema físico e de executar os experimentos.
- v) Propiciar cooperação e integração dos grupos na solução dos problemas apresentados e na análise coletiva dos resultados obtidos (GIL PEREZ, 1996, p.14 apud SILVA, 2002, p. 472).

O sucesso da aplicação está ligado ao interesse do aluno em participar da atividade de forma completa, interessado em chegar a uma resposta aceitável que explique minimamente aquilo que foi observado.

Para que a transição entre o ensino tradicional e o ensino por investigação seja minimamente conflituosa propomos que conceitos básicos sejam trabalhados com aulas comentadas onde os alunos são motivados a propor hipóteses para situações bem simples, até mesmo óbvias, de forma a compreender o processo de obtenção do conhecimento científico. Também consideramos muito importante permitir que os grupos interajam entre si, trocando informações e resultados, permitindo que o conhecimento seja difundido pelo grande grupo através dessa interação. Não vemos problema que um experimento proposto por um grupo seja repetido por outro, pois é possível que cada um chegue a conclusões iniciais diferentes e, ao discutir com o outro grupo, o resultado seja mais rico e detalhado.

Os experimentos estão relacionados com o conteúdo que normalmente é ministrado no 3º ano do Ensino Médio. O quadro abaixo mostra como são divididos os assuntos em uma escola do estado de Minas Gerais com carga horária de duas horas/aula por semana.

Quadro 03 - Plano curricular do 3º ano do ensino médio. Em destaque os temas com atividades desenvolvidas nesse trabalho.

1º PERÍODO ou BIMESTRE	
<u>Eletrostática I – Carga elétrica</u>	<u>Noção de carga elétrica</u> <u>Corpo eletricamente neutro e corpo eletrizado;</u> <u>Princípios eletrostáticos;</u> <u>Lei de Coulomb.</u>
Eletrostática II - Campo elétrico	Conceito e descrição de campo elétrico; Linha de forças; Densidade superficial de cargas; Fenômenos eletrostáticos na atmosfera.
2º PERÍODO ou BIMESTRE	
<u>Eletrodinâmica</u> <u>Corrente elétrica e resistores</u>	<u>Corrente elétrica</u> Tipos de corrente elétrica Potência elétrica
Associação de resistores e <u>medidas elétricas.</u>	Leis de Ohm Associação de resistores <u>Medidas elétricas</u>
<u>Eletrodinâmica</u>	Geradores de energia elétrica <u>Circuito simples</u> Associação de geradores
3º PERÍODO ou BIMESTRE	
Capacitores	Capacitância Associação de capacitores.
Eletromagnetismo	Origem das propriedades magnéticas dos materiais <u>Campo magnético</u>
Força magnética devido a correntes elétricas	Força magnética em um trecho elementar de um fio condutor Forças magnéticas entre dois condutores retilíneos e paralelos
4º PERÍODO ou BIMESTRE	
<u>Indução Eletromagnética</u>	<u>Fluxo do vetor indução magnética ou fluxo de indução</u> <u>Indução eletromagnética</u>
Conceitos de Física Moderna	Relatividade Efeito Fotoelétrico
Conceitos de Ondulatória	Ondas Acústica

Fonte: Acervo Pessoal.

As turmas do terceiro ano do Ensino Médio em que o trabalho foi aplicado são heterogêneas quanto ao nível de conhecimento dos alunos e interesse na disciplina Física. Três turmas fazem parte de uma escola estadual do município de Juiz de Fora (escola A), três turmas de uma escola particular no mesmo município (esco-

la B) e uma turma de uma escola particular no município de São João Nepomuceno (escola C), todas no estado de Minas Gerais. As turmas têm, em média, quarenta alunos, em sua maioria dentro da faixa etária correspondente à série.

Nas escolas A e B os alunos têm duas aulas de 45 minutos semanais de Física na grade curricular, e na escola C são três aulas semanais. O trabalho foi aplicado simultaneamente nas turmas das escolas A e C no horário normal de aulas. Na escola B, de forma diferente, as aulas eram no contraturno, voluntárias e sempre em laboratório, sendo ministradas após o conteúdo teórico ter sido visto em sala de aula.

Aplicamos a atividade investigativa com os alunos divididos em grupos e, durante as semanas seguintes, nas aulas de teoria e exercícios, os resultados obtidos naquelas primeiras aulas foram usados para reforçar os conceitos trabalhados em sala. Toda a eletrostática foi ministrada usando os experimentos propostos na atividade inicial. Antes de iniciar o estudo de eletrodinâmica foi proposta uma nova atividade investigativa aos alunos que novamente foi usada como base para as demais aulas.

É evidente que trabalhando em pequenos grupos os resultados ficam cada vez mais completos e formais. É a partir dessa colaboração que Vygotsky justifica o sucesso do trabalho em grupo.

Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato (VYGOTSKY, 2001, p. 329).

A atividade de eletrostática deixou lacunas que, ao longo das aulas expositivas, foram sendo preenchidas a partir de comentários sobre as conclusões que os grupos relataram. Na atividade de eletrodinâmica as discussões nos grupos se intensificaram e foi muito interessante observar a constante busca pela questão que ainda não havia sido levantada.

Chamamos esta primeira etapa de “preparação”, pois os jovens têm o primeiro contato com o ensino por investigação. Esperamos com essa preparação que o aluno perceba a ciência como algo dinâmico, construído a partir de dúvidas e de problemas que, de alguma forma, levaram indivíduos a buscar uma resposta. Também queremos que eles se sintam confortáveis para discutir e contestar as informações obtidas a partir de um experimento e das conclusões tiradas por seus colegas. Durante a preparação, mesmo com atividades investigativas planejadas para pouca ou nenhuma participação do professor, escolhemos interagir mais com os alunos.

Percebemos que, no começo dessa etapa, os estudantes se contentavam com explicações simples para determinado fenômeno para não ir de encontro ao proposto por um colega. Assim, ao fazer perguntas ao grupo, foi possível reiniciar uma discussão sobre o tema e dar voz àquele aluno ou aluna que tinha deixado de lado uma dúvida ou conclusão. Reforçamos que o planejamento da tarefa que se propõe para os alunos deve ser “(...) apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução” (THOMAZ, 2000, p. 362) ou teremos alunos desviando a atenção do experimento para assuntos fora do conteúdo que está sendo trabalhado. O professor deve dosar esta tarefa e avaliar os grupos à medida que o tempo passa para evitar que eles fiquem acuados por uma conclusão errada e não consigam concluir o trabalho.

5.2. Primeira etapa: Preparação dos alunos

5.2.1. Por que preparar os alunos?

Atualmente, o Ensino Médio com foco na preparação para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e processos seriados de acesso às universidades como o PISM (Programa de Ingresso Seletivo Misto da Universidade Federal de Juiz de Fora) impõe ao professor atender a expectativa por aulas com foco nas questões normalmente trabalhadas nestes processos seletivos. Os alunos “preferem” o método tradicional, onde o conhecimento é informado pelo professor, por não conhecerem outra abordagem.

A introdução de uma mudança que exija raciocínio, diálogo, habilidades motoras, análise crítica, argumentação, entre outras competências deve ser feita de

forma tranquila para evitar conflitos com os alunos e pais. Os alunos devem entender que o que eles vão fazer não é brincadeira, mas um estudo científico sobre um determinado tema e, para tal, precisam confiar no professor sobre os resultados que essa metodologia irá produzir.

Sugerimos usar a eletrostática e eletrodinâmica como conteúdos onde os jovens irão se adaptar ao processo investigatório. Nestes assuntos, o professor participa muito mais durante as atividades investigativas, direcionando os grupos para os resultados esperados ao longo do trabalho. Assim, os questionamentos, discussões e enganos apontados são avaliados e valorizados pelo professor para, em seguida, ser novamente introduzidos no grupo, acompanhados de críticas e novas perguntas. Os alunos devem ser motivados a questionar tudo, a não aceitar sempre a explicação mais simples ou abandonar uma colocação sem apresentar um argumento para tanto. Na eletrodinâmica, por exemplo, em uma montagem que produz o resultado esperado, mas com aquecimento exagerado das partes, o professor, ao invés de mostrar a montagem certa, desafia o grupo a fazer outra montagem que seja mais eficiente ao produzir menos energia térmica.

Observamos que, ao longo do ano, os jovens ficaram mais críticos, exigindo explicações mais detalhadas de determinados assuntos, principalmente quando um experimento era indicado no livro didático. O trabalho do professor aumenta na medida que o tema passa a ser mais interessante e a preparação das aulas tem que ser mais cuidadosa.

5.2.2. Distribuição das aulas

A ministração do conteúdo foi dividida em duas fases. Na primeira fase trabalhamos com experimentos simples numa proposta de ensino por investigação. Nessa fase explicamos aos alunos que eles devem analisar os materiais recebidos, criar propostas que possam ajudar a resolver ou explicar o fenômeno que foi apresentado como desafio. Também chamamos a atenção para a importância da discussão. Na segunda fase usamos aulas expositivas dialogadas para formalizar os conceitos e discutir as observações dos grupos.

Os quadros 3 e 4 mostram a distribuição das aulas da primeira fase onde o desafio é apresentado aos alunos já divididos em pequenos grupos.

Quadro 04 - Distribuição das aulas da atividade investigativa de eletrostática.

Aula	Conteúdo	Material	Procedimento
1	Eletrostática	Pêndulo Eletrostático Canudos de plástico Papel toalha	Mostrar a eletrização do canudo e desafiar os alunos a repetir o experimento; Fazer ligação com o pêndulo eletrostático.
2	Eletrostática	Pêndulo Eletrostático Canudos de plástico Papel toalha	Repetir os experimentos e relatar os fenômenos observados procurando explicar cada um deles.
3	Eletrostática	Relatos Pêndulo Eletrostático Canudos de plástico Papel toalha	Ler os relatos com o grande grupo para confrontar e refutar as explicações.

Fonte: Acervo Pessoal.

Quadro 05 - Distribuição das aulas da atividade investigativa de eletrodinâmica.

Aula	Conteúdo	Material	Procedimento
1	Eletrodinâmica	Lâmpadas Pilhas Fios Interruptor	Entregar os materiais para os alunos e pedir que montem um circuito que permita acender uma lâmpada, relatando e discutindo método usado e resultados.
2	Eletrodinâmica	Lâmpadas Pilhas Fios Interruptor	Resolver mais dois desafios (introduzir o interruptor e acender duas lâmpadas) completando os relatos.
3	Eletrodinâmica	Simulador	Com a ajuda dos alunos, fazer a montagem no simulador dos desafios propostos nas primeiras aulas.
4	Eletrodinâmica	Simulador	Finalizar a discussão e propor novos desafios.

Fonte: Acervo Pessoal.

5.2.3. Eletrostática

Para introduzir o assunto eletrostática, os alunos divididos em grupos receberam um pêndulo eletrostático simples, canudos de plástico e algumas folhas de papel-toalha (Figura 13). Após uma pequena abordagem histórica, o professor eletriza o canudo por atrito usando o papel-toalha e o prende ao quadro, desafiando os alunos a repetir e explicar o fenômeno usando os materiais recebidos e os seus conhecimentos prévios.

Nesse ponto os alunos já conhecem os elementos básicos que compõe a matéria (prótons, elétrons, nêutrons) obtidos ao longo do 1º e 2º ano do Ensino Médio na disciplina Química e conceitos da Física de força de contato e força de ação à distância.

Figura 13 - Material da atividade investigativa de eletrostática. O eletroscópio, preso a um copo de café com gesso, canudos e papel para eletrização por atrito.



Fonte: Acervo Pessoal.

Ao longo da aula os alunos devem relatar por escrito os procedimentos e as conclusões obtidas no processo de investigação e, em outra aula, os relatos são discutidos com a turma.

Inicialmente, percebemos muita dificuldade dos jovens para conseguir eletrizar o canudo e repetir o procedimento feito pelo professor. Nesta fase, o pêndulo é totalmente esquecido e apenas o canudo e o papel são manuseados por todos do grupo, tentando conseguir o resultado. Em todas as turmas foram pedidos mais canudos e papel para que todos do grupo tentassem a tarefa. Em determinado momento, um aluno consegue e, pouco tempo depois, quase todos estão conseguindo prender o canudo na parede.

Neste ponto, através da intervenção do professor, começam as discussões sobre o motivo do canudo ficar preso ao quadro. Alguns alunos testam em outras superfícies (uma aluna chega a prender o canudo no brinco, vide Figura 14) e

criam suas primeiras hipóteses para o fenômeno observado. O pêndulo eletrostático entra na discussão quando alguns alunos tentam prender o canudo na haste do pêndulo e percebem o movimento da bolinha de alumínio. Esta situação leva o foco da discussão ao que está acontecendo entre a bolinha e o canudo. Apesar das perguntas dos alunos, o professor participa com comentários, encaminhando as perguntas a outros colegas de outros grupos e direcionando as discussões. A interação entre os alunos é muito grande e a primeira aula é toda voltada para essa discussão.

Figura 14 - Aluna com o canudo preso ao brinco.



Fonte: Acervo Pessoal.

Na segunda aula o professor reorganiza os grupos e pede que eles passem para a etapa do relato daquilo que foi observado, tentando sempre explicar o fenômeno a partir do que os alunos aprenderam ao longo da vida escolar. Um fato que chamou a atenção foi que nenhum grupo usou o conceito ou uma noção de **força** para explicar os fenômenos. A maioria dos alunos escreveu que ao esfregar o canudo no papel, o mesmo passava a ter propriedade magnética e atraía a bolinha de alumínio e o quadro por causa da temperatura (Figura 15). O mesmo argumento era usado para explicar a repulsão da bolinha de alumínio que ocorria algumas vezes, como se os “polos do canudo e da bolinha” estivessem do mesmo lado.

Figura 15 - Atividade investigativa de eletrostática.



Fonte: Acervo Pessoal.

Na terceira aula, durante as discussões sobre os relatos, o professor confronta as explicações dos alunos com situações da vida cotidiana que invalidam ou confirmam a explicação dada por eles, como, por exemplo, ao mostrar em sala de aula que um ímã não interage com o alumínio ou que só existe interação magnética entre dois ímãs ou entre o ímã e alguns metais, não podendo existir entre o canudo e a parede. Também foi discutida a questão da temperatura como fator para a chamada “magnetização” do canudo. Em todas as salas, um canudo foi deixado preso na parte mais alta da janela da sala e permaneceu lá até a semana seguinte, quando o assunto entrou em debate. Após discutir com os alunos a variação de temperatura que o canudo sofreu ao longo desse tempo essa explicação foi deixada de lado. Vários alunos mostraram-se surpresos por não lembrar de usar o termo força nas

suas explicações e alguns até disseram que “queriam dizer isso quando falaram em atração” e que “era óbvio que tinha força ali”.

O início do estudo dos processos de eletrização foi feito a partir da terceira aula e em todas as aulas o assunto foi abordado retomando os experimentos investigativos que os alunos fizeram. Como já tinham visto a situação experimental, percebemos que o conteúdo fluiu com mais facilidade, atingindo o ápice no entendimento da Lei de Coulomb e explicação final do motivo do canudo ficar preso ao quadro.

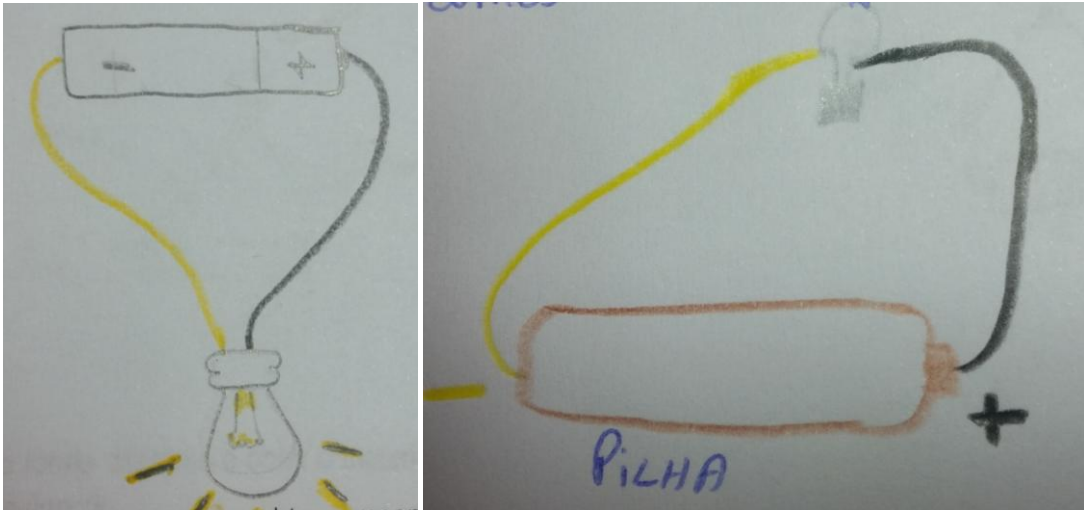
5.2.4. *Corrente elétrica e Circuitos elétricos*

Após a conclusão da Eletrostática, uma nova atividade investigativa foi planejada para introduzir o conceito de corrente elétrica e circuitos elétricos. Dessa vez, os alunos receberam uma pilha pequena (AA) de 1,5 V, uma lâmpada incandescente de lanterna de 2,2 V / 0,25 W com dois fios soldados (um preto e um amarelo) e um interruptor simples com dois fios soldados (um azul e um branco). Para esta atividade os desafios foram apresentados por escrito e cada grupo deveria desenhar as ligações feitas em três situações distintas. Foram usadas duas aulas para essa etapa.

Na primeira situação, os alunos deveriam acender a lâmpada e desenhar as formas diferentes que eles conseguiam atingir o objetivo. Na segunda situação eles deveriam usar o interruptor para fazer a lâmpada acender e apagar. Novamente eles deveriam testar de quantas formas poderiam obter sucesso. Finalmente, na terceira situação após receber uma segunda lâmpada, eles deveriam montar um circuito de forma a acender e apagar as duas lâmpadas simultaneamente.

O primeiro desafio foi rapidamente cumprido por todos os grupos, inclusive com comentários sobre o fato de não fazer diferença sobre o “lado” que a ligação é feita. Os desenhos dos fios de cores diferentes representam claramente essa observação (Figura 16).

Figura 16 - Ligação da lâmpada direto na pilha.

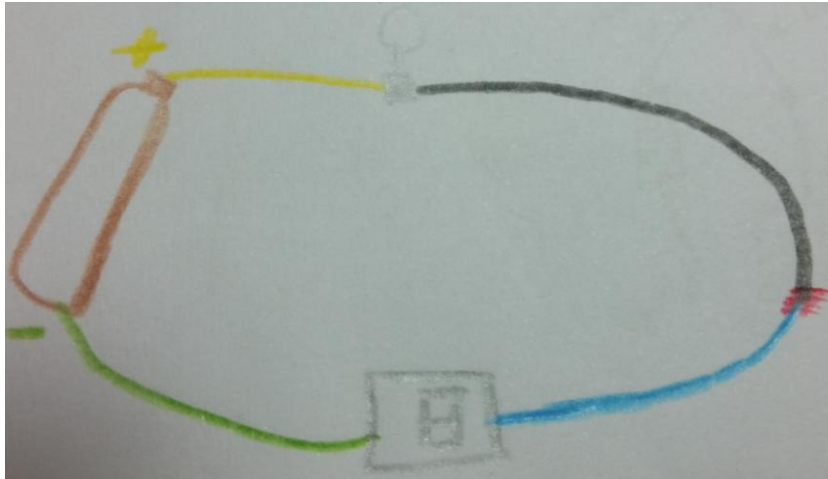


Fonte: Acervo Pessoal.

Em uma das turmas foi feito um experimento extra com a mesma pergunta do primeiro desafio, mas no lugar das lâmpadas foram usados diodos LED já preparados com um resistor soldado em série. Apesar dos resultados positivos com os discentes percebendo que no diodo LED a forma da ligação com a pilha interfere no resultado, o experimento tomou muito tempo e por isso não foi repetido nas outras turmas.

O segundo desafio foi mais complicado para os grupos. Todos fizeram a primeira montagem colocando o interruptor e a lâmpada em paralelo e os dois ligados na pilha. O objetivo de acender e apagar a lâmpada foi alcançado, mas o professor fez com que cada grupo segurasse a pilha quando o interruptor estava, segundo eles, “desligando a lâmpada”. Em pouco tempo eles percebem que a pilha esquenta bastante e, com essa percepção, o professor indica que tem alguma coisa errada, já que não é normal apagar uma lâmpada e produzir calor a partir daí. Depois de mais algumas tentativas, os grupos chegam a uma montagem que funciona, agora com o interruptor em série com a lâmpada (Figura 17). Vale ressaltar que os conceitos de circuitos em série e em paralelo ainda não foram tratados com os alunos e todas as montagens estão sendo feitas por tentativa e erro.

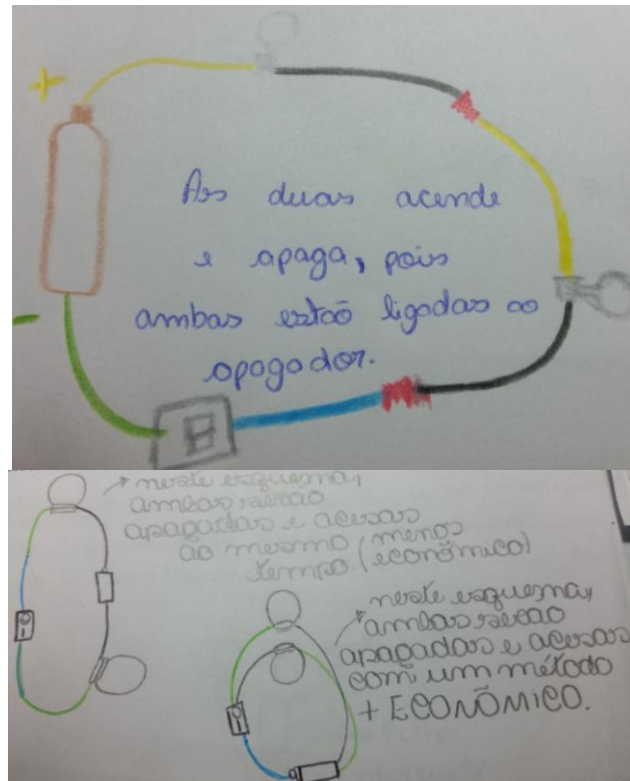
Figura 17 - Ligação da lâmpada com o interruptor



. Fonte: Acervo Pessoal.

O terceiro e último desafio foi o que gerou mais discussão. Ao receberem a segunda lâmpada alguns grupos simplesmente repetiram a montagem do segundo desafio colocando a nova lâmpada em série com a primeira e perceberam que obtinham resultado, mas com as lâmpadas com brilho muito fraco. Outros grupos também partiram da montagem anterior, mas colocaram a lâmpada em paralelo com a primeira lâmpada e conseguiram um resultado onde as duas lâmpadas brilhavam da mesma forma que no segundo desafio (Figura 18). Os grupos entraram em discussão sobre o “erro” da montagem em série e a aula terminou com o tema em aberto.

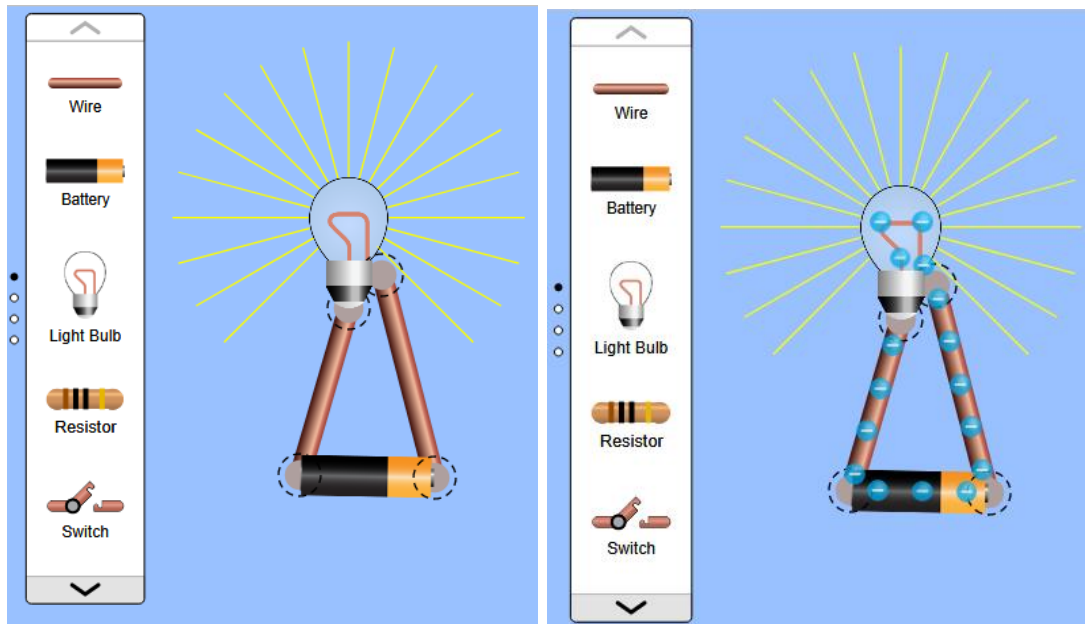
Figura 18 - Circuito com as duas lâmpadas e o interruptor.



Fonte: Acervo Pessoal.

A terceira e quarta aula do tema foi desenvolvida usando o simulador *Circuit Construction Kit: DC* existente no site da Universidade do Colorado de simulações interativas PhET. Usando um projetor, o professor pediu que um grupo mostrasse como devia ser a montagem da primeira situação. O simulador permite que seja mostrado ou não o movimento dos elétrons e é feita uma discussão sobre o que é necessário para a lâmpada acender (Figura 19).

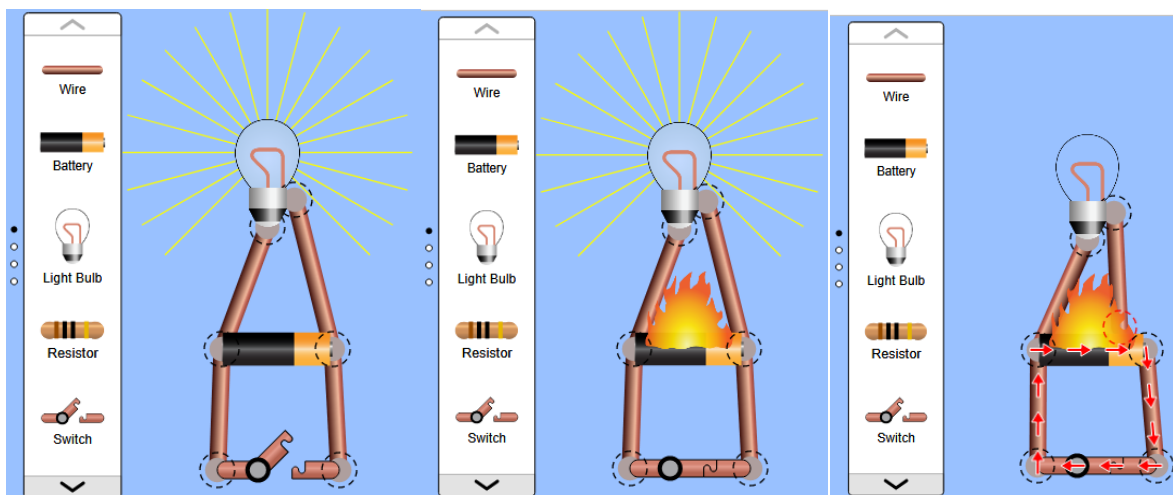
Figura 19 - Montagem no simulador.



Fonte: PhET, 2017.

A segunda montagem foi feita por orientação dos alunos e o professor consegue mostrar com eficiência a importância da ligação correta do interruptor no circuito (Figura 20). Quando algum curto-circuito acontece no simulador ele apresenta o elemento em curto em chamas e o intenso movimento dos elétrons passando por aquele elemento.

Figura 20 - Curto circuito no simulador

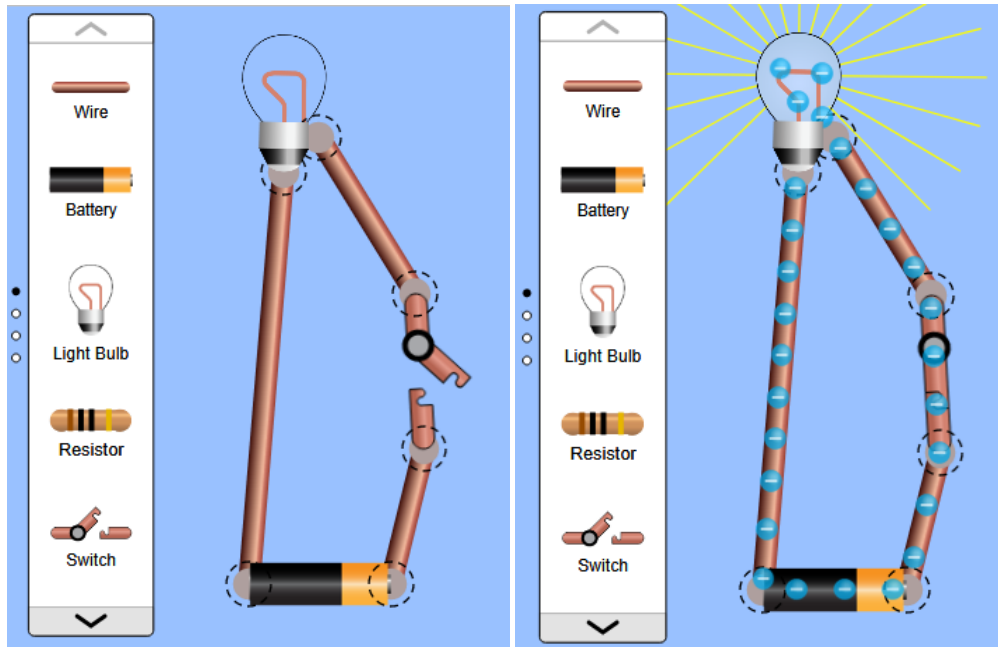


. Fonte: PhET, 2017.

A discussão decorrente da montagem incorreta (a que esquenta a pilha) e da montagem correta permite ao professor discutir ligação em série e em paralelo,

além do conceito de corrente elétrica e seu comportamento em cada situação (Figura 21).

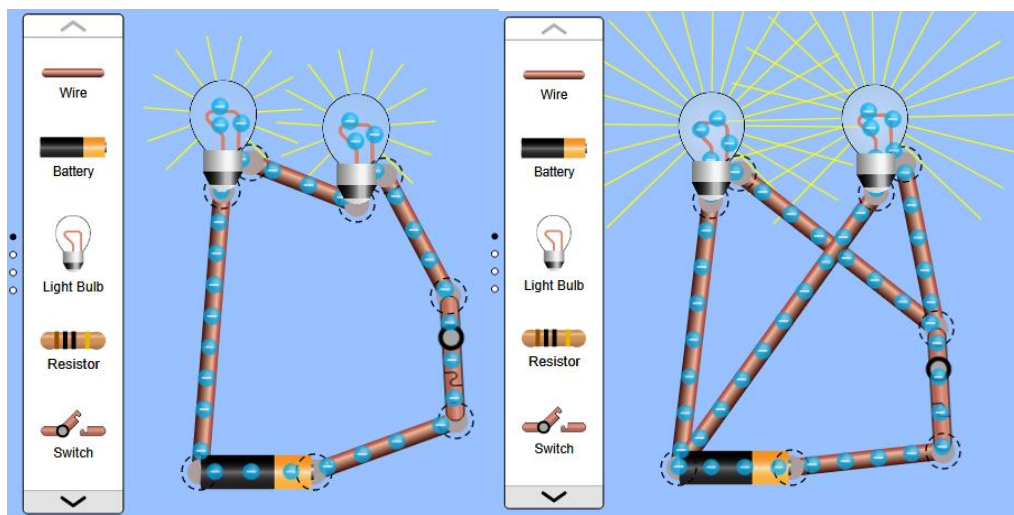
Figura 21 - Interruptor em série



. Fonte: PhET, 2017.

Finalmente, na última etapa dessa aula, o professor discute com os alunos a última montagem e a diferença entre associação em série e em paralelo das lâmpadas usando o simulador (Figura 22). Nesta fase a participação dos alunos é intensa e são sugeridas diversas mudanças no circuito para elucidar dúvidas que apareceram durante a parte experimental.

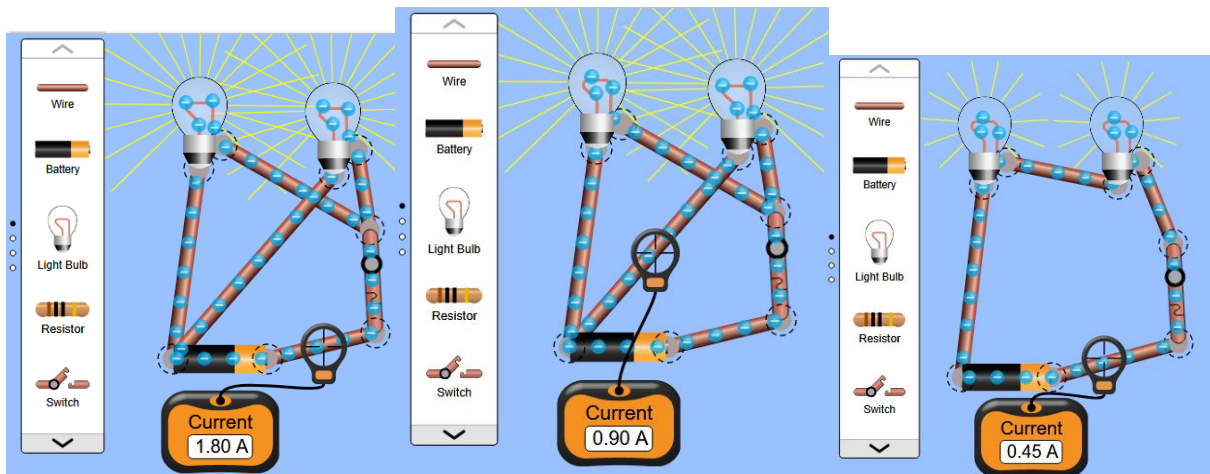
Figura 22 - Montagem em série e paralelo.



Fonte: PhET, 2017.

O amperímetro é apresentado como aparelho que permite medir a intensidade da corrente elétrica e por ele é feita a medida da corrente elétrica em diferentes pontos das montagens (Figura 23).

Figura 23 - Uso do amperímetro virtual.



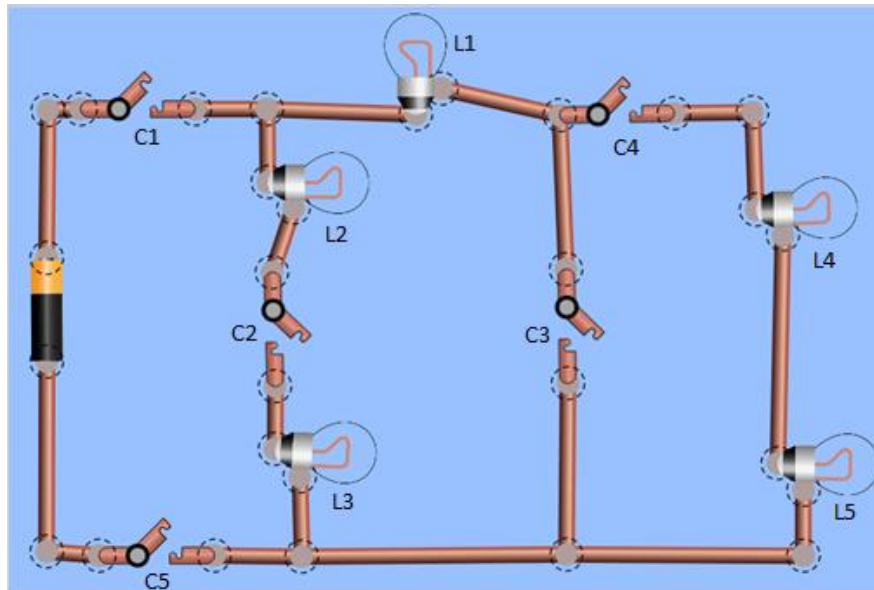
Fonte: PhET, 2017.

Além de discutir o brilho das lâmpadas, observado também na parte experimental, o professor pode mudar a potência de cada lâmpada e a diferença de potencial fornecida pela bateria para que os alunos percebam diferenças nos resultados.

Como última atividade é proposto um circuito composto por várias lâmpadas e interruptores pelo qual o professor apresenta a associação mista. A atividade é sugerida para ser feita em casa e em caráter de avaliação.

Os alunos devem analisar o circuito e responder quais chaves devem ser usadas para acender apenas a lâmpada L1, apenas as lâmpadas L2 e L3, apenas as lâmpadas L4 e L5, e todas as lâmpadas simultaneamente (Figura 24). Nas turmas em que sobrou tempo da quarta aula, diversos alunos já tentaram resolver o problema e discutiram soluções com os colegas de forma muito empolgada.

Figura 24 - Exercício para casa.



Fonte: PhET, 2017.

5.2.5. Comentários

O resultado observado pelo professor na fase de preparação revela que os alunos são abertos a problemas de investigação científica associados a experimentos. A cobrança dos alunos para mais aulas com esse enfoque foi constante durante o intervalo entre os dois laboratórios, momento em que as aulas teóricas eram ministradas. Sempre que necessário, o professor usava os experimentos como exemplo, até repetindo em sala para reforçar algum ponto. Percebeu-se que o andamento da matéria, a participação e o interesse dos alunos foi melhor do que com as turmas de anos anteriores.

Capítulo 6

Aplicação

6.1. Experimentos de Indução Eletromagnética

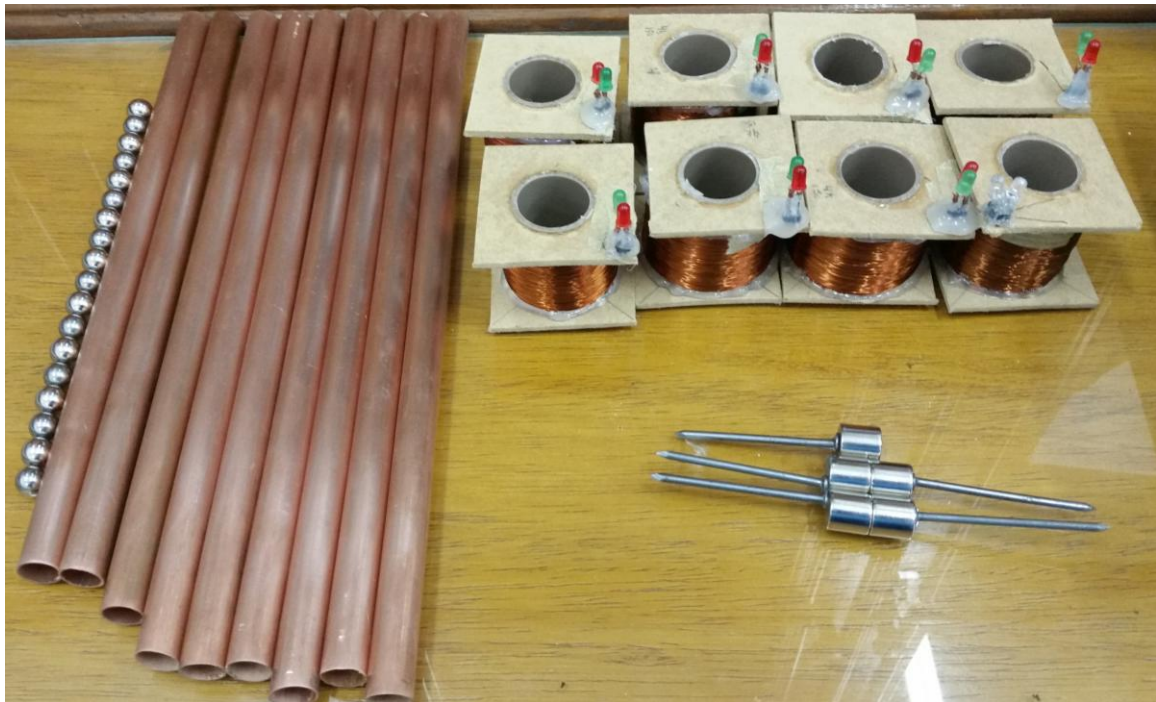
Percebemos que muitos alunos têm dificuldades em compreender os diversos fenômenos relacionados ao aparecimento de corrente elétrica em condutores a partir da variação do fluxo de campo magnético. Os efeitos decorrentes da indução eletromagnética e suas aplicações práticas são muito interessantes para ficarem limitados a resolução de problemas nos quais o aluno é treinado a usar a regra da mão direita e aplicar algumas fórmulas.

O laboratório de indução eletromagnética é composto pelos seguintes equipamentos:

- i. *Tubo de Foucault: Tubo de cobre de 5/8" com 30 cm de comprimento, um ímã de neodímio esférico N35 10mm e uma esfera de aço de 10 mm;*
- ii. *Bobina com LEDs: Bobina com 4000 espiras com dois LEDs de cores diferentes, dois ímãs de neodímio cilíndrico N35 14mm x14 mm e um prego de aço de 10 cm;*
- iii. *Bobina Chata: Bobina fechada com 20 espiras, dois ímãs de neodímio cilíndrico N35 14 mm x 14 mm e um prego de aço de 10 cm e suporte para pendurar;*
- iv. *Mini Bobina de Tesla: Bobina com fonte de 30 V, bobina chata com 20 espiras com um LED e uma lâmpada fluorescente compacta.*

Para os três primeiros experimentos foram elaboradas atividades com características de investigação científica e a aplicação foi programada para ocorrer após exposição em sala de aula dos conceitos iniciais do magnetismo, mas ainda antes dos conceitos de indução eletromagnética serem vistos (Figura 25).

Figura 25 - Tubo de Foucault, bobina com LED e ímãs de neodímio.



Fonte: Acervo Pessoal.

Algumas tarefas são realizadas com a finalidade de direcionar e obter um registro escrito dos trabalhos os grupos. Inicialmente os alunos devem descrever os equipamentos recebidos e registrar essas características na folha de relatório. Aqui, o professor chama a atenção dos jovens para a importância da observação e documentação dos procedimentos que devem ser adotados ao longo do estudo. Na segunda tarefa os alunos são motivados a criar experimentos com os elementos recebidos, observar os resultados e propor explicações para o que foi observado. Finalmente, a terceira tarefa é criticar os resultados obtidos comparando-os com experimentos anteriores, com previsões feitas e até com a descrição inicial dos materiais.

6.2. Os experimentos

6.2.1. Tubo de Foucault

Os alunos recebem o tubo de cobre, um ímã de neodímio esférico e uma esfera de aço. Na descrição dos materiais percebemos que todos os grupos inicialmente acreditam ter recebido dois ímãs esféricos, pois a atração entre as esferas é

facilmente observada. Nenhum grupo tentou obter a repulsão entre os supostos ímãs e apenas um dos grupos fez um “teste” usando a chave de casa de um dos alunos, observando que apenas uma das esferas era imantada. Na descrição do tubo os alunos foram cautelosos ao dizer que o mesmo era composto de material desconhecido ou que aparentava ser de cobre.

O primeiro experimento relatado pela maioria dos alunos foi colocar uma esfera por dentro do tubo e a outra por fora de forma a conseguir movimentar a que está no interior atuando apenas na esfera que está na parte externa do tubo. A explicação mais comum para o fenômeno foi a natureza magnética já observada nas esferas e nenhum fato novo foi percebido.

Sem nenhuma influência do professor, os grupos, em determinado momento, começam a soltar as esferas em uma das bocas do tubo e recolher no outro lado e percebem que uma das esferas gasta mais tempo no percurso. A partir desse experimento eles conseguem confirmar ou reconhecer que as esferas são diferentes e, com novos testes nos pregos das mesas do laboratório, armários metálicos e chaves, concluem que apenas uma delas é imantada.

A explicação da diferença de tempo que cada esfera leva para percorrer o tubo metálico posicionado na vertical passou a ser o foco dos trabalhos. A maioria dos grupos concluiu que o tubo devia ser formado de um material com liga de ferro ou que a parede interna do tubo fosse recoberta com ferro de forma que a esfera imantada desce mais devagar por ser atraída por todos os lados ao longo da descida. Um grupo propôs que o tubo tinha um campo magnético com sentido diferente ao da esfera, mas não conseguiu explicar porque esse campo não influenciava a esfera não imantada.

Todos os grupos concluíram na terceira tarefa que a inconsistência entre os resultados e a descrição dos elementos foi o da percepção de que apenas uma das esferas estava imantada. O grupo que já tinha percebido a diferença entre as esferas reforçou essa informação e ainda citou que o tubo, que aparentava ser de cobre, tinha que ter algum ferro para explicar a atração observada entre a esfera imantada e o tubo quando ela estava em movimento.

Observamos ao final da aplicação desse experimento que os alunos conseguem observar o fenômeno, mas ainda tem dificuldade de criar hipóteses e explicar os fenômenos. Obviamente não foram fornecidas condições para que todas as hipóteses fossem testadas (como verificar a pureza do material do tubo), mas alguns

grupos buscaram alternativas aos materiais disponíveis para confirmar suspeitas. Um experimento adicional usando um tubo de cobre onde um corte longitudinal cria uma fenda de ponta a ponta poderia ser apresentado aos alunos para comparação com o tubo fechado. Fica como sugestão para os docentes que se interessarem em utilizar o experimento.

Durante a aplicação não houve preocupação em evitar que os alunos buscassem outras fontes para compreender o que estavam observando, inclusive permitindo a comunicação entre os grupos. Em nenhum momento o professor disse que uma explicação estava certa ou errada, apenas motivou o grupo a chegar a um consenso antes de colocar no papel a explicação final.

6.2.2. Bobina com LED

Os grupos recebem uma bobina com 4000 espiras com dois diodos LED soldados em série com a bobina e com anodo e catodo invertidos, dois ímãs de neodímio cilíndricos e um prego que funciona como haste para os ímãs. Da mesma forma que no primeiro experimento, os alunos devem descrever os materiais recebidos.

O número de espiras da bobina foi obtido a partir de vários testes onde percebemos que bobinas com menos espiras, exigem maior velocidade relativa entre o ímã e a bobina ou ímãs com campo magnético mais intenso para obter o mesmo resultado.

Os grupos identificam os diodos LED e o professor aproveita esse momento para explicar a característica do diodo LED só acender quando percorrido por corrente elétrica em um determinado sentido. Nesta etapa percebemos que rapidamente os alunos começam com um experimento parecido com o feito no tubo de Foucault, soltando os ímãs ao longo do eixo da bobina e percebendo que um dos diodos LED acende dependendo do sentido do movimento do ímã. Todos os grupos testaram várias opções, com movimentos do ímã em sentidos diferentes e invertendo o ímã para observar os resultados (Figura 26). Alguns grupos, inclusive, testaram o movimento do ímã de lado, com os polos perpendiculares ao eixo da bobina, percebendo que nenhum dos diodos LED acendia nessa situação.

Figura 26 - Alunos testando a bobina com LED.



Fonte: Acervo Pessoal.

Também foi muito interessante observar que os alunos conseguiram concluir que o movimento relativo do ímã faz aparecer corrente elétrica ao longo da bobina. Essa corrente é responsável pelo acendimento do diodo LED. Também perceberam que velocidade com que o ímã se aproxima ou afasta da bobina interfere na intensidade da corrente, identificada pela variação do brilho do diodo LED.

Na última tarefa foi questionado se os alunos percebiam alguma ligação entre o experimento com o tubo de cobre e o experimento com a bobina. Alguns grupos levantaram a hipótese sobre o tubo de cobre ser formado por infinitas espiras.

6.2.3. Bobina chata

Os alunos recebem uma bobina com trinta espiras e em curto-circuito, dois ímãs de neodímio cilíndricos e um prego que funciona como haste para os ímãs. A bobina é pendurada em uma haste usando linha de costura de forma a permanecer na posição vertical sem possibilidade de girar em torno do eixo vertical. Como opção, o experimento também pode ser realizado adicionando uma segunda bobina que não esteja em curto-circuito, aberta, para que os alunos possam comparar resultados.

Esse foi o experimento realizado mais rápido. Na descrição dos materiais percebeu-se que os alunos tiveram mais cuidado, evitando assumir como certas informações que não podiam ser obtidas apenas por observação. Através do uso de sentenças do tipo “aparenta ser de cobre” ou “possivelmente de algodão” descreveram o material da bobina e do fio que foi usado para pendurá-la.

Durante a execução, todos os grupos usaram o prego para sustentar os ímãs e fazendo movimentos de vai e vem passando pelo meio da espira pendurada para observar o que acontecia. Como não havia o LED para mostrar a existência de corrente elétrica induzida, o movimento da espira passou a ser o foco do experimento. Alguns alunos foram minuciosos ao verificar se não ocorria nenhum contato da haste com a espira que pudesse criar o movimento e discutiram a influência do movimento do ar na oscilação da espira chata.

Os grupos perceberam e descreveram nos relatórios que havia o aparecimento de uma força sobre a espira e que essa força devia, de alguma forma, estar relacionada com a corrente que certamente aparecia na espira, mesmo que nesse experimento não houvesse o LED para permitir a observação dessa corrente elétrica. Essa força também passou a ser usada como argumento para o movimento mais lento do ímã no tubo de Foucault.

6.2.4. A Mini Bobina de Tesla

A Mini Bobina de Tesla proposta no *kit* envolve custo maior e é mais trabalhosa de construir, tendo sido produzidos apenas dois protótipos. Além disso existe o perigo de choque elétrico, dependendo da fonte usada e do número de espiras do secundário. Assim, foi planejada uma aula demonstrativa com o equipamento, mas não menos dialogada e com grande participação dos alunos. Ela foi usada no fechamento do conteúdo “Indução Eletromagnética”, iniciado com as atividades investigativas. Durante as aulas teóricas usamos novamente os experimentos para fazer a formalização dos conceitos de campo magnético, força magnética, fluxo de campo, Lei de Faraday e Lei de Lenz e, nas duas últimas aulas, apresentamos a Mini Bobina de Tesla (Figura 27) para reforçar esses conceitos.

Figura 27 - Mini Bobina de Tesla com os equipamentos auxiliares.



Fonte: Acervo Pessoal.

A demonstração em sala de aula, também estudada por Gaspar e de Castro Monteiro (2005), foi discutida a respeito de sua viabilidade para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos em ambientes informais, permitindo a compreensão e aprendizagem formal desses conceitos. A atividade experimental demonstrativa é maior do que um fator motivacional, pois precisa de ação planejada e consciente do professor que deve ter domínio do conteúdo e assegurar a participação dos alunos para garantir a interação social necessária para alcançar a aprendizagem (GASPAR & DE CASTRO MONTEIRO, 2005).

A aula com a Mini Bobina de Tesla seguiu a metodologia Previsão-Observação-Explicação. Sobre a mesa colocamos a Mini Bobina de Tesla, uma lâmpada incandescente, uma lâmpada fluorescente e uma bobina chata com LED. Depois de explicar o funcionamento básico do equipamento e da metodologia que seria usada, foram feitas perguntas aos alunos ainda com o equipamento desligado. Para cada pergunta anotava-se no quadro as previsões dos alunos, sem discutir ou julgá-las. As perguntas feitas estão indicadas abaixo.

- i. Ao aproximar ou afastar a bobina chata com LED da Mini Bobina de Tesla ligada, o que acontecerá com o LED?
- ii. Ao colocar a bobina chata com LED parada perto da Mini Bobina de Tesla e depois ligar o equipamento, o que acontecerá com o LED?
- iii. Ao aproximar ou afastar a lâmpada incandescente da Mini Bobina de Tesla, o que acontecerá?
- iv. Ao aproximar ou afastar a lâmpada fluorescente da Mini Bobina de Tesla, o que acontecerá?

No Quadro 05 citamos algumas das previsões feitas pelos alunos nas turmas em que o experimento foi mostrado. É importante notar que algumas respostas foram reformuladas após comentários dos alunos ou quando um grupo de alunos mudou de opinião. Os comentários entre parênteses são explicações do autor.

Quadro 06 - Perguntas e respostas na fase de previsão

Pergunta	Previsão
Ao aproximar ou afastar a bobina chata com LED da Mini Bobina de Tesla ligada, o que acontecerá com o LED?	Nada (o LED não acende) O LED acende O LED acende e fica mais forte O LED acende quando estiver bem próximo da Mini Bobina de Tesla O LED acende enquanto estiver aproximando e apaga quando parar O LED acende, mas o brilho depende da velocidade com que é feita a aproximação (mais rápido brilha mais)
Ao colocar a bobina chata com LED parada perto da Mini Bobina de Tesla e depois ligar o equipamento, o que acontecerá com o LED?	Nada (o LED não acende) O LED não acende pois não tem movimento O LED acende igual ao caso anterior O LED acende dependendo da posição que ele é colocado em relação à Mini Bobina de Tesla
Ao aproximar ou afastar a lâmpada incandescente da Mini Bobina de Tesla, o que acontecerá?	Nada (a lâmpada não acende) A lâmpada acende (sem explicação)
Ao aproximar ou afastar a lâmpada fluorescente da Mini Bobina de Tesla, o que	Nada (a lâmpada não acende) A lâmpada acende (sem explicação)

acontecerá?	A lâmpada acende se tiver uma bobina na base da lâmpada (na parte do reator da lâmpada)
-------------	---

Fonte: Acervo Pessoal.

Passando para a parte de observação, cada um dos experimentos propostos nas perguntas é executado pelo professor e cada uma das previsões feitas são testadas. Dessa forma, todos os alunos podem comparar suas previsões com a observação feita. Vários alunos pedem para testar outras possibilidades e repetir o experimento, inclusive pedindo para eles mesmos fazer. Após finalizado o teste de todas as novas possibilidades levantadas pelos alunos chegamos ao momento em que os alunos devem tentar explicar cada uma das situações à luz do conhecimento adquirido.

As discussões sobre o LED da bobina chata acender mesmo quando a bobina está parada são muito interessantes. Antes do experimento, durante a explicação do funcionamento da Mini Bobina de Tesla montada, explicamos que os transistores funcionam como chaves que ligam e desligam a corrente que passa pelos enrolamentos primários da bobina. Em quase todas as turmas, um ou mais alunos usaram essa informação para explicar a variação do fluxo de campo necessária para induzir a corrente elétrica que acende o LED. A explicação vinda dos próprios alunos é muito eficiente, pois eles fazem questão de que o colega entenda a sua posição.

Capítulo 7

Conclusão

7.1. Algumas Considerações

Este trabalho começou a partir do interesse do autor em melhorar os resultados conseguidos pelos alunos nos assuntos do ensino de Física em que a capacidade de abstração é fundamental. A ondulatória e o eletromagnetismo têm essa característica por fazer parte do cotidiano, mas passam despercebidas por estar no segundo plano das atividades diárias. Convivemos com transmissões de rádio, *internet* sem fio, celulares, eletricidade e não nos preocupamos com os diversos fenômenos físicos envolvidos. Apesar dos livros didáticos contextualizarem esses temas, os fenômenos permanecem no campo da abstração.

Os equipamentos incluídos no produto final foram escolhidos de um grupo de outros experimentos que, por diversos motivos, não foram finalizados. Podemos citar entre os instrumentos que se mostraram inviáveis os diversos estudos com a plataforma Arduino para obter um gerador de sinais com frequência ajustável para experimentos de produção de harmônicos em cordas e placas. Os testes foram feitos com amplificadores de áudio construídos a partir de esquemas eletrônicos obtidos na *internet* em placas de circuito impresso, mas a potência obtida era muito baixa e a amplitude dos sinais não permitia boa observação dos fenômenos ondulatórios. Os resultados foram melhores utilizando um amplificador de áudio de 25 W comprado em loja especializada, mas devido ao tempo para estudar a melhor montagem, o tipo de autofalante usado e os experimentos que podiam ser feitos optou-se por retirar o equipamento deste trabalho com a intenção de continuar os estudos em outro momento.

O produto, focado na introdução da indução eletromagnética por meio do ensino por investigação, foi muito bem recebido pelos alunos. Tivemos oportunidade de aplicar o projeto em turmas de escolas públicas e particulares e percebemos igualmente intensa participação dos jovens, inclusive daqueles que não apresentam inclinação para o estudo das Ciências Exatas. Destacamos o sucesso das aulas dialogadas. Em alguns casos o assunto extrapolou o espaço da sala de aula e fez parte das conversas de corredor durante os intervalos. Alunos de outras turmas onde a aplicação ainda não tinha ocorrido cobraram o professor sobre quando poderiam

participar das aplicações e alunos de outras séries ao ver os equipamentos ficaram interessados em saber como funcionava.

Em determinado momento as discussões em sala tiveram que ser mediadas para não extrapolar o tempo da aula e cumprir a programação. Em uma das escolas a aplicação aconteceu durante o contraturno e a presença na atividade foi voluntária. Nas aulas teóricas, onde os equipamentos foram usados em sala de forma demonstrativa para auxiliar na exposição do conteúdo, foi visível a facilidade com que os alunos que se voluntariaram para a aplicação conseguiam acompanhar as explicações e a formalização matemática. Em determinado momento, alguns alunos que não participaram da atividade no laboratório reclamaram que estavam tendo dificuldade em acompanhar, pois a discussão entre aqueles que participaram e o professor estava sendo muito rápida, falando de coisas que eles não presenciaram. Foi necessário fazer um relato resumido do que aconteceu no laboratório, mostrando cada uma das etapas que foram seguidas até chegar nas conclusões para nivelar a turma e concluir o assunto.

Apesar de não realizarmos avaliações comparativas sistematizadas, a observação subjetiva entre as turmas do ano de aplicação do produto e as turmas de anos anteriores mostrou indícios de melhora nos resultados nas avaliações formais aplicadas ao longo do ano e no comportamento dessas turmas, com maior participação e interesse na disciplina. É importante lembrar que os indicativos de melhora estão certamente relacionados à mudança da forma geral como o conteúdo foi trabalhado. Com aulas mais dinâmicas e dialogadas e com a participação mais ativa dos alunos a sensação de realização pessoal e profissional do professor cresceu muito. Para aqueles profissionais que queiram realizar medidas mais precisas dos resultados sugerimos a aplicação de algum teste padrão como o BEMA (*Brief Electricity and Magnetism Assessment*), desenvolvido por Ruth W. Chabay e Bruce A. Sherwood, que é uma ferramenta confiável para avaliar o aprendizado de conceitos de eletricidade e magnetismo ou ainda o CSEN (*Conceptual Survey of Electricity and Magnetism*) formado por 32 questões de múltipla escolha e muito utilizado em escolas dos Estados Unidos (MALONEY, 2001).

Equipamentos como o carregador de celular sem fio e a panela ou forno de indução passaram a ser compreendidos como aplicação de um fenômeno conhecido. Uma pesquisa mais ampla do tema pode confirmar essa observação e sugerir outras propostas de trabalho usando o ensino por investigação.

Todos os equipamentos apresentados no produto dessa dissertação passaram por diversos testes antes de chegar ao modelo final. A bobina com diodo LED foi testada com números diferentes de espiras até chegar ao valor de 4000 espiras que permite a observação do fenômeno com facilidade utilizando os ímãs disponíveis. O projeto da mini-bobina de Tesla foi selecionado depois da montagem de diversos modelos encontrados na *internet*. Em alguns deles, apesar do custo ser inferior, o efeito desejado era muito sutil ou sequer era percebido.

A maioria dos componentes necessários para as montagens podem ser encontrados com facilidade em lojas de equipamentos de eletrônica, lojas de materiais para construção ou em sites de compras pela *internet*. Alguns componentes, como os ímãs de neodímio, devem ser comprados em lojas especializadas.

7.2. Conclusão

Ao longo deste trabalho discutimos a utilização de experimentos práticos numa abordagem de ensino por investigação orientada para trabalhar os conceitos de indução eletromagnética com alunos do terceiro ano do Ensino Médio. As atividades foram aplicadas em turmas heterogêneas de escolas públicas e particulares do município de Juiz de Fora e São João Nepomuceno, ambos na Zona da Mata do estado de Minas Gerais.

Usamos como aporte teórico a concepção sociointeracionista de Vygotsky, que demonstra, através do uso de instrumentos como a linguagem, que o indivíduo adquire uma coleção de signos que o auxiliam no desenvolvimento cognitivo permitindo a aprendizagem. Trabalhando sempre com grupos de alunos conseguimos oferecer oportunidades para interação dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal um dos outros, construindo conhecimento através dessa interação. Nas atividades de ensino por investigação o aluno tem oportunidade de usar os seus conhecimentos prévios e, a partir das discussões com os colegas, obter informações com potencial para se tornar um conhecimento real. As verificações experimentais através da observação do equipamento utilizado ajudam a consolidar esse conhecimento.

O ensino por investigação, além de motivar, também ajuda o aluno a pensar cientificamente desenvolvendo a sensibilidade necessária para perceber se uma hipótese é viável ou não. Percebemos que, durante a aplicação, os jovens criavam e

testavam hipóteses montando experimentos práticos com os equipamentos disponibilizados, discutiam e analisavam os dados obtidos e comparavam com hipóteses para confirmar ou derrubar uma previsão feita, apresentando explicações para o sucesso ou fracasso de um determinado teste. Ao utilizar as atividades práticas, transferimos uma parte da responsabilidade sobre o aprendizado para o aluno que deixa de ser passivo e passa a ser elemento ativo neste processo.

Apesar do foco deste trabalho ser o estudo da indução eletromagnética, foi feita uma preparação dos alunos usando os temas eletrostática e eletrodinâmica aplicada através do ensino por investigação para que os alunos absorvessem a metodologia de forma tranquila. Essa preparação foi muito importante e permitiu modificar e aprimorar a aplicação do produto. As atividades planejadas levaram a aulas com muita discussão sobre os fenômenos observados. Ao usar o pêndulo eletrostático e os canudos para eletrização por atrito conseguimos que os alunos se envolvessem com o assunto, discutissem e defendessem seus pontos de vista, convencendo e ajudando colegas a entender seus argumentos. O mesmo aconteceu com o *kit* para montagem de circuito elétrico, onde cada grupo recebia uma lâmpada, um interruptor e uma pilha para resolver desafios propostos pelo professor. Observamos que, apesar de todos os grupos conseguirem acender a lâmpada sem problemas, houve muita dificuldade para introduzir o interruptor no circuito. Ainda assim, após algumas interferências do professor e das montagens concluídas foi muito mais fácil o trabalho em sala de aula na hora de explicar corrente elétrica, associação em série e em paralelo de resistores.

Na fase de aplicação do produto dentro do conteúdo de indução eletrodinâmica os jovens estavam mais abertos à abordagem investigativa. O conhecimento foi construído em uma sequência de três experimentos que permitiam a percepção da relação entre variação de campo magnético, corrente elétrica e força elétrica. Começamos com um Tubo de Foucault e duas esferas (uma de aço e a outra um ímã de neodímio), depois uma bobina com 4000 espiras ligada a dois diodos LED e finalizamos com uma bobina chata de 30 espiras fechada. A medida que investigamos os experimentos e discutimos os fenômenos observados podemos perceber que os alunos se envolvem com o conteúdo de forma muito positiva, chegando a conclusões próximas ao nível de conhecimento científico desejado para alunos do Ensino Médio.

Finalmente, usamos a Mini Bobina de Tesla para finalizar o conteúdo a partir da aplicação da metodologia POE (Prever – Observar – Explicar). Baseado nos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores os alunos são levados a prever o que acontece com uma lâmpada fluorescente, uma lâmpada incandescente e uma bobina chata com diodo LED quando são aproximados da Mini Bobina de Tesla. Após observar o que realmente ocorre, abrimos a discussão para explicar e verificar se as previsões estavam corretas.

Todo o processo investigativo foi planejado para apoiar o professor nas aulas teóricas ministradas após o trabalho feito pelos alunos. Durante essas aulas, o docente pode usar tudo que foi produzido na atividade investigativa para auxiliar e complementar o conteúdo e percebemos que isso leva a resultados melhores do que no modelo onde o assunto é tratado da forma tradicional.

Ao docente pode parecer que o tempo gasto com as atividades investigativas serão um prejuízo para o conteúdo como um todo, já que o tempo disponível para trabalhar os assuntos no Ensino Médio é muito limitado. Entretanto, percebemos que as aulas usadas na aplicação do produto (entre seis e sete aulas) facilitaram o trabalho feito nas aulas teóricas de forma que o tempo usado nessas aulas é melhor aproveitado. No final, o pequeno prejuízo no número de aulas é compensado pelo aproveitamento do aluno.

Os equipamentos produzidos no produto desta dissertação não precisam necessariamente ser usados em atividades investigativas. O professor pode planejar aulas demonstrativas para auxiliar as aulas teóricas, caso tenha limitação de recursos para construir vários equipamentos. Também pode montar um projeto onde os próprios alunos construirão os equipamentos ao longo do ano e apresentar os resultados em uma feira de ciências ou até mesmo montar práticas para realização de medidas e obtenção de resultados previstos na teoria. As propostas de aulas apresentadas podem ser modificadas para sanar curiosidades levantadas pelos alunos ou para aplicações como o carregador sem fio e as painéis de indução.

Deixamos como sugestão a expansão desse trabalho dentro do estudo de transformadores e a discussão sobre aplicações atuais das Correntes de Foucault como o sistema de recuperação de energia dos freios de carros elétricos e híbridos e os sistemas de frenagem de trens e brinquedos de parque de diversões. A construção de modelos que permitam ajudar a explicação desses fenômenos segue a linha de interesse do autor.

Referências

- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V.G. O. Desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- BAPTISTA, M. L. M. *Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico*. Tese de Doutorado, 2010.
- BARBOSA, J. de O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.
- BANCHI, H.; BELL, R. The many levels of inquiry. *Science and children*, v. 46, n. 2, p. 26, 2008.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, MEC/SEF, 1998.
- CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas in: *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.
- CLEOPHAS, M. G. Ensino por investigação: concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. *Revista Linhas*, v. 17, n. 34, p. 266-298, 2016.
- COELHO, S. M., KOHL, E., DI BERNARDO, S., & WIEHE, L. C. N. Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 122-149, 2000.
- DA SILVEIRA, F. L.; LEVIN, Y.; RIZZATO, F. B. A frenagem eletromagnética de um ímã que cai. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 3, p. 295-318, 2007.
- DOS SANTOS, R. J., SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 3, 2015.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. Feynman: *Lições de Física*. Vol. II. Ed. Bookman, Porto Alegre, 2008.
- GASPAR, A. *Museus e centros de ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1993.
- GASPAR, A.; DE CASTRO MONTEIRO, I. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GRANDY, R. E; DUSCHL, R. A. Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science and Education*, 16, p. 141-166, 2007.

GRIFFTHS, D. J. *Eletrodinâmica*, 3ª Edição, São Paulo, 2011.

HENDERSON, Tom. The Physics Classroom. Disponível em: <<http://www.physicsclassroom.com/>>. Acesso em: 15 de maio de 2018

KEARNEY, M.; TREAGUST, D. F. An investigation of the classroom use of prediction-observation-explanation computer tasks designed to elicit and promote discussion of students' conceptions of force and motion. In: *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans, USA. 2000.

MALONEY, David P. et al. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, v. 69, n. S1, p. S12-S23, 2001.

MOREIRA, M. A. Negociação de significados e aprendizagem significativa. *Ensino, saúde e ambiente*, v. 1, n. 2, pg. 2-13, 2008.

_____. *Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de Ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo*. Porto Alegre, UFRGS, 2009

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: eletromagnetismo*. Editora Blucher, São Paulo, 2015.

PhET, Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 15 de maio de 2018

RODRÍGUEZ-ACHACH, Manuel. Bobina Tesla Slayer Potenciada con Doble Primario. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ansYn32lb2g>>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SILVA, J. Algumas considerações sobre ensino e aprendizagem na disciplina Laboratório de Eletromagnetismo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, p. 471-476, 2002.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n. 3, p. 360-369, 2000.

VYGOTSKY, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Editora Martins Fontes, São Paulo, 2001.

_____. *A Formação Social da Mente*. 4ª ed. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1991.

_____. *Pensamento e Linguagem*. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1987.

_____. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 93-103, 2007.

Apêndice A

Produto

Sumário

Ao professor(a)	83
A1. Introdução	83
A2. Sugestão de aulas	84
A2.1. Preparação	84
A2.2. Aplicação e fechamento	86
A3. Bobina com LED	88
A3.1 Materiais necessários	88
A3.2 Procedimento	89
A4. Mini Bobina de Tesla	98
A4.1. Materiais necessários	98
A4.2. Procedimento	98
A5. Tubo de Foucault	107
A5.1. Materiais necessários	107
A5.2. Procedimento	107
A6. Bobina Chata	107
A6.1. Materiais necessários	107
A6.2. Procedimento	108
A7. Enrolador de Bobinas	110
A7.1 Introdução	110
A7.2. Materiais necessários	110
A7.3. Procedimento	111

Ao professor(a)

Caríssimo(a) professor(a):

Apresentamos aqui uma metodologia alternativa para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos da disciplina Física através de experimentos usando Ensino por Investigação.

A proposta deste trabalho surge pela necessidade observada pelo autor, ao longo de sua trajetória profissional, de atingir os alunos desinteressados ou com dificuldades na compreensão dos conteúdos de Física. Nas práticas relatadas anteriormente observou-se que o número de estudantes que concluíam uma atividade e que articulavam satisfatoriamente o fenômeno físico observado era pequeno. Em comum, esse pequeno grupo demonstrava interesse e facilidade com o conteúdo, sendo a atividade experimental eficiente meio de aprendizagem nessas condições.

Apresentamos cinco experimentos com uma abordagem investigativa guiada, onde é apresentado um problema e equipamentos enquanto o método e a solução ficam sob a responsabilidade do aluno e uma demonstração experimental, executada pelo professor, na qual o aluno observa e apresenta hipóteses que são discutidas ao final da demonstração, momento em que é apresentado o conceito científico capaz de explicar o experimento. Em relação aos temas, foram divididos em um experimento de eletrostática e um de eletrodinâmica para introdução e preparação dos alunos na metodologia, três experimentos de indução eletromagnética puramente investigativos e um experimento demonstrativo também de indução eletromagnética para fechamento do conteúdo.

A1. Introdução

Apresentamos na seção A2 sugestões de aulas para utilização dos equipamentos cuja a montagem é detalhada nas seções de A3 a A7. O enrolador de bobina apresentado na seção A7 não é um equipamento de laboratório, mas é auxiliar para a montagem da bobina com LED e da Mini Bobina de Tesla.

A2. Sugestão de aulas

A2.1. Preparação

A2.1.1. Eletrostática

Divida a turma em grupos e entregue a todos os grupos um pêndulo eletrostático, um canudo de refrigerante e algumas folhas de papel toalha.

Introduza o assunto de eletrização enquanto eletriza o canudo de refrigerante e, no momento oportuno, prenda o canudo no quadro. Desafie os alunos a repetir e explicar porque o canudo fica preso ao quadro e o que mais é possível observar envolvendo o canudo e o pêndulo. É importante deixar os alunos realizarem o máximo de tentativas, respondendo o mínimo possível e sem ensinar como fazer.

Peça que os alunos escrevam o que observaram e suas hipóteses sobre o fenômeno observado. A participação do professor deve ser tal que garanta que os grupos não percam o foco no trabalho, criando novas situações problema e devolvendo as perguntas de alunos aos colegas, de forma que a solução seja construída pelo grupo. Essa tarefa dura duas horas/aula.

Na terceira aula o professor deve retornar aos relatos escritos, lendo e discutindo as hipóteses, criticando e confirmando o que os alunos identificaram e discutindo com eles outras hipóteses. O professor deve motivar a discussão e a argumentação dos alunos para que eles defendam as explicações que propuseram, mesmo quando erradas. Após essa aula dialogada, o professor pode iniciar o conteúdo teórico formalmente, sempre retomando às conclusões das três aulas da atividade investigativa.

A2.1.2. Eletrodinâmica

A atividade investigativa de eletrodinâmica foi planejada para quatro horas/aula com os alunos em pequenos grupos. Para as duas primeiras aulas os alunos recebem o *kit* formado por lâmpada, pilha pequena e interruptor. A lâmpada e o interruptor têm fios de cores diferentes soldados e auxiliam o relato que os alunos devem fazer. Para direcionar os trabalhos, o professor pede que os alunos resolvam os desafios a seguir, recolhidos no final da segunda aula:

- I. Vocês são capazes de acender a lâmpada? Desenhe abaixo um esquema da ligação que vocês fizeram. Use as cores dos fios para identificar cada ligação;
- II. É possível fazer as ligações de forma diferente e obter o mesmo resultado do item 1? Desenhe abaixo um esquema da ligação que vocês fizeram. Use as cores dos fios para identificar cada ligação;
- III. Como vocês fariam para acender e apagar a lâmpada sem precisar desconectar a pilha? Desenhe abaixo um esquema da ligação que vocês fizeram. Use as cores dos fios para identificar cada ligação;
- IV. Baseado nas respostas dos itens 1,2 e 3, vocês são capazes de desenhar um esquema de como obter os mesmos resultados, mas agora com duas lâmpadas?

Para a quarta tarefa o professor pede que o esquema seja feito antes do aluno receber uma segunda lâmpada. Depois que eles desenharem como será feita a ligação, os alunos recebem a lâmpada para testar os resultados. O professor deve circular pelos grupos verificando os trabalhos, fazendo perguntas sobre as montagens feitas e criticando soluções, sempre lembrando de não oferecer respostas para as questões levantadas pelos alunos, apenas redirecionando as perguntas para os colegas do grupo ou para outros grupos. Não há problema em permitir a interação entre os grupos formados.

A terceira e quarta aula são feitas usando o simulador de montagem de circuitos existente no *site* do PhET (*Physics Education Technology*). O simulador pode ser instalado em computador portátil e projetado por meio de projetor multimídia. Novamente o professor deve se deixar guiar pelos alunos e, com o auxílio deles, fazer as montagens dos circuitos no simulador para discutir os conceitos de corrente elétrica, curto-circuito, associação em série e em paralelo e os diversos problemas que possam ter aparecido ao longo das duas primeiras aulas. É importante lembrar que essas aulas não são para apresentação de teoria, mas para discutir o que está acontecendo nas montagens e trabalhar formas diferentes daquelas propostas pelos alunos.

A parte teórica deve ser trabalhada nas aulas seguintes usando a atividade investigativa como apoio, inclusive repetindo experimentos como exemplo para situações problema que possam aparecer.

A2.2. Aplicação e fechamento

A2.2.1. Atividades investigativas de indução eletromagnética

Esta atividade foi planejada para execução de duas a três horas/aula com o uso dos equipamentos com os alunos divididos em pequenos grupos e mais duas aulas para discussão dos resultados com o grande grupo. Ela deve ser aplicada após o estudo inicial do magnetismo, já que o aluno já conhece as propriedades magnéticas do ímã e o conceito de campo magnético.

Os alunos recebem primeiro o Tubo de Foucault, a esfera de aço e o ímã esférico de neodímio. É importante que o professor não explique para o grupo o que ele está recebendo. Esperamos nesta atividade que os grupos desenvolvam a curiosidade científica e para isso são propostas três tarefas que devem ser entregues, uma por vez, recolhendo a anterior antes de entregar a nova.

- I. Descreva os elementos que vocês receberam. Sejam, na medida do possível, meticolosos nessa descrição. Para aquilo que vocês não têm certeza, façam suposições;
- II. Descreva experimentos que você pode fazer com esses elementos e os resultados obtidos. Tentem propor explicações para suas observações;
- III. Vocês perceberam alguma inconsistência entre os resultados dos experimentos e a descrição inicial que vocês fizeram?

O professor deve continuar agindo apenas para criar novos conflitos, novas dúvidas e transferindo as questões para os membros do grupo.

A seguir, os alunos recebem a bobina com diodos LED, os ímãs de neodímio e o prego, executando as mesmas tarefas propostas anteriormente, com mudança apenas na terceira que passa a ser:

- III. Vocês conseguem relacionar os resultados obtidos agora com os observados no primeiro momento?

Finalmente, os grupos recebem a bobina chata pendurada e os ímãs de neodímio, o terceiro e último equipamento. O procedimento é o mesmo apresentado

na etapa da bobina com diodo LED e os alunos devem proceder resolvendo as três tarefas entregues separadamente.

O objetivo de recolher as tarefas à medida que são executadas é permitir que os alunos percebam que nem sempre as previsões coincidem com os fenômenos observados ou que o procedimento experimental pode mudar a sua percepção de um fenômeno. Na quarta e quinta aula, o professor discutirá os resultados obtidos pelos alunos e identificará incoerências nas hipóteses levantadas, sempre permitindo que o grupo se manifeste defendendo ou discordando dos relatos apresentados.

O conteúdo teórico deve ser trabalhado normalmente após a aplicação das atividades investigativas usando os equipamentos como exemplo ao longo das aulas teóricas.

A2.2.2. Fechamento usando a metodologia POE (Prever – Observar – Explicar)

O fechamento do conteúdo de indução eletromagnética é feito usando a Mini Bobina de Tesla e está previsto para duas ou três horas/aula. O professor deve apresentar a Bobina de Tesla explicando cada elemento que a constitui: os enrolamentos do primário e secundário, a fonte e os transistores que fazem o papel de chaves automáticas. Não há necessidade de aprofundar a discussão no circuito que permite o funcionamento da bobina.

Além da bobina, o professor deve colocar sobre a mesa uma lâmpada incandescente, uma lâmpada fluorescente e uma bobina chata com um diodo LED soldado. Ainda com a Mini Bobina de Tesla desligada, o professor pede que os alunos façam uma previsão do que irá acontecer quando cada um dos elementos for aproximado da Mini Bobina de Tesla depois que ela for ligada, anotando no quadro as respostas fornecidas pelos alunos.

No segundo momento, o professor liga a Mini Bobina de Tesla e aproxima cada um dos elementos permitindo que os alunos observem os resultados. Nessa fase, o professor deve estar aberto a mudar os procedimentos a partir de sugestões dos alunos, mudando a velocidade de aproximação e/ou afastamento, direção e posição de cada peça em relação à bobina.

Finalmente, os alunos são orientados a tentar explicar o que foi observado e comparar com as previsões feitas anteriormente. Essa última etapa será a que

vai gerar mais discussão e o professor deve explorar o máximo esse momento para identificar problemas conceituais do tema, que devem ser corrigidos.

Ressaltamos que essa atividade deve ser aplicada após todas as aulas teóricas sobre o assunto. A atividade serve como avaliação de todo o conteúdo de indução eletromagnética e permite ao professor corrigir eventuais problemas conceituais.

A3. Bobina com LED

A3.1 Materiais necessários

Para a confecção da bobina você vai precisar (Figura A01):

- Um pedaço de cano de PVC de $\frac{3}{4}$ " (R\$2,20 o metro);
- Um pedaço de MDF de 3 mm (ou equivalente) (R\$2,90 20cmx30cm);
- Dois LEDs de cores diferentes (R\$0,25 cada);
- Fio de cobre esmaltado AWG 32; (R\$ 9,40 por 100g)
- Serra copo de 25 mm;
- Fita adesiva;
- Cola para isopor;
- Pistola de cola quente;
- Serra;
- Uma parafusadeira ou furadeira;
- Um ferro de soldar;
- Solda de estanho;
- Enrolador de bobinas (ver seção A7);
- Um prego de 6 cm;
- Dois ímãs cilíndricos de 14x14 mm (R\$11,50 cada).

Figura A01 - Materiais necessários



Fonte: Acervo Pessoal.

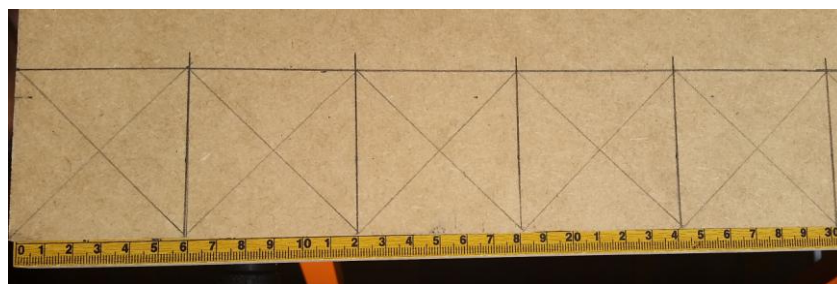
A3.2 Procedimento

A3.2.1. Carretel

Vamos inicialmente fazer as laterais do carretel onde será enrolado o fio de cobre.

Com um lápis, marque no MDF as dimensões do carretel (Figura A02).

Figura A02 - Marcação das laterais do carretel.

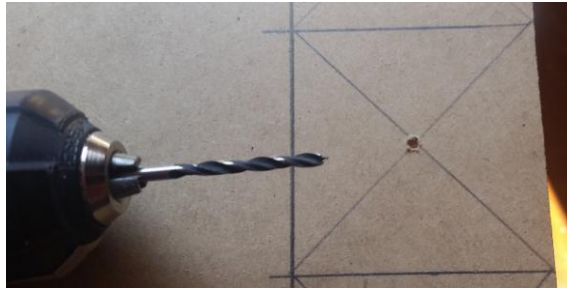


Fonte: Acervo Pessoal.

Faça quadrados com 6 cm de lado e trace as diagonais para determinar o centro da lateral do carretel.

Use uma broca fina de madeira para fazer um furo que será usado como guia (Figura A03).

Figura A03 - Furo guia para a serra copo.



Fonte: Acervo Pessoal.

Com a serra faça o orifício onde será colocado o cano de PVC (Figura A04).

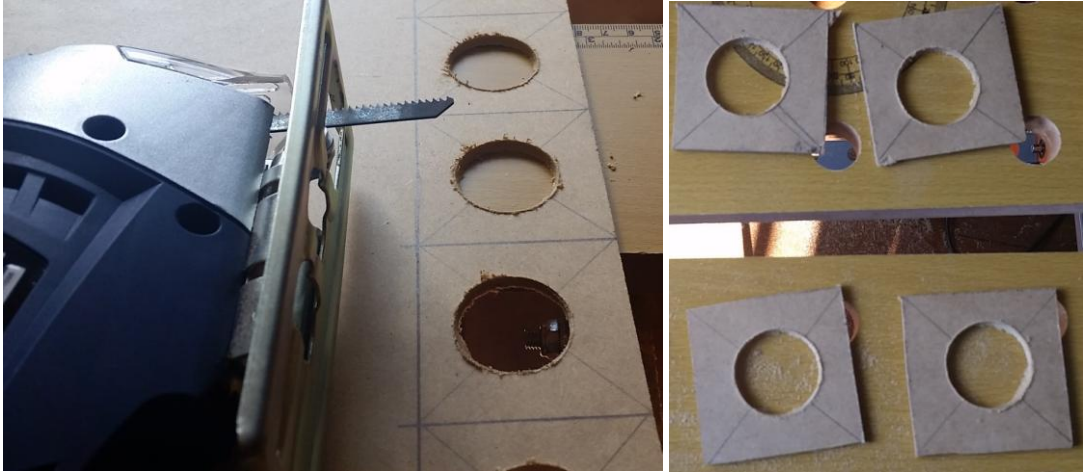
Figura A04 - Serra copo de 25 mm.



Fonte: Acervo Pessoal.

Cada carretel precisa de duas laterais. O próximo passo é separar as laterais. Use uma serra de metal ou uma serra tico-tico (Figura A05).

Figura A05 - Laterais das bobinas cortadas.



Fonte: Acervo Pessoal.

Com as laterais prontas podemos cortar agora o cano de PVC que será o corpo do carretel. Corte pedaços de 6 cm de comprimento do cano de 3/4" (Figura A06).

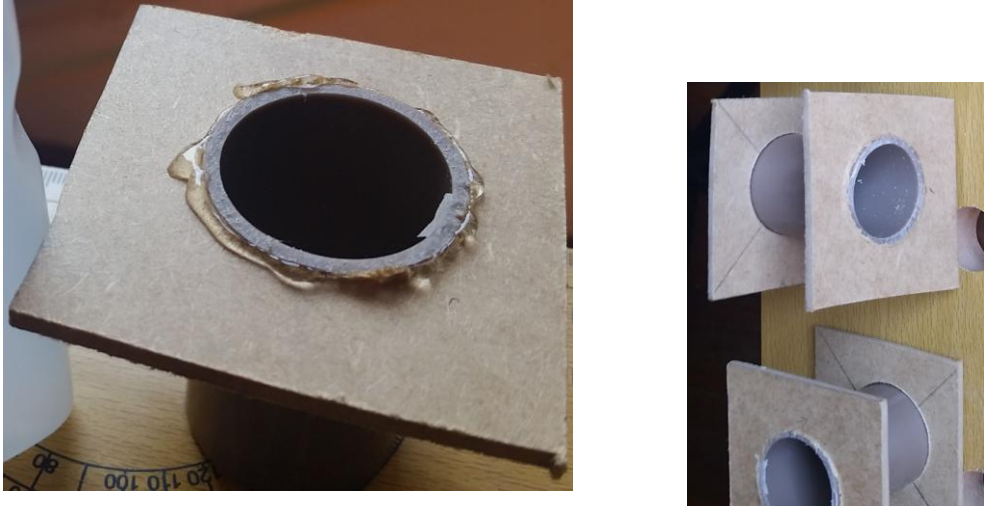
Figura A06 - Centro de PVC do carretel.



Fonte: Acervo Pessoal.

Usando a cola para isopor, cole as laterais ao cano de PVC passando cola nas duas peças. Aguarde até a cola secar bem antes de passar para próximo passo (Figura A07).

Figura A07 - Carretel montado.

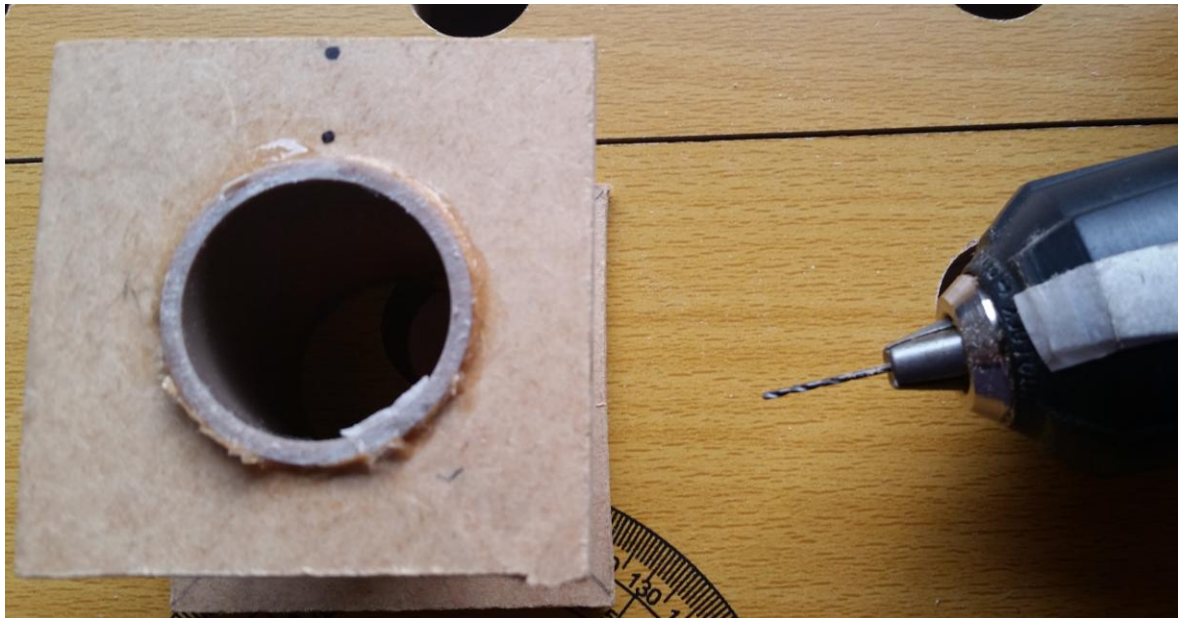


Fonte: Acervo Pessoal.

A3.2.2. Preparando para enrolar

Para facilitar o posicionamento do fio de cobre, faça dois furos na lateral do carretel usando uma broca para madeira bem fina (0,8 mm). Um furo bem próximo do cano de PVC e outro na extremidade da lateral do carretel (Figura A08).

Figura A08 - Furos para passar o fio de cobre



Fonte: Acervo Pessoal.

Passa uma ponta do fio de cobre de dentro para fora pelo buraco mais próximo do cano de PVC deixando uma ponta de pelo menos 10 cm de fio livre e prenda o fio de cobre no carretel com uma fita adesiva o mais próximo possível da

lateral. Na parte de fora do carretel, prenda a parte livre do fio na lateral do carretel (Figura A09).

Figura A09 - Fio de cobre preso no carretel.



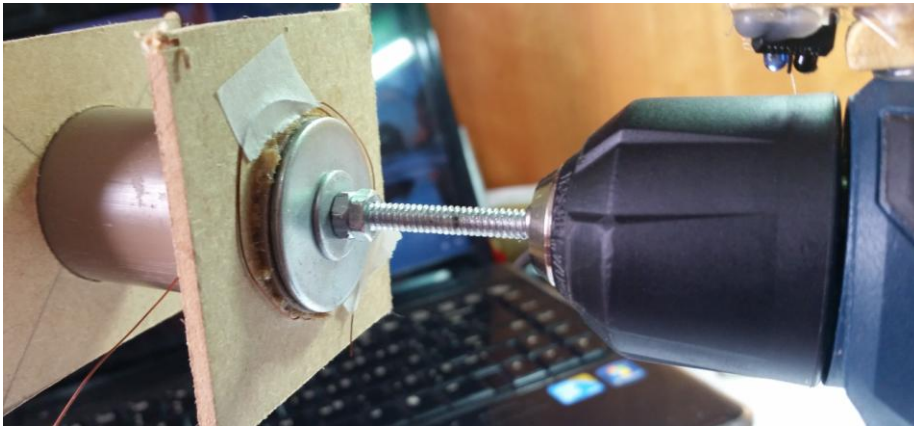
Fonte: Acervo Pessoal.

Podemos agora enrolar o fio de cobre no carretel usando o enrolador de bobinas (Item 5).

A3.2.3. Enrolando a bobina

Prenda o carretel firmemente usando as arruelas e porcas do enrolador de bobinas (item 5) tendo cuidado de centralizar o carretel (Figura A10).

Figura A10 - Montagem no kit para enrolar bobina.

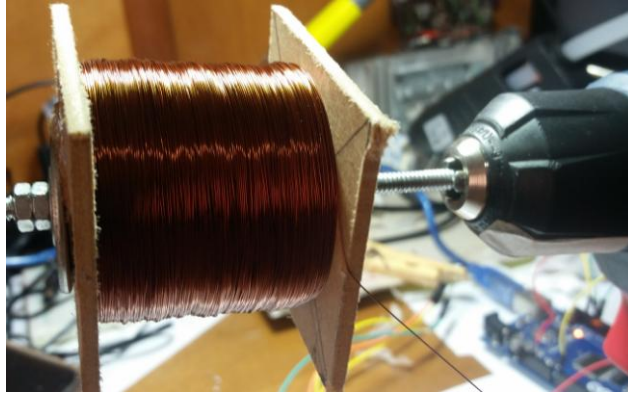


Fonte: Acervo Pessoal.

Enrole uma bobina com 4000 espiras no carretel.

Coloque o rolo de fio de cobre no chão e com a mão mantenha o fio esticando enquanto estiver enrolando, distribuindo o fio por todo o carretel. Caso precise parar, cole o fio com fita adesiva sobre a bobina para evitar que desenrole. Você pode continuar enrolando por cima da fita adesiva sem problemas (Figura A11).

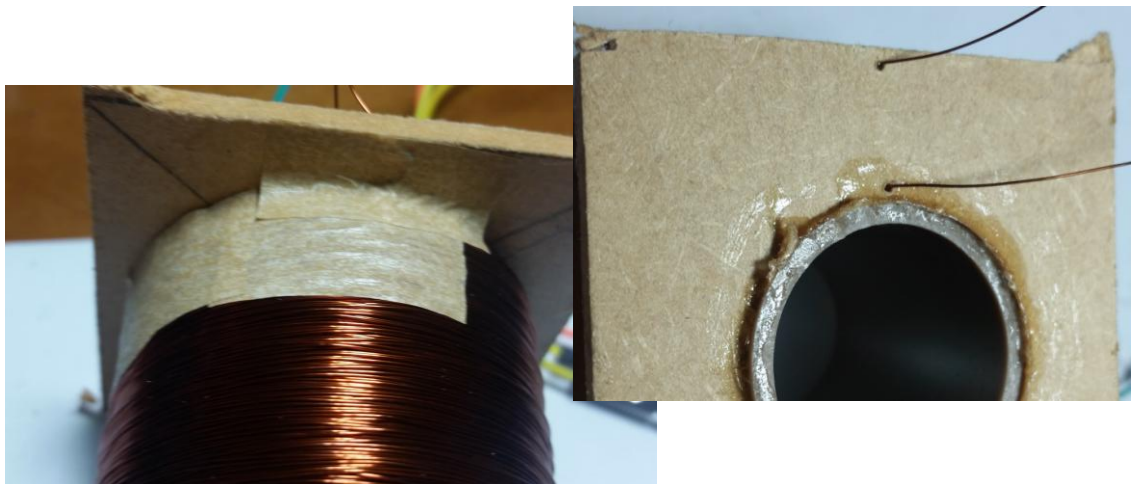
Figura A11 - Bobina enrolada



Fonte: Acervo Pessoal.

Ao final, prenda o fio com fita adesiva sobre a bobina reservando um pedaço de 10 cm e passe pelo segundo furo para a parte externa do carretel (Figura A12).

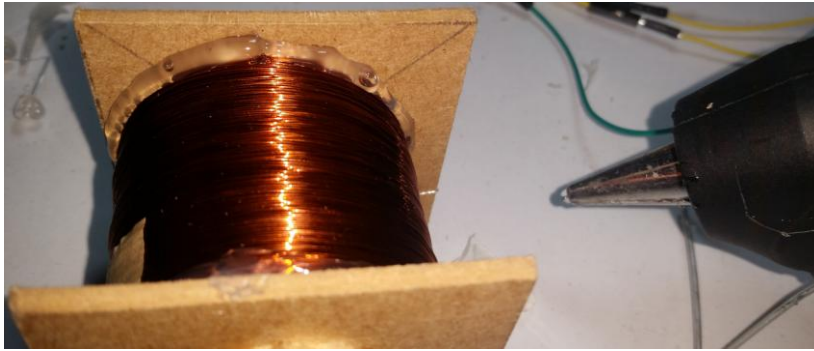
Figura A12 - Fixando os fios.



Fonte: Acervo Pessoal.

Passa cola quente nas bordas da bobina para garantir a fixação das laterais do carretel (Figura A13).

Figura A13 - Fixação das laterais com cola quente

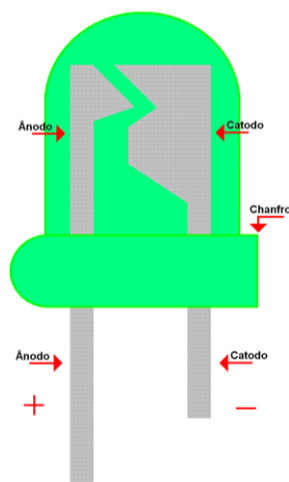


Fonte: Acervo Pessoal.

A3.2.4. Adicionando os LEDs

O LED tem polarização que é identificada de duas formas: a perna mais comprida é o **anodo (+)** e a perna mais curta o **catodo (-)**. Um chanfro na carcaça do LED também indica o catodo (-) (Figura A14).

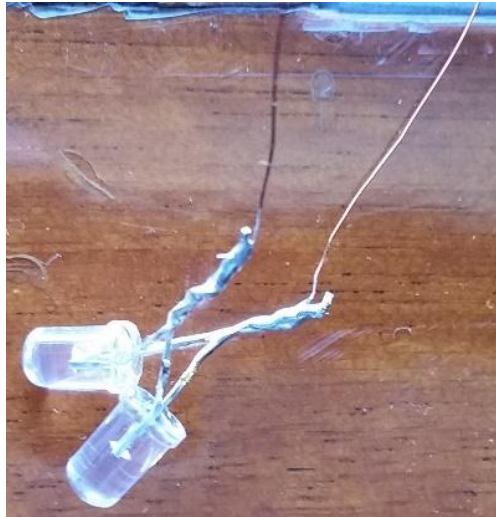
Figura A14 - Elementos do LED.



Fonte: Divulgação. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode>. Acesso: 12 de dezembro de 2017

Vamos juntar o anodo de um LED ao catodo do outro de forma que os LEDs fiquem invertidos. Soldamos os fios da bobina nas duas extremidades. É muito importante lembrar que o fio de cobre é recoberto por um esmalte isolante que precisa ser raspado para fazer a soldagem (Figura A15).

Figura A15 - LEDs soldados na bobina

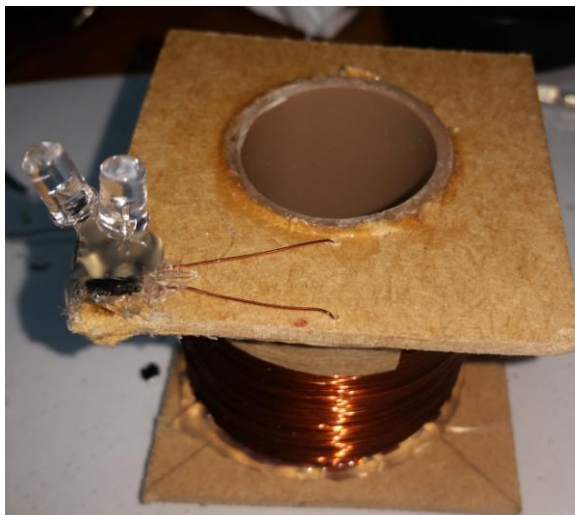


Fonte: Acervo Pessoal.

A3.2.5. Finalizando a montagem

Para finalizar o produto, devemos prender os LEDs no carretel. Você pode usar a cola quente, lembrando que fiquem visíveis para os alunos durante o experimento (Figura A16).

Figura A16 - Produto final.



Fonte: Acervo Pessoal.

A4. Mini Bobina de Tesla

A4.1. Materiais necessários

Para a confecção da bobina de Tesla você vai precisar de:

- Um cano de PVC de ½" com 30 cm (R\$2,00 o metro);
- Um LED de alto brilho (para a bobina chata) (R\$0,25 cada);
- 2 transistores TIP 31 (ou equivalente) (R\$0,75 cada);
- 2 resistores de 47kΩ 1/2W (R\$0,15 cada);
- 4 diodos 1N4001 (ou equivalente) (R\$0,10 cada);
- Fio de cobre esmaltado AWG 32 (0,22 mm) (R\$9,40 por 100g);
- Fio de cobre esmaltado AWG 16 (1,53 mm); (R\$9,40 por 100g)
- 1 interruptor (R\$1,00);
- 1 fonte de 20V a 30V (R\$25,00 fonte de impressora);
- Broca de madeira de ½";
- Base de madeira com 20 cm por 10 cm;
- Fita adesiva;
- Pistola de cola quente;
- Uma parafusadeira ou furadeira;
- Um ferro de soldar;
- Solda de estanho;
- Enrolador de Bobinas (ver seção A7).

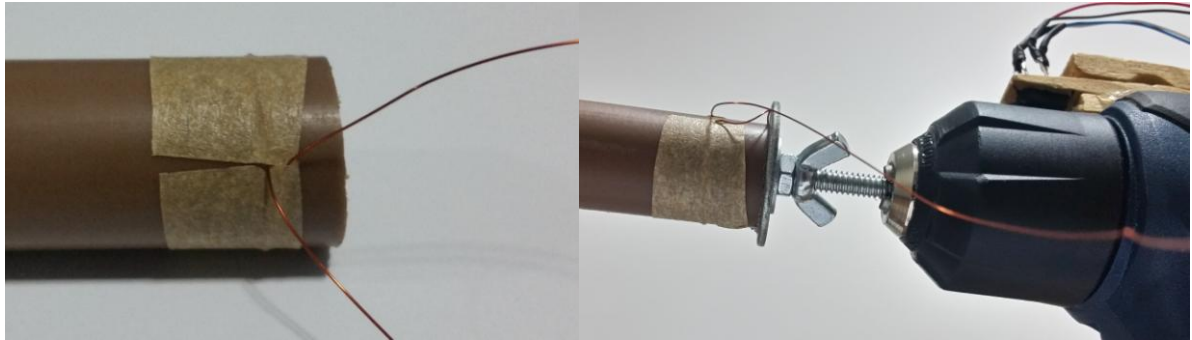
A4.2. Procedimento

A montagem pode ser feita soldando os elementos diretamente na estrutura de montagem ou em uma placa de circuito impresso. Nos dois casos, será preciso duas bobinas para funcionar como primário com 5 espiras cada e uma bobina para funcionar como secundário com 750 espiras.

A4.2.1. Enrolando a bobina do secundário

Prenda o fio esmaltado no tubo de PVC com uma fita adesiva e monte o cano no enrolador de bobinas. Lembre-se de deixar uma ponta de 15 cm de fio livre (Figura A17).

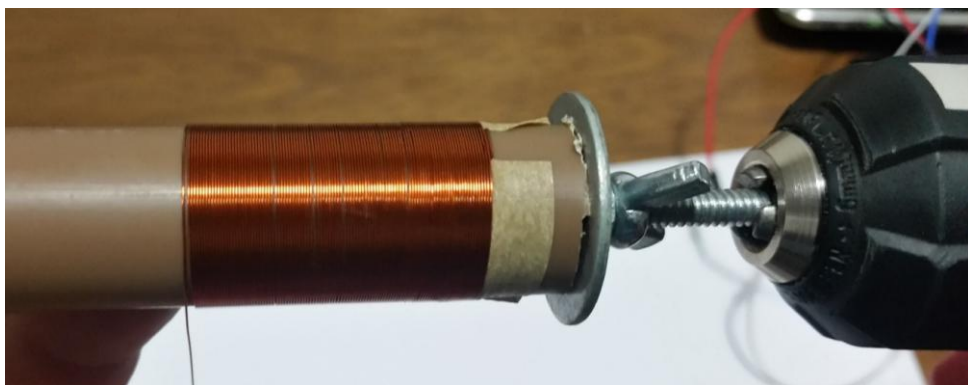
Figura A17 - Preparando para enrolar a bobina.



Fonte: Acervo Pessoal.

A bobina tem que ser enrolada com muito cuidado, pois as espiras não podem ficar sobrepostas. Enrole bem devagar e prenda com fita adesiva a cada 50 voltas para não perder o serviço caso você tenha que voltar. Você poderá tirar essa fita depois (Figura A18).

Figura A18 - Bobina parcialmente enrolada.



Fonte: Acervo Pessoal.

Após enrolar a bobina, prenda a parte final com fita adesiva deixando um ponta de 5 cm de fio (Figura A19).

Figura A19 - Bobina do secundário pronta.



Fonte: Acervo Pessoal.

A4.2.2. Montando a base

Faça um furo na base de madeira onde a bobina secundária deverá ser presa (Figura A20).

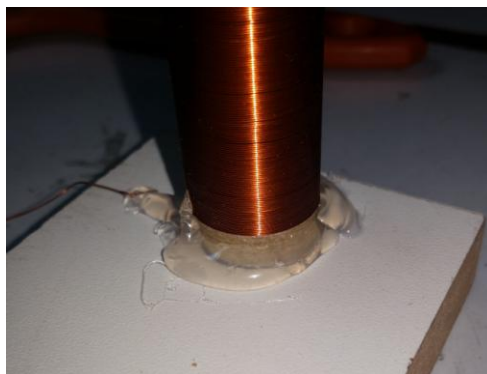
Figura A20 - Base com o furo para a bobina.



Fonte: Acervo Pessoal.

Cole a bobina na base de madeira com a pistola de cola quente (Figura A21).

Figura A21 - Base com a furação para a bobina.

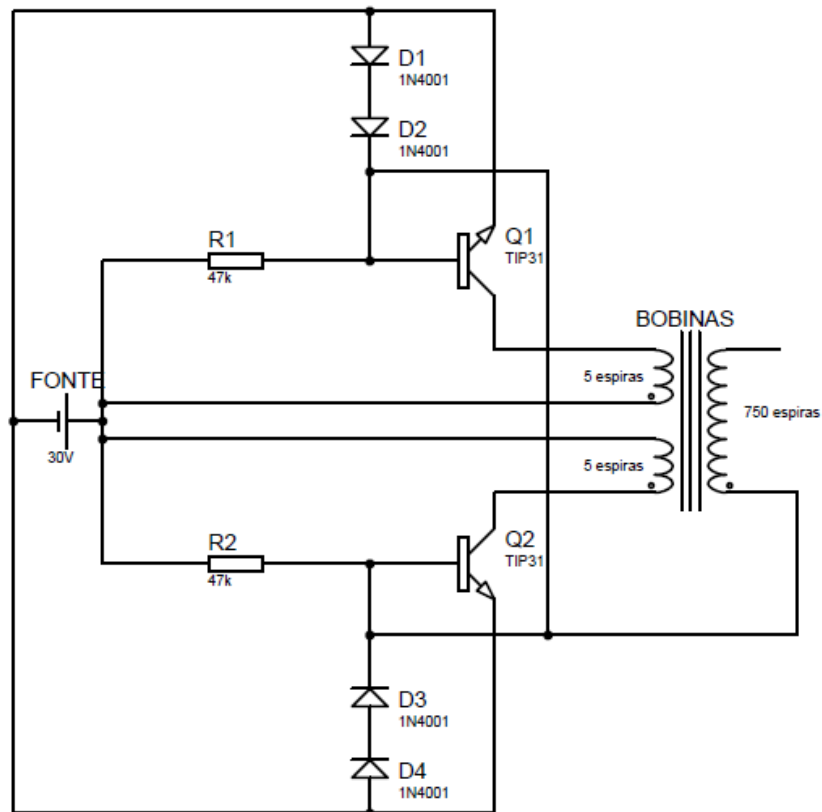


Fonte: Acervo Pessoal.

A4.2.3. Montagem dos elementos eletrônicos

Para esta parte pode-se montar a placa de circuito impresso ou montar diretamente sobre a base de madeira. O esquema do circuito eletrônico está na Figura 22.

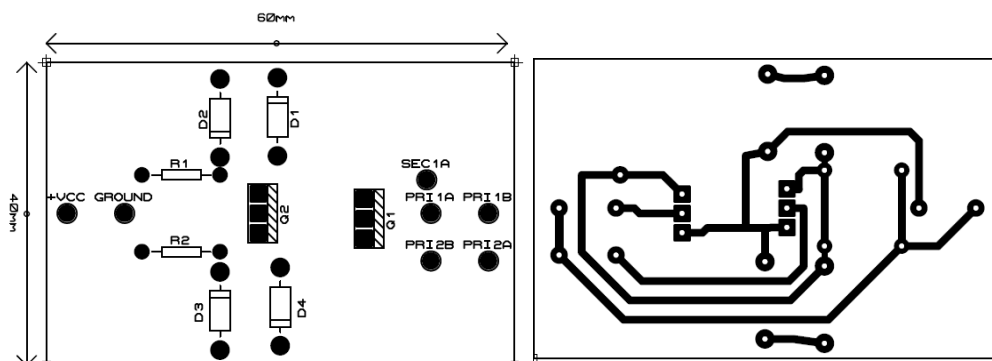
Figura A22 - Circuito da Bobina de Tesla



Fonte: RODRÍGUEZ-ACHACH, 2018

Para montagem em placa de circuito impresso, use o modelo abaixo para desenhar a placa (tamanho real) (Figura A23).

Figura A23 - Modelo de placa de circuito impresso.

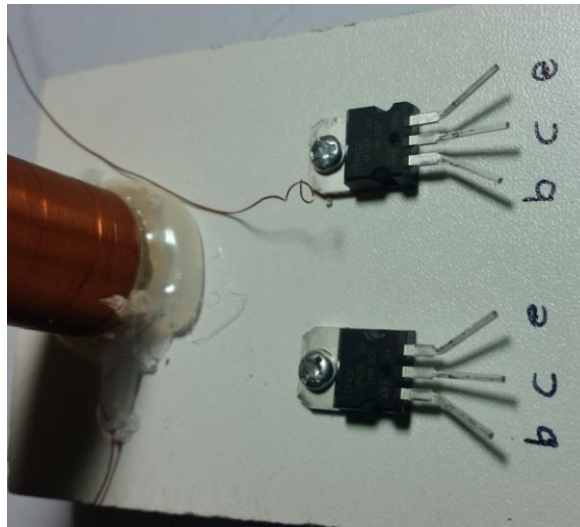


Fonte: Acervo Pessoal

O desenho da parte de cobre já está espelhado. Imprima em uma impressora laser e transfira para a placa de cobre usando um ferro de passar roupa bem quente, pressionando com firmeza por vários minutos a face impressa. Faça a corrosão da parte de cobre usando perclorato de ferro.

Você também pode montar diretamente sobre a base de madeira, já que o circuito eletrônico é bem simples. Neste caso, aparafuse os dois transistores na base separados por cerca de 2 cm (Figura A24).

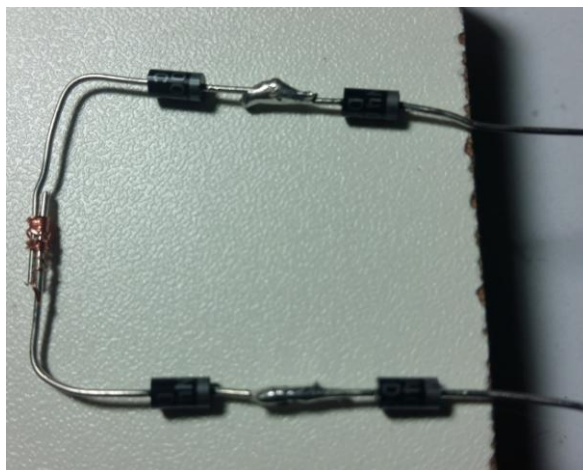
Figura A24 - Transistor TIP31 preso à placa de madeira.



Fonte: Acervo Pessoal.

Faça a soldagem dos diodos tendo cuidado de fazer a ligação na ordem certa. A marcação do diodo indica para onde a seta do símbolo está apontado. Para facilitar na hora de soldar, enrole um pequeno pedaço do fio de cobre usado na bobina em torno dos terminais do diodo para prender um ao outro e depois faça a soldagem (Figura A25).

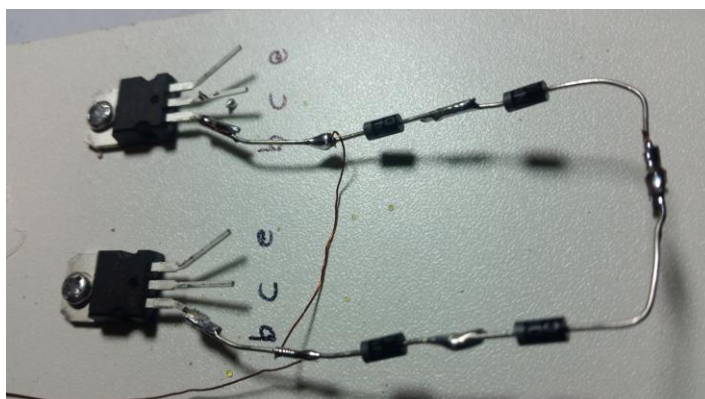
Figura A25 - Soldagem dos diodos.



Fonte: Acervo Pessoal.

O próximo passo é soldar o fio do secundário da bobina aos diodos e à base dos transistores (Figura A26).

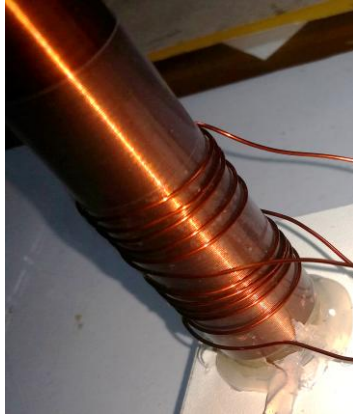
Figura A26 - Soldagem dos diodos.



Fonte: Acervo Pessoal.

Enrole uma tira de aproximadamente 10 cm de uma folha de transparência (acetato) formando um cilindro para cobrir o secundário da bobina. Você irá enrolar os dois primários por cima desse cilindro (Figura A27). Cada bobina do primário deve ter 5 espiras enroladas no mesmo sentido usando o fio de cobre AWG 16 (ou de outra espessura, desde que não seja muito fino).

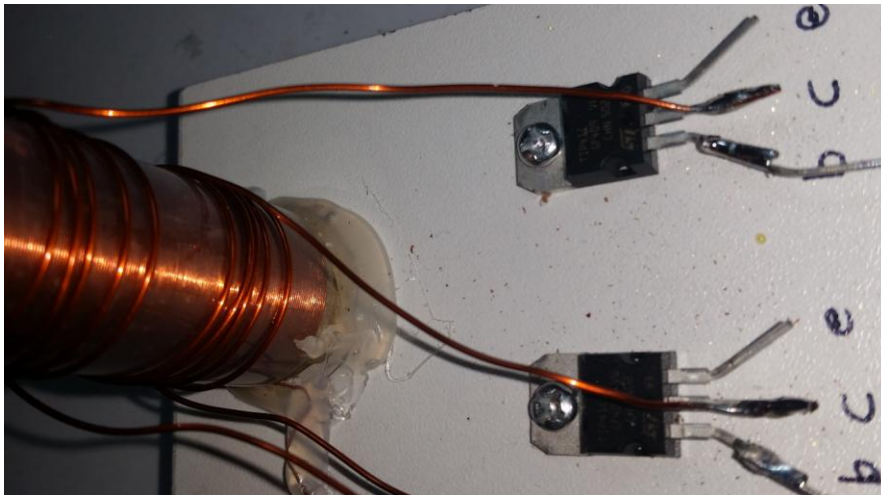
Figura A27 - Bobinas do secundário enroladas sobre o cilindro de acetato.



Fonte: Acervo Pessoal.

Agora você pode soldar o fio da parte de cima de cada bobina do primário ao coletor de cada um dos transistores (Figura A28).

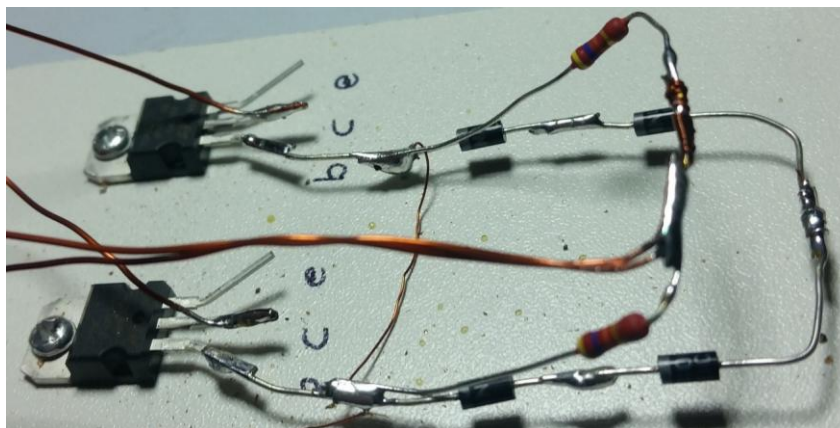
Figura A28 - Bobinas do secundário soldadas ao coletor do transistor.



Fonte: Acervo Pessoal.

Solde os dois resistores em série e prenda cada ponta da associação à base de cada transistor junto com os diodos e solde as outras duas pontas das bobinas do primário ao meio da associação dos resistores, conforme a figura A29 abaixo. Lembre-se sempre de raspar o verniz do fio de cobre antes de fazer a soldagem.

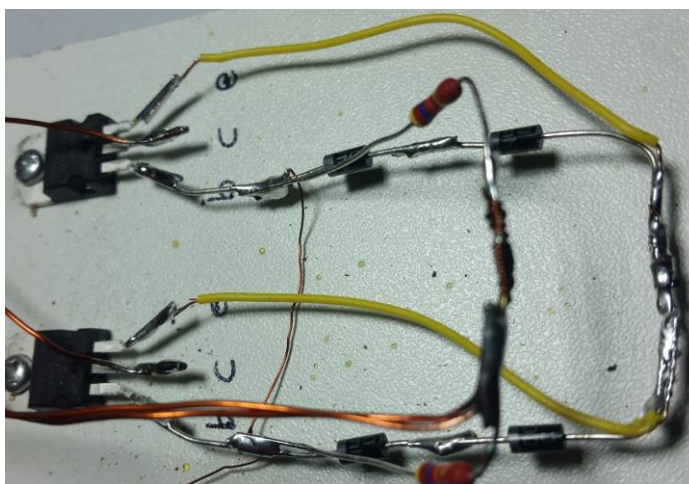
Figura A29 - Resistores soldados e ligados à bobina.



Fonte: Acervo Pessoal.

Faça a ligação dos emissores de cada transistor ao anodo comum dos diodos (Figura A30).

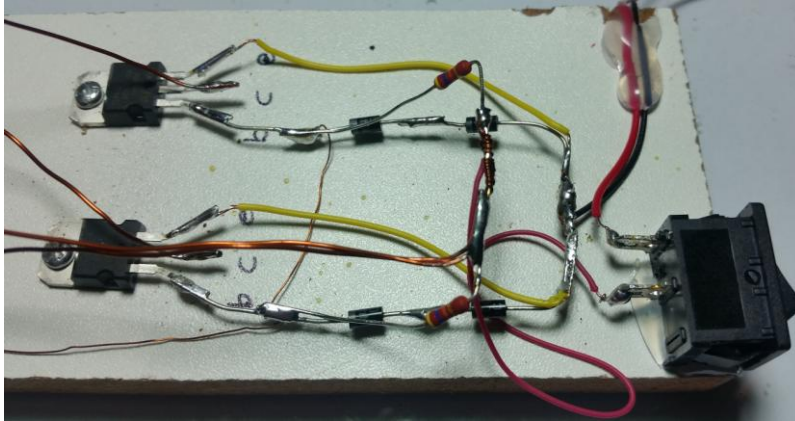
Figura A30 - Ligação do emissor de cada transistor aos diodos.



Fonte: Acervo Pessoal.

Finalmente, instale o interruptor ligando o ponto comum dos resistores ao primeiro pino do interruptor e o segundo pino ao terminal positivo da fonte. O terminal negativo da fonte deve ser ligado ao ponto comum dos diodos. Cole o interruptor e os fios na base de madeira (Figura A31).

Figura A31 - Ligação do interruptor



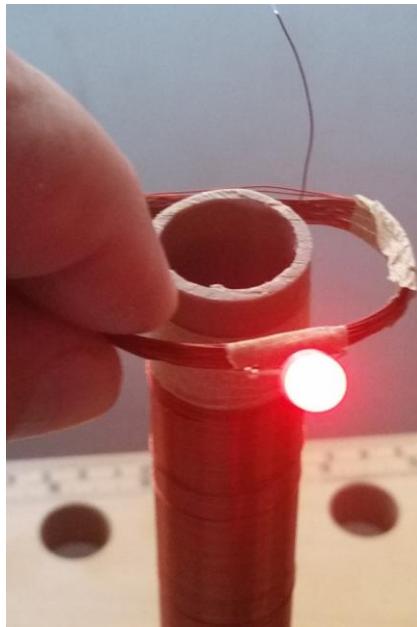
Fonte: Acervo Pessoal.

A4.2.4. Montagem da bobina chata com LED.

Enrole 30 voltas do fio de cobre AWG 32 em torno de um pedaço de tubo de cobre de $\frac{3}{4}$ ". Ao final, prenda com fita adesiva a bobina e solde um LED nas pontas livres da bobina (Figura A32).

Ela poderá ser usada para confirmar a presença do campo magnético gerado pela Bobina de Tesla.

Figura A32 - Bobina chata com o LED



Fonte: Acervo Pessoal.

A5. Tubo de Foucault

A5.1. Materiais necessários

Para esse experimento você vai precisar de:

- Um cano de cobre de 5/8" (R\$ 20,00 o metro);
- Um ímã de neodímio esférico de 10 mm de diâmetro (R\$5,25 cada);
- Uma esfera de aço (esfera de rolamento) de 10 mm de diâmetro;

A5.2. Procedimento

Esta é a montagem mais simples, pois você só precisa cortar o cano de cobre em pedaços de aproximadamente 30 cm de comprimento (Figura A33).

Figura A33 - Tubo de cobre, ímã esférico e esfera de aço.



Fonte: Acervo Pessoal.

Antes de levar o tubo para sala, sugerimos passar esponja de aço para limpeza doméstica no tubo.

A6. Bobina Chata

Este equipamento é chamado de bobina chata, pois seu raio é muito maior do que a espessura.

A6.1. Materiais necessários

Para essa montagem você vai precisar de:

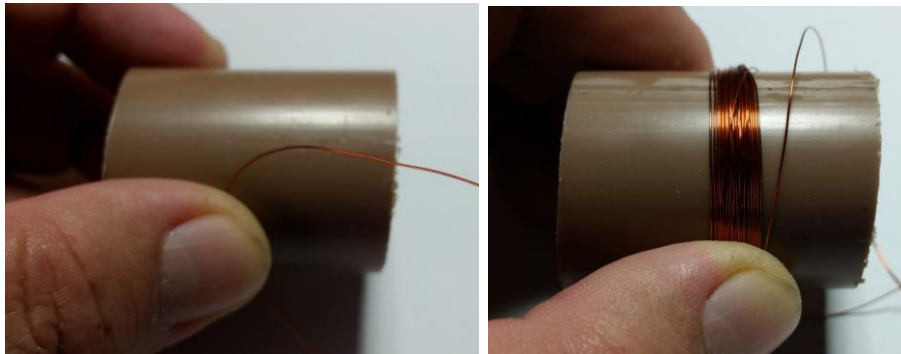
- Fio de cobre AWG 16 (1,53 mm) ou AWG 32 (0,22 mm) (R\$9,40 por 100g);
- Dois ímãs de neodímio cilíndrico de 14x14 mm (R\$11,40 cada);
- Um prego de 6 cm;
- Um pedaço de tubo de PVC de 3/4" (R\$2,20 o metro);

- Linha de costura.

A6.2. Procedimento

Para enrolar a bobina chata, use o tubo de PVC como molde e faça, pelo menos, 30 espiras ao longo do tubo. Não aperte muito o fio para ficar mais fácil de tirar a bobina do tubo (Figura A34).

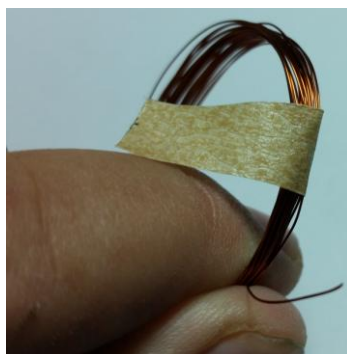
Figura A34 - Enrolando o fio de cobre no tubo de PVC.



Fonte: Acervo Pessoal.

Antes de retirar a bobina do tubo de PVC, recorte pequenos pedaços de fita adesiva que você deve usar para impedir que a bobina desenrole. Ao retirar a bobina do tubo segure com cuidado e enrole a fita adesiva em diversos pontos da bobina (Figura A35).

Figura A35 - Fixando a bobina com fita adesiva.



Fonte: Acervo Pessoal.

Raspe o verniz das duas pontas livres do fio de cobre, enrole e solde (Figura A36).

Figura A36 - Soldagem das pontas da bobina.



Fonte: Acervo Pessoal.

Usando linha de costura, faça uma alça para pendurar a bobina. É importante evitar que a bobina gire, por isso a linha deve ser presa em dois pontos distintos da bobina (Figura A37).

Figura A37 - Bobina chata pendurada



Você pode usar tanto o fio AWG 16 quanto o fio AWG 32. O fio AWG 16 será apenas no peso final da bobina. Com o fio AWG 16 ela fica mais estável, mas será necessário um ímã mais forte para o fenômeno ser observado. Usando o fio AWG 32 a bobina balança bastante, mas você consegue resultado mesmo com ímãs menores.

A7. Enrolador de Bobinas

A7.1 Introdução

Este enrolador de bobinas foi desenvolvido ao longo das pesquisas da bobina com LED já que foi preciso testar bobinas com números diferentes de espiras. O processo de enrolar a bobina a mão não é complicado, mas para fazer várias bobinas com 4000 espiras o enrolador é a forma mais prática e rápida.

Nas primeiras bobinas produzidas o enrolador não possuía um contador de voltas. Contar o número de voltas olhando para o carretel é muito cansativo e fica muito fácil perder a conta, por isso sugerimos o contador usando a plataforma Arduino. O equipamento pode ser usado em experimentos de movimento circular a critério do professor.

A7.2. Materiais necessários

O enrolador de bobina usa o Arduino e um sensor reflexivo para auxiliar na contagem do número de espiras da bobina. Você vai precisar de:

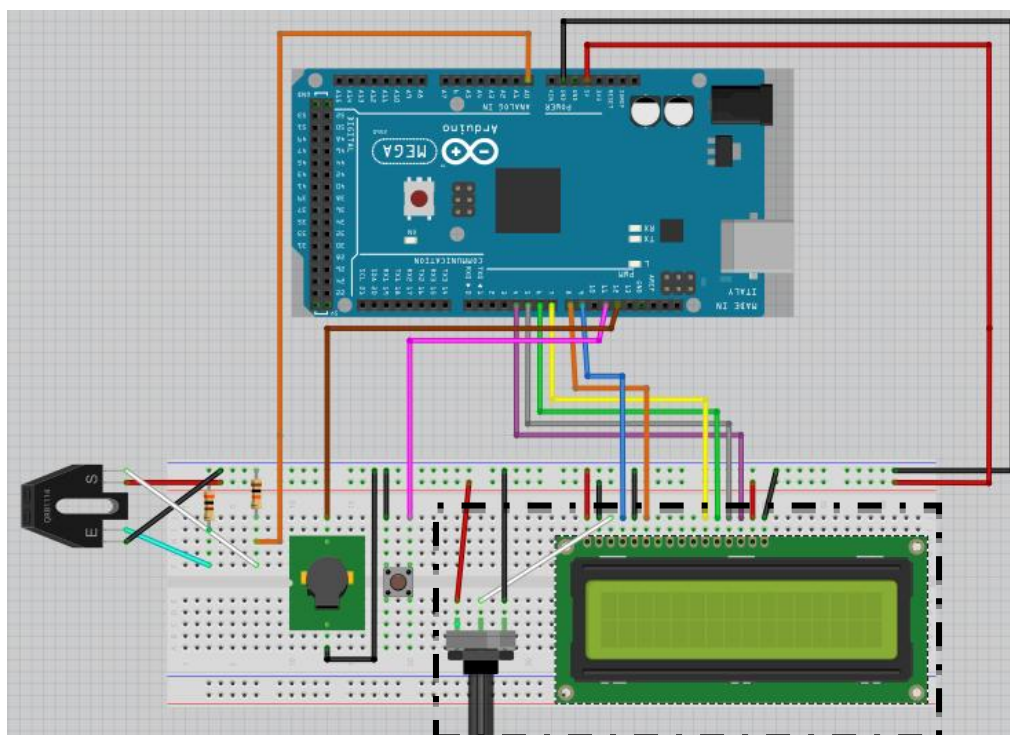
- Arduino MEGA ou Arduino UNO (R\$130,00);
- Um PROTOBOARD de 830 pinos (montagem com LCD) ou 400 pinos (montagem sem LCD) (R\$17,00);
- Um display LCD 16x2 (apenas na montagem com LCD) (R\$15,00).
- 1 potenciômetro de 4,7k Ω (apenas na montagem com LCD) (R\$1,05);
- 1 resistor de 300 Ω 1/4W (R\$0,07);
- 1 resistor de 10k Ω (R\$0,07);
- 1 Buzzer sonoro 5V (R\$1,50);
- 1 sensor óptico reflexivo tcr5000 (R\$1,00);
- 1 botão chave tátil (push button) (R\$0,35);
- 1 pregador de roupa de madeira;
- 1 parafusadeira elétrica;
- 1 parafuso sem fim 5/16" (R\$14,00 o metro);
- 2 porcas borboleta (R\$0,25 cada);
- Arruelas de diversos tamanhos.

A7.3. Procedimento

A7.3.1 – Montagem

Monte no *protoboard* conforme o esquema da Figura A38. A montagem do sensor reflexivo será detalhada abaixo, já que ele deverá ser fixado na parafusadeira de modo a poder contar o número de voltas do carretel.

Figura A38 - Montagem do circuito em *protoboard*.

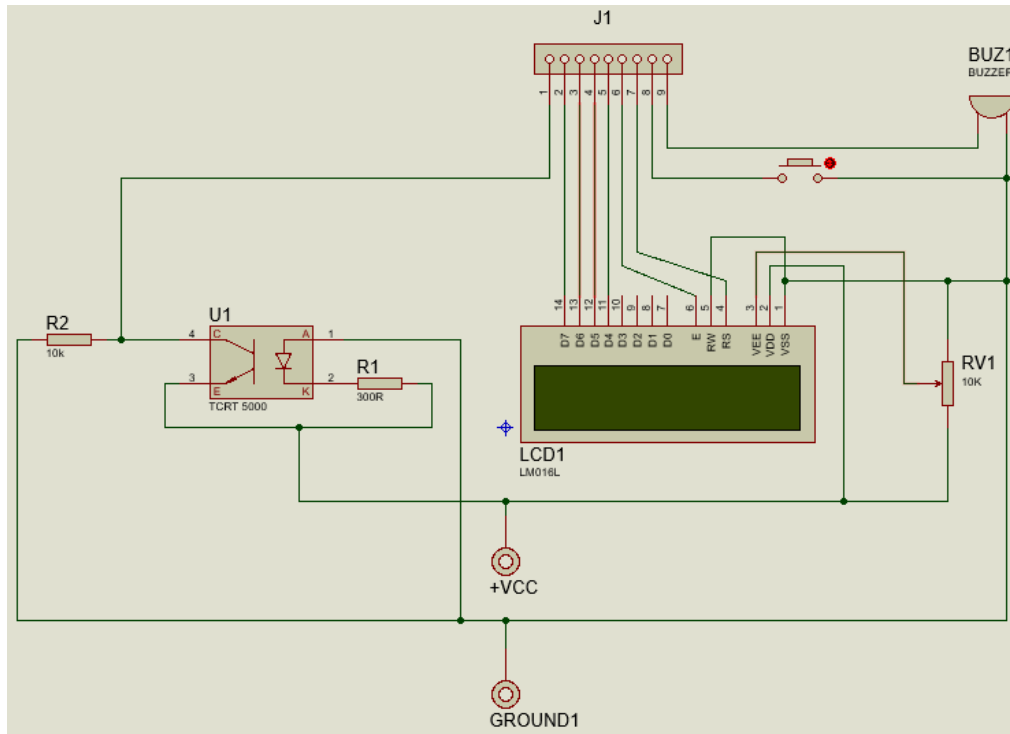


Fonte: Acervo Pessoal.

Você pode observar a contagem das espiras usando o monitor serial. Neste caso, despreze a parte destacada da Figura A38.

O esquema eletrônico das ligações é apresentado na Figura 39, onde J1 representa os pinos do Arduino.

Figura A39 - Esquema eletrônico.



Fonte: Acervo Pessoal.

A7.3.2 – Código

Digite ou copie o código abaixo para o *sketch* do Arduino. O código foi testado no Arduino MEGA, mas deve funcionar normalmente no Arduino UNO. Tenha bastante atenção aos pinos usados, fazendo as alterações que julgar necessário, caso vá usar o Arduino UNO.

```
// Ligações do LCD
// RS = pino 9, E = pino 8,
// D4 = pino 7, D5 = pino 6, D6 = pino 5, D7 = pino 4
// VSS = GND, VDD = 5V, VO = pot pino central,
// RW = GND, A = Vcc, K = GND
//
// Sensor IR
// Emissor: A -> Resistor 300R -> +5V
// C - GND
// FotoTransistor: C -> Resistor 10K -> +5V
// C -> Pino A0 (Antes do resistor)
// E -> GND
//
// +vcc---\W/---A----|>---C----GND
//          300R
//
// +vcc---\W/---C--|--FT---E----GND
//          10K   |
//                pino A0
//
// Ligações diversas
// Pushbutton zerador: Pino 11
// Buzz: Toca ao zerar e a cada 100 voltas: pino 12
```



```

//
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(9, 8, 7, 6, 5, 4);
int opticalPin = A0; // Define o pino de sinal analógico do sensor
int contador1 = 0;
int flag = 0;
int pushPin = 11;
int buzzPin = 12;

void setup() {
  pinMode(opticalPin, INPUT); // Define o pino como entrada
  pinMode(pushPin, INPUT);
  pinMode(buzzPin, OUTPUT);
  digitalWrite(pushPin, 1);
  Serial.begin(9600); // Inicia o Monitor Serial
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(4, 0);
  lcd.print("Contador: ");
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print(contador1);
}

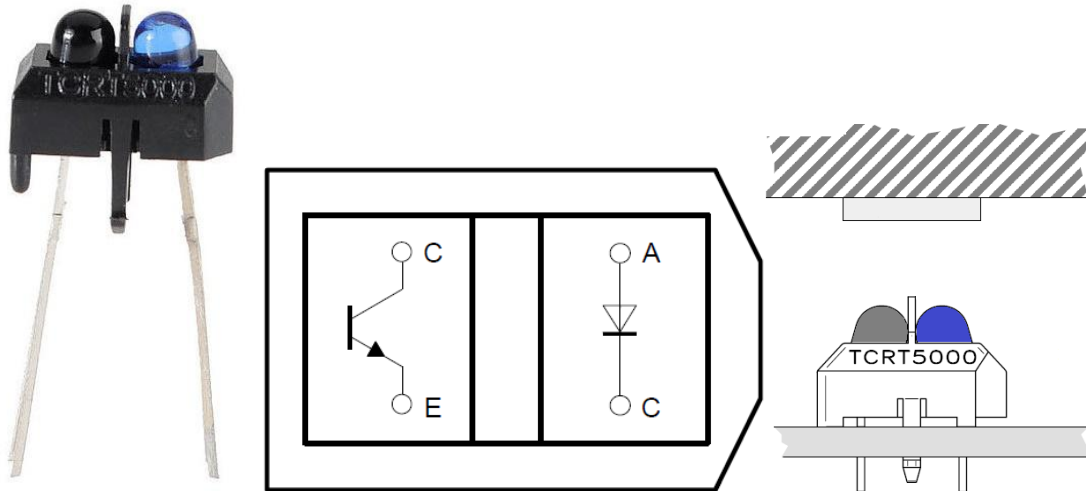
void loop() {
  int zerar = digitalRead(pushPin);
  if (zerar == 0) {
    contador1 = 0;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4, 0);
    lcd.print("Contador: ");
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print(contador1);
    Serial.print("Contador: ");
    Serial.println(contador1);
    tone(buzzPin, 3000, 5);
  }
  int opticalLido = analogRead(opticalPin); // Lê o valor do sensor e guarda
na variável
  if (opticalLido > 200 && flag == 0) { // Testa qual sinal for recebido do sensor
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print(contador1);
    lcd.setCursor(1, 1);
    Serial.print("Contador: ");
    Serial.println(contador1);
    int mult = contador1 % 100;
    if (mult == 0) {
      tone (buzzPin, 3300, 200); // Toca um beep cada vez que o número de
espiras é um múltiplo de 100
    }
    contador1++;
    flag = 1;
  }
  if (opticalLido < 150 ) {
    flag = 0;
  }
}
}

```

A7.3.3 – Montagem do sensor reflexivo

O sensor reflexivo TCRT 5000 é composto por um diodo infravermelho e um foto-transistor cuja base recebe o sinal recebido do diodo (Figura A40).

Figura A40 - Sensor reflexivo. O chanfro indica a posição do LED infravermelho.



Datasheet. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26406/VISHAY/TCRT5000.html>>. Acesso em: 12 de dezembro 2017

Desmonte o pregador e em um dos lados e faça a marcação dos pontos que você deverá furar para fixar o sensor (Figura A41).

Figura A41 - Marcações no pregador de roupas.



Fonte: Acervo Pessoal.

Além dos quatro furos dos terminais, você precisa fazer mais três furos para fixar a carcaça do sensor (Figura A42).

Figura A42 - Furos de fixação do sensor reflexivo no pregador de roupas.



Fonte: Acervo Pessoal.

Use a outra parte do pregador de roupa para finalizar a montagem colando as duas partes com cola quente (Figura A43).

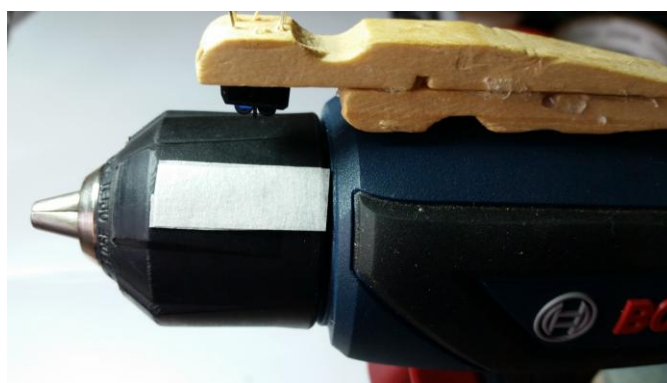
Figura A43 - Estrutura de fixação do sensor pronta.



Fonte: Acervo Pessoal.

A estrutura final será montada sobre a parafusadeira com o sensor próximo ao mandril onde deve-se colar uma pequena fita adesiva branca para servir de referência para o contador (Figura A44).

Figura A44 - Sensor preso na parafusadeira.

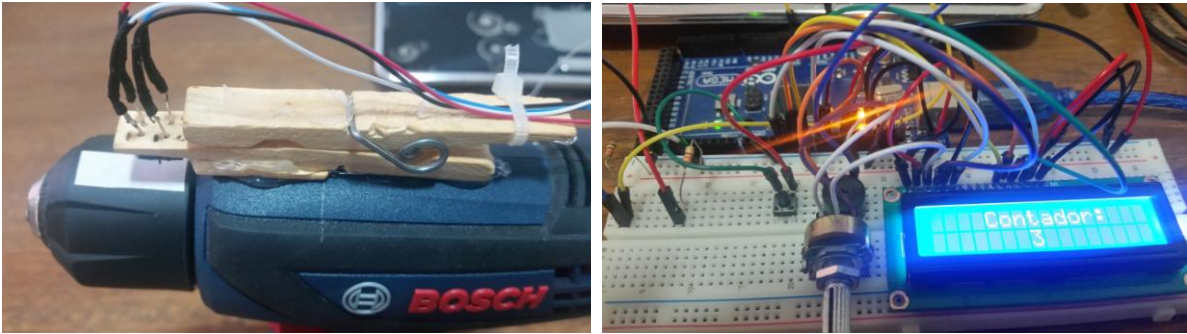


Fonte: Acervo Pessoal.

A7.3.4 – Montagem final

Após fazer todas as ligações, o sistema pode ser usado. O botão zera o sistema sempre que for necessário e a cada 100 espiras enroladas toca um apito (Figura A45).

Figura A45 - Sistema finalizado.



Fonte: Acervo Pessoal.

O parafuso sem fim, as arruelas e as porcas borboletas são usadas para fixar o carretel da bobina (Figura A46).

Figura A46 - Parafuso sem fim para fixar o carretel.



Fonte: Acervo Pessoal.