



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS NATURAIS



**O GERADOR ELÉTRICO COMO PROPOSTA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE FÍSICA: DA FORMAÇÃO CONTINUADA
AO ENSINO CONTEXTUALIZADO**

DIRLEI PERIN

PROF. DR.º MIGUEL JORGE NETO
Orientador

Cuiabá, MT, Agosto de 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS

**O GERADOR ELÉTRICO COMO PROPOSTA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE FÍSICA: DA FORMAÇÃO CONTINUADA
AO ENSINO CONTEXTUALIZADO**

DIRLEI PERIN

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

PROF. DR.º MIGUEL JORGE NETO
Orientador

Cuiabá, MT, Agosto de 2015.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P445g Perin, Dirlei.

O GERADOR ELÉTRICO COMO PROPOSTA DIDÁTICA
PARA O ENSINO DE FÍSICA: DA FORMAÇÃO CONTINUADA
AO ENSINO CONTEXTUALIZADO / Dirlei Perin. -- 2015
101 f. : il. color. : 30 cm.

Orientador: Miguel Jorge Neto.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências Naturais, Cuiabá, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Física. 2. Matemática. 3. Eletricidade. 4. Aprendizagem. I.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT
Tel.: (65) 3615-8737 - Email :

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "O Gerador Elétrico como uma Proposta Didática para o ensino de Física: da formação continuada ao ensino contextualizado."

AUTOR : Mestrando Dirlei Perin

Dissertação defendida e aprovada em 12/11/2015.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Miguel Jorge Neto
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor(a) Eduardo Augusto Campos Curvo
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) Osvaldo Alves Pereira
Instituição : Universidade de Cuiabá -UNIC

CUIABÁ, 12/11/2015.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais (Maria Aparecida e Renato) por terem proporcionado uma educação que me trouxe até aqui e à minha esposa, Adrieli, que sempre me apoiou e entendeu minhas ausências.

AGRADECIMENTOS

- * Ao professor Dr. Miguel Jorge Neto, pela paciência e preciosas orientações.
- * Aos professores: Dr. Eduardo Augusto Campos Curvo e Dr. Osvaldo Alves Pereira pelas contribuições/sugestões a este trabalho.
- * Aos colegas da Pós Graduação em Ensino de Ciências pelo apoio recebido: Elaine, Eurico, Everaldo, Adão, Christiane, Juliana, Simone, Senilde, Vilson, Valdete, Antônio Carlos, Mary e Josiane.
- * Aos professores Drs. Marcelo, Rinaldi, Débora, Edna, Denilton, Kapitango, Iramaia e Sérgio pelos preciosos conhecimentos compartilhados ao longo do curso.
- * Ao Professor Edward (Vavá) por compartilhar seus valiosos conhecimentos.
- * À secretária do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências do IF/UFMT (Neuza), pela disponibilidade em estar sempre contribuindo.
- * Aos moradores do Assentamento Banco da Terra em Juara/MT, pelas contribuições e informações fornecidas;
- * Aos amigos Anésio, André, Mauro, Ronaldo e João, pelo apoio, incentivo e trocas de ideias durante a pesquisa.
- * À minha irmã (Ivone) e sua família pelo apoio e incentivo recebido.
- * Ao professor Reginaldo do Centro de Educação de Jovens e Adultos 'José Dias', pela contribuição e disponibilidade em contribuir com a pesquisa.
- * À SEDUC/MT, pelo incentivo à formação acadêmica.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problemática	1
1.2. Justificativa	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1. O papel da formação continuada	3
2.2. Problemática do Ensino de Física Atual	5
2.3. Potencialidades do Ensino de Física	7
2.4. O Ensino de Física e a Experimentação	9
2.5. O Ensino do Eletromagnetismo	12
2.6. Eletromagnetismo: do átomo ao gerador	14
2.6.1. Evolução Histórica da Ideia de Átomo	14
2.6.2. Eletricidade	20
2.6.3. O gerador	26
3. ESTUDO DO CONTEXTO DOS DESTINATÁRIOS E ELABORAÇÃO DO PRODUTO	36
3.1. Mini usinas em Juara: a física do gerador aplicada	36
3.2. O Protótipo de gerador didático	41
3.2.1. Materiais necessários	41
3.2.2. A montagem	44
3.2.3. O teste	46
4. VALIDAÇÃO DA PROPOSTA	48
4.1. Caracterização dos destinatários da proposta e suas percepções sobre o ensino de Física	48
4.1.2. Análise das respostas dos professores	50
4.1.3. A aplicação do protótipo do gerador junto aos professores	63
4.2. Validação do produto com alunos	66
4.2.1. A escola	66

4.2.2. A turma.....	66
4.2.3. As aulas	67
4.2.4. O experimento	70
4.2.5. Análise das respostas do Pré-teste.....	72
4.2.6. Análise das respostas do Pós-teste	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6. BIBLIOGRAFIA	90
ANEXO I.....	94
ANEXO II	95
ANEXO III	97
ANEXO IV	98
ANEXO V	99
APÊNDICE: “V” Epistemológico.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Dalton para o átomo	15
Figura 2 - Modelo de Thomson - Fonte: http://www.brasilecola.com/quimica/o-experimento-thomson-com-descargas-eletricas.htm	16
Figura 3 - Experimento da folha de ouro. 1: fonte radioativa (polônio), 2: blindagem de chumbo, 3: feixe de partículas alfa, 4: tela fluorescente ou filme fotográfico, 5: folha de ouro, 6: ponto em que o feixe de partículas atingem a folha, 7: algumas partículas são desviadas em relação ao feixe original. - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rutherford_Scattering.svg	17
Figura 4 - A interpretação de Rutherford para os desvios observados (à esquerda), lhe permitiu conceber o modelo com núcleo positivo cercado de elétrons (à direita). Fonte: https://commons.wikimedia.org	17
Figura 5 - Modelo de Bohr - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png?uselang=pt-br	18
Figura 6 - Representação do modelo atômico de Sommerfeld - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sommerfeld_ellipses.svg	19
Figura 7 - Modelo mecânico-quântico - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helium_atom_QM.svg	20
Figura 8 - Balança de Torção - Fonte: https://pt.wikibooks.org/wiki/Eletromagnetismo/Cargas_el%C3%A9tricas	21
Figura 9 - Representação de Campos Elétricos	22
Figura 10 - Atração e repulsão em função do tipo de carga dos portadores (fonte: wikimedia commons)	23
Figura 11 - Ciclo senoidal (Corrente alternada) - Fonte: http://www.mundoeducacao.com/fisica/corrente-alternada.htm	25
Figura 12 - Representação da experiência de Oersted - Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Oersted_experiment.png	26
Figura 13 - Representação do experimento de Faraday. Uma bateria (à direita) fornece uma corrente que atravessa um pequeno rolo de arame com núcleo de ferro (A), criando um eletroímã. Quando a bobina pequena é movida para dentro ou para fora da grande bobina (B), uma corrente é detectada pelo galvanômetro (L). Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Induction_experiment.png	27

Figura 14 - Simulação interativa que ilustra o fenômeno da indução a partir do movimento relativo entre ímã e espira. Fonte: PHET / University of Colorado.	28
Figura 15 - Esquema de um alternador - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alternador.svg	29
Figura 16 - simulação interativa que ilustra o fenômeno da indução a partir do movimento relativo entre íma e espira. Fonte: PHET / University of Colorado.	29
Figura 17 - Campo magnético de um ímã em forma de barra que foi coberto por uma folha de papel. Ao polvilhar limalha de ferro sobre o papel, os fragmentos se alinham sob a influência do referido campo. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnet0873.png	30
Figura 18 - Linhas de campo magnético atravessando uma superfície plana - Fonte: http://www.mundoeducacao.com/fisica/fluxo-magnetico.htm	31
Figura 19 - Conceito de fluxo magnético - Fonte: http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9733.htm	31
Figura 20 (a) e (b) - Conceito de fluxo magnético. Fonte: http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9734.htm	32
Figura 21 - Ilustração da Lei de Lenz - Fonte: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/12613/05_teor%C3%ADa_frame.htm ..	33
Figura 22 - Cena de vídeo disponível no serviço YouTube onde a lei de Lez é explicada. Surge uma força de repulsão entre o polo do ímã que se aproxima e a face da bobina, exatamente como se polos iguais de dois ímãs fossem obrigados a se aproximar.....	34
Figura 23 - Cena de vídeo “Lei de Lenz” disponível no serviço YouTube onde vê se linhas de campos produzidos por meio de um ímã em movimento no interior de um tubo de metal o qual produz campo magnético que induz campo elétrico.	35
Figura 24 - Mapa do Assentamento (cortesia Projetar Engenharia).....	36
Figura 25 - Geradores movidos à água	37
Figura 26 - Rede de transmissão	38
Figura 27 - Vista interna do dispositivo gerador. O estator, ou seja, a parte imóvel é mostrada em destaque	38
Figura 28 - Rotor	39
Figura 29 - Esquema da disposição dos ímãs no eixo rotor	39
Figura 30 - Materiais para construção e teste do gerador.....	41
Figura 31 - Partes do motor de ventilador	42
Figura 32 - Rotor original.....	43
Figura 33 - Madeira que servirá de suporte aos ímãs do rotor	43

Figura 34 - Ímãs de Neodímio.....	44
Figura 35 - Partes do motor de ventilador	44
Figura 36 - Esquema de montagem do rotor	44
Figura 37 - Ímãs intercalados na madeira.....	45
Figura 38 - Fixando os ímãs na madeira.	45
Figura 39 - Colocando o rotor no estator.....	46
Figura 40 - A montagem.....	46
Figura 41 - Teste com Multímetro.....	47
Figura 42 - Teste com lâmpada	47
Figura 43 - Nuvem de termos com conteúdos e elementos relacionados à dificuldade dos alunos, segundo os professores.....	51
Figura 44 - Grafo de termos sobre a utilização de experimentos em sala.	53
Figura 45 - Grafo de termos sobre a contribuição dos experimentos à aprendizagem.....	55
Figura 46 - Nuvem de termos relativos aos conhecimentos prévios sobre geradores, segundo os professores.	57
Figura 47 - O ensino de física e sugestões - nuvem de termos a partir das respostas dos professores	59
Figura 48 - Professores testando o experimento.....	64
Figura 49 - Simulação do gerador. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator	68
Figura 50 - Simulação da lei de Faraday – Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_pt_BR.html	69
Figura 51 - Aulas no laboratório de informática	69
Figura 52 - Aula prática, professor montando gerador.....	70
Figura 53 - Aula prática, testando o gerador.	71
Figura 54 - Nuvem palavras associadas à percepção da Física pelos alunos. Termos mais frequentes são representados em maior tamanho.	73
Figura 55 - Termos mais frequentes citados nas respostas à questão 2.....	75
Figura 56 - Termos mais frequentes citados nas respostas à questão 3.....	77
Figura 57 - Conceitos de eletromagnetismo: gerador como facilitador para a aprendizagem .	79
Figura 58 - Grafo de termos mais frequentes, questão 02B.	81
Figura 59 - Grafo de termos recorrentes, questão 03B.....	83
Figura 60 - Grafo de termos mais frequentes, questão 04B	84
Figura 61 - Mapa do estado de Mato Grosso com destaque a microrregião do Arinos.	99

Figura 62 - Diagrama V elaborado a partir de experimento para trabalhar conceitos relacionados ao eletromagnetismo.	100
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Questão 01, as dificuldades dos alunos segundo os professores – ênfase para os conteúdos de eletricidade/eletromagnetismo.....	51
Tabela 2 - Questão 01, as dificuldades dos alunos segundo os professores– conteúdos diversos e matemática.....	52
Tabela 3 - Questão 01,as dificuldades dos alunos segundo os professores – problemas estruturais e falta de recursos.....	53
Tabela 4 - Questão 02, a utilização de experimentos em sala.	53
Tabela 5 - Os experimentos e aprendizagem.....	55
Tabela 6 - Conhecimentos prévios sobre geradores segundo os professores.....	57
Tabela 7 - O Ensino de Física e sugestões, de acordo com os professores.	59
Tabela 8 - Questão 1, primeira categoria (matéria difícil)	73
Tabela 9 - Questão 1, categoria 2 (importância vaga).....	74
Tabela 10 - Questão 1, categoria 3 (ênfase em fenômenos naturais, como a energia e o movimento).....	74
Tabela 11 - Questão 2, Conhecimentos prévios sobre “produção” de energia.....	75
Tabela 12 - Questão 3, conhecimentos prévios sobre hidroelétricas.....	77
Tabela 13 - Questão 4, Conhecimentos prévios sobre geradores.	78
Tabela 14 - Questão 05, conceitos de eletromagnetismo e o gerador como facilitador para a aprendizagem.....	80
Tabela 15 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 02.	82
Tabela 16 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 03.	83
Tabela 17 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 04.	85
Tabela 18 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 05.	86
Tabela 19 - respostas à questão 06 do pós-teste	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	ampère
Å	angstrom
a.C.	antes de Cristo
$\vec{B}$	campo magnético
C	coulomb
CA	corrente alternada
CC	corrente contínua
CEJA	Centro de Educação de Jovens e Adultos
D	Distância
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
$\vec{E}$	campo elétrico
F	força
<i>Fem</i>	força eletromotriz
fm	femtômetro
GRF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
I	corrente elétrica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
N	newton
ϕ	fluxo magnético
PCN's	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PUC	Pontifícia Universidade Católica
Q	quantidade de carga
SI	Sistema Internacional
V	volt
W	trabalho
Δt	intervalo de tempo

RESUMO

PERIN, D. O gerador elétrico como proposta didática para o ensino de física: da formação continuada ao ensino contextualizado. Cuiabá – MT. Mestrado em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A partir das interações promovidas pela formação continuada com professores de física do Vale do Arinos, investigou-se as potencialidades de uma proposta didática com foco no gerador elétrico para o ensino de conceitos de Física e Matemática no Ensino Médio. Buscando garantir a contextualização no processo de ensino-aprendizagem, o trabalho resgata a realidade da geração de energia no campo, contexto social de vários dos alunos e professores da região, onde alternativas não governamentais são aplicadas para garantir eletricidade e conforto a muitas famílias. A pesquisa foi motivada pela dificuldade apresentada por professores que lecionam a disciplina de Física em trabalhar com conceitos relacionados à eletricidade e magnetismo de forma contextualizada e com significado. Na perspectiva da pesquisa qualitativa, através de questionários e entrevistas, delineou-se o perfil desses professores, além de analisar a viabilidade da proposta. Na validação do produto com alunos, verificou-se que o trabalho experimental pode motivar a predisposição à aprendizagem. Os resultados obtidos confirmam a importância da formação continuada e do estudo de metodologias que conciliem teoria e prática no ensino de Física e Matemática.

Palavras Chaves: Física, Matemática, Eletricidade e Aprendizagem.

ABSTRACT

PERIN, D. The electric generator as didactic proposal for the teaching of physics in high school: from continued teacher training to the teaching contextualized. Cuiabá - MT. Master in Science Teaching, Physics Institute, Federal University of Mato Grosso.

On the basis of interactions promoted by continuing education with physics teachers from the Arinos Valley, we investigated the potential of a didactic proposal focusing on the electric generator for teaching concepts of physics and mathematics in high school. Seeking to ensure the contextualization in the teaching-learning process, the work captures the reality of power generation in the country, social context of several of the students and teachers in the region, where non-governmental alternatives are applied to ensure electricity and comfort to many families. The research was motivated by the difficulty presented by teachers who teach the discipline of physics in working with concepts related to electricity and magnetism in context and meaning. From the perspective of qualitative research, through questionnaires and interviews, the profile of these teachers, was delineated in addition to analyzing the feasibility of the proposal. In the validation of the product with students, it was found that the experimental work can motivate the predisposition to learning. The results obtained confirm the importance of continuing teacher training and study methodologies that combine theory and practice in teaching physics and mathematics.

Key words: physics, mathematics, electricity and Learning.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problemática

O ensino de ciências centrado em livros didáticos ignora a realidade vivida por professores e alunos¹, desvirtuando boa parte dos objetivos da educação formal. Abrir mão da contextualização, da valorização do dia a dia dos alunos, torna o ensino de física não apenas desinteressante, mas destituído de significado. Em contrapartida, a compreensão dos conceitos e relações apresentadas pela Física, pode contribuir para o entendimento do mundo e a tomada de decisões, mas tal sucesso diminui à medida que essa disciplina é resumida à listas de exercícios desconexos para memorização. O cenário é ainda mais complicado, pois as aulas de Física nem sempre são de responsabilidade de professores com formação nessa ciência.

A falta de uma formação específica dos docentes torna-se obstáculo para que a aprendizagem proposta tenha significado. Cabe à formação continuada, minimizar as lacunas na formação e indicar soluções para que os professores alcancem os objetivos que se propõem a cumprir.

Atividades experimentais em ciências são metodologias dinâmicas capazes de trazer a realidade para dentro da sala de aula e promover discussões que resultem em uma aprendizagem com significado. Para os alunos favorecem a compreensão de fenômenos, conceitos, leis e princípios físicos, garantindo que se estabeleçam relações entre ciência e seu dia a dia. Essa prática, no entanto, não é frequente em nossas salas de aula, seja por insegurança dos professores, por não ter acesso a materiais, ou até mesmo por falta de tempo e espaços adequados.

1.2. Justificativa

Ao trazer para dentro das salas de aula contextos sociais vivenciados por pessoas de nossa comunidade, as discussões acerca do tema tendem a se tornar mais interessantes, pois revestem-se de significado. Não ignorar a realidade e fazer dela um aliado para o ensino-

¹ Existem textos, normalmente paradidáticos, que se esforçam para apresentar a Física de forma mais humana e contextualizada. O “Guia Mangá de Eletricidade” de Matsuda (2009), a “Introdução Ilustrada à Física” de Goninck e Huffman (1994), a “Física Conceitual” do Hewitt (2002) e as “Leituras de Física: Eletromagnetismo para ler, fazer e pensar”, do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF (1998) são alguns exemplos de materiais que tentam se diferenciar dos textos tradicionais, tanto em linguagem quanto na contextualização. Tais obras, entretanto, têm baixa adesão frente aos sistemas de ensino apostilado e livros didáticos tradicionais das grandes editoras (ZAMBOM, 2011).

aprendizagem de física pode ser uma maneira interessante de garantir que conceitos abstratos tornem-se menos difíceis.

O Eletromagnetismo faz parte de nossas vidas. Grande parte dos avanços tecnológicos que vivenciamos hoje, do acender de uma lâmpada à ressonância magnética, só são possíveis graças à compreensão e evolução dessa área.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma proposta didática no intuito de contribuir para um ensino de física mais contextualizado e com significado. Para tanto, resgata-se a realidade vivenciada por pessoas em um assentamento no município de Juara/MT, onde a energia que acende as lâmpadas, que fazem funcionar televisão e geladeira, é fornecida por geradores movidos à água. A abordagem desse processo desperta o interesse e a curiosidade de alunos e professores, podendo favorecer a aprendizagem dos conceitos físicos e matemáticos envolvidos.

Para realizar esse trabalho, foi definido como objetivo geral pesquisar as potencialidades do gerador elétrico como facilitador no ensino de conceitos de eletricidade e magnetismo no Ensino Médio. Figuram como objetivos específicos: propor a construção de um protótipo de gerador elétrico para trabalhar conceitos relacionados à eletricidade e magnetismo; analisar como o gerador elétrico contribui para a aprendizagem significativa de conceitos físicos; e avaliar se o trabalho experimental proposto contribui para uma aprendizagem com significado. Em decorrência da pesquisa, pretende-se disponibilizar os materiais produzidos em um ambiente virtual, onde professores e alunos possam consultar e utilizá-los para suas práticas pedagógicas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O papel da formação continuada

O fato de vivermos em uma época em que informações chegam a todo o momento, numa velocidade incrível, obriga, principalmente os professores a estarem atentos a essas mudanças, de modo a transformar informações em conhecimento. A docência é, portanto, uma profissão que exige estar sempre em formação, mantendo-se atento ao mundo e atualizando constantemente tanto os conhecimentos relativos ao seu domínio de formação quanto a forma de ensiná-los.

Em oposição ao imenso desafio a que se propõem, a formação inicial dos professores quase sempre é defasada e o profissional do magistério, de modo geral, não é bem remunerado. Tais aspectos dificultam muito a realização de um bom trabalho (VAILLANT, 2003). É preciso reconhecer ainda que muitos dos professores que atuam em nossas escolas (principalmente no ensino de ciências) estão fora de sua área de formação (possuem graduação em Matemática, por exemplo, mas lecionam Física ou Química).

Com o intuito de fomentar a atualização do profissional, surge o conceito de formação continuada, praticamente uma conversão de uma necessidade do nosso tempo em efetivos programas de capacitação, discussão e reflexão.

Nos últimos anos do século XX, tornou-se forte, nos mais variados setores profissionais e nos setores universitários, especialmente em países desenvolvidos, a questão da imperiosidade de formação continuada como um requisito para o trabalho, a ideia da atualização constante, em função das mudanças nos conhecimentos e nas tecnologias e das mudanças no mundo do trabalho. Ou seja, a educação continuada foi colocada como aprofundamento e avanço nas formações dos profissionais. Incorporou-se essa necessidade também aos setores profissionais da educação, o que exigiu o desenvolvimento de políticas nacionais ou regionais em resposta a problemas característicos de nosso sistema educacional (GATTI, 2008).

A formação continuada de professores é uma atividade recente no Brasil, intensificou-se na década de 1980 e foi assumindo modelos diferenciados, desde cursos rápidos até programas mais extensos e em modalidades diversas, proporcionando aos docentes reflexões acerca da prática efetivada em sala de aula (NOGUEIRA, 2007).

Segundo Ferreira (2010), a formação continuada não se trata de uma superação da formação inicial, seu principal objetivo é garantir que o educador sempre se renove e desenvolva seu trabalho de forma eficiente.

Albuquerque (2008) destaca ainda outro aspecto da formação continuada, uma dimensão atitudinal, que complementa a discussão dos conteúdos e metodologias da área de formação:

É de se entender que a formação continuada de professores não pode limitar-se a proporcionar conhecimentos conceituais e metodológicos de uma dada disciplina, precisa favorecer também o exercício da reflexão sobre concepções e práticas que esses professores veteranos já têm. É necessário propiciar atitudes favoráveis para que as pessoas, incluindo professores em formação, desenvolvam processos reflexivos de investigação, situações que envolvam a abertura de espírito, ou seja, ouvir os outros e considerar a possibilidade de alternativas; a dedicação, isto é, o interesse em um assunto, fato, objeto do conhecimento; e a responsabilidade, entendida como um questionamento contínuo, que, para nós professores, significa refletir sobre o quê ensinar, como ensinar e para que ensinar. (ALBUQUERQUE, 2008, p. 77).

A formação contínua como princípio de qualidade para a prática pedagógica é prevista pela LDB (Lei de Diretrizes e Bases 9394/96), que aponta em seu título VI — Dos Profissionais da Educação, no artigo 63: “a necessidade de programas de educação continuada aos profissionais dos diversos níveis de ensino” (BRASIL, 1996).

No Estado de Mato Grosso foi instituída, no ano de 2010, a Política de Formação dos Profissionais da Educação Básica. O documento em questão defende que as escolas sejam o locus de formação continuada e que todos os profissionais tenham direito a essa formação.

A formação do educador deve ser um processo permanente, contínuo, não pontual, realizada no cotidiano da escola, em horários específicos e articulada à jornada de trabalho. Deve ser construída como um espaço de produção e socialização de conhecimento sobre a profissão docente e de construção da gestão democrática e de organização da vida social da comunidade escolar e seu entorno e nunca entendida como correção da formação inicial eventualmente precária. (MATO GROSSO, 2010, p. 16)

Como nos lembra Cunha (2008), o sujeito está em formação constantemente e o meio onde está inserido é peça fundamental nesse processo.

A formação do educador é um processo, acontecendo no interior das condições históricas que ele mesmo vive. Faz parte de uma realidade concreta determinada, que não é estática e definitiva. É uma realidade que se faz no cotidiano. Por isso, é importante que este cotidiano seja desvendado. (CUNHA, 2004, p. 169).

Em Mato Grosso, os momentos de formação continuada nas escolas estaduais, devem compor, ao longo do ano letivo, um mínimo de 80 horas. A organização desses momentos é prerrogativa das coordenações dessas escolas em articulação com os profissionais envolvidos.

A formação continuada se apresenta, portanto, como uma das políticas educacionais que pode contribuir para a melhoria do trabalho docente. A formalização dessa formação é, portanto, oportunidade que os profissionais da educação têm para se manter atualizados, rever concepções e ampliar os conhecimentos teóricos e metodológicos, permitindo que o educador possa relacionar esses saberes às situações vivenciadas em sala de aula, avaliando, refletindo e redimensionando a sua prática docente.

2.2. Problemática do Ensino de Física Atual

São muitas as aplicações da Física na sociedade atual. De coisas simples, como o conforto de um banho quente, a luz que ilumina nossas casas e ruas à noite, e até maravilhas tecnológicas, como lasers, exames de ressonância magnética e os computadores, tão presentes hoje em dia. São inúmeros os dispositivos que se tornaram reais graças ao conhecimento proporcionado pela Física. Entretanto, também é notório que o ensino de ciências, em especial a Física, tem enfrentado muitos problemas (GOMES e CASTILHO, 2010).

Alguns autores, como Ataíde (2005), vem tentando entender como uma área do conhecimento humano tão apaixonante para muitos tem se configurado como um verdadeiro “monstro” nas salas de aula. Ao buscar o que pensam os alunos do Ensino Médio, momento da educação básica em que a Física enquanto disciplina se torna mais evidente, surgem indícios de que tem havido um distanciamento entre a física ensinada e a realidade do mundo:

“O ensino de Física no Brasil tem sido foco de várias críticas de especialistas da área bem como de estudantes que estão presenciando este “aprendizado” especialmente no ensino médio. O distanciamento do mundo vivido pelos alunos e professores, a falta de interdisciplinaridade, bem como a forma desarticulada com que a Física vem sendo trabalhada, contribuem ainda mais para que ela se apresente vazia de significados para os alunos.” (ATAÍDE, et al. 2005, p. 01).

Não é difícil encontrar relatos na literatura que reforcem esse panorama. Até mesmo os textos didáticos disponíveis parecem colaborar para o problema, como sugerem alguns autores.

“Muitas são as críticas que costumam ser feitas ao currículo de Física do ensino médio em nossas escolas. Talvez a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivencial do aluno, o que tem como consequência a produção de textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade, como é o caso do enfoque dado à corrente elétrica contínua e a omissão da apresentação da corrente elétrica alternada, embora esta esteja bastante presente na vida dos alunos”. (ERTHAL e GASPAR, 2006, p. 346)

Se a Física nas escolas não está auxiliando os jovens a entenderem o mundo natural e os avanços tecnológicos, que papel então ela estará assumindo? Os que se dedicam a essa reflexão, como Pires (2013), tem percebido que a repetição e o acúmulo de conteúdos têm guiado boa parte do que vem ocorrendo nas aulas de Física:

A escola atual frequentemente promove um ensino de Física com a apresentação de leis e conceitos que nem sempre têm significado no cotidiano do educando. Um ensino de mera aplicação de fórmulas, baseado em memorização e resolução de problemas em situações artificiais, que pouco tem a ver com a realidade do estudante. Trata-se de uma didática repetitiva, voltada para o acúmulo de informações que, na melhor das hipóteses, desenvolve apenas habilidades operacionais com um conhecimento científico carente de contextualização. (PIRES, 2013, p. 30)

A Física, enquanto ciência faz uso de uma linguagem própria, em muito diferente daquela usada pelos estudantes que se deparam com a necessidade ou obrigação de entendê-la. A representação matemática de fenômenos e leis naturais, tão presente nessa disciplina, ao invés de permitir a articulação de saberes aprendidos em outras componentes curriculares, acaba por tornar-se também obstáculo à aprendizagem, desmotivando muitos dos alunos que já não tem a melhor das relações com a matemática e seus símbolos. O que se aprende, por vezes, resume-se na substituição mecânica de valores sem significado em fórmulas igualmente irrelevantes aos aprendizes.

O objetivo das ciências naturais é explorar e compreender os fenômenos da Natureza. Infelizmente, é muito comum acreditar-se justamente no oposto: que a ciência, ao matematizar o mundo, tira a sua beleza! (GLEISER, 2000, p. 05)

Se por um lado temos exemplos de defensores entusiasmados dessa ciência, como Gleiser (2000) e Oliveira (2007), por outro, há professores que se encontram sem saber como ensinar essa mesma Física nas escolas. O que chega aos estudantes acaba por afastá-los ainda mais quando meramente se reproduz esse ensino sem significado.

Mesmo diante de inúmeros exemplos de sucesso de aplicação dos métodos utilizados pela Física, indo de sistemas aplicados às telecomunicações até o uso terapêutico de radiações, muitos estudantes no Ensino Médio adotam uma postura de desinteresse ou mesmo de repulsa em relação à disciplina. Muitos deles a associam a uma ciência complicada que exige extrema dedicação para seu aprendizado. (FRAGA, 2012, p. 419)

A falta de contextualização no ensino de Física faz com que estudantes não percebam seu encanto e sua utilidade no mundo atual, tornando uma disciplina, muitas vezes, chata e de difícil compreensão.

2.3. Potencialidades do Ensino de Física

A crença perene na educação como caminho para a cidadania, bem como no seu potencial transformador da sociedade, tem se manifestado em movimentos que instigam mudanças. Há de se destacar, nesse sentido, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 e todos os debates e ações que se sucederam a partir dela. A LDB rendeu extensa literatura, consolidada nas Diretrizes e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (DCNEM, PCN's e PCN+). Esses textos ainda hoje se mostram relevantes e norteadores para a prática docente.

“Um dos pontos de partida é a consciência crescente da sociedade sobre a importância da educação, que tem resultado em permanente crescimento do número de estudantes – de forma que não mais será preciso trazer o povo para a escola, mas sim adequar a escola a esse povo”. (BRASIL, 2002).

Apesar das particularidades do ensino de ciências, em especial no que diz respeito à Física, há na educação básica como um todo dificuldades que são históricas e muito enraizadas.

Esses bons pontos de partida, entretanto, estão cercados de difíceis obstáculos, como a tradição estritamente disciplinar do ensino médio, de transmissão de informações desprovidas de contexto, de resolução de exercícios padronizados, heranças do ensino conduzido em função de exames de ingresso à educação superior. Outro obstáculo é a expectativa dos jovens – quando não de suas famílias e das próprias instituições escolares – de que os agentes no processo educacional sejam os professores, transmissores de conhecimento, enquanto os estudantes permanecem como receptores passivos, e a escola resume-se ao local em que essa transmissão ocorre.” (BRASIL, 2002).

As diretrizes curriculares apresentadas na nova LDB estabeleceram novos objetivos para a educação básica. A formação oferecida no Ensino Médio, por exemplo, precisa agora superar o caráter meramente propedêutico e apresentar conhecimentos que tenham significado para a vida no mundo contemporâneo. As disciplinas, agora integradoras de áreas do conhecimento, precisam efetivamente dialogar entre si, tal como se exige na realidade fora da sala de aula. Ao invés de conteúdos, o foco deve ser ajustado para o desenvolvimento de competências, habilidades e valores que propiciem ao jovem o exercício da cidadania. Nesse sentido, os PCN+ elencam uma série de competências que deveriam ser desenvolvidas no âmbito da educação formal:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica; Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências; Identificar em dada situação problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la; Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou

sistemas naturais ou tecnológicos; Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social. (BRASIL, 2002).

É nesse contexto que o ensino de Física deve se posicionar, contribuindo para o desenvolvimento de competências e habilidades, tanto quanto dissemina seus próprios saberes, evitando que o conhecimento se manifeste sem significado.

A necessidade de se ensinar uma “Nova Física”, não deve se dar apenas por esta ser mostrada nas propostas pedagógicas para o Ensino Médio como uma novidade, mas se faz necessário diante dos insucessos que percebemos com o ensino da “Velha Física”, metodologia, abordagem e formalismo, bem como a necessidade de dissolver esta imagem negativa da física, uma vez que esta é indispensável para a formação básica para o exercício da cidadania, que é o principal objetivo do ensino médio (BRASIL, 1996).

Se por um lado as Diretrizes e os Parâmetros Curriculares deixam claro quais os obstáculos a evitar para uma educação transformadora, por outro também evitam apresentar receitas a serem seguidas. Assim, é preciso um protagonismo local, que se ampare nas reflexões levantadas pela nova LDB e atue em prol dos objetivos que se projetam numa formação para a cidadania.

É preciso rediscutir o que (qual física) e como ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação mais adequada para a cidadania. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada (BRASIL, 1999, p. 23).

Espera-se que o ensino de física, na escola média, promova a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, mas que ao mesmo tempo, contribua para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL, 1996).

Ao analisar o papel da Física na educação básica, os PCN reafirmam a importância dessa componente, destacando as suas múltiplas dimensões que se manifestam a partir de uma abordagem comprometida com os novos objetivos indicados nas DCNs.

Enquanto o saber da Física, ou seja, sua dimensão conceitual, com suas próprias abstrações e generalizações, potencializa o desenvolvimento de um olhar investigativo a respeito do mundo, há de se considerar também, como sugerem os PCN, a dimensão aplicada da Física, aquela na qual o saber conceitual se faz útil para o entendimento, manuseio e

melhoria da tecnologia, ou ainda, que se prestem à resolução de problemas que possam ser abordados no âmbito dessa ciência ou pela articulação desta com outras disciplinas.

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdos, mas, sobretudo, de dar ao ensino de física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida dos estudantes. Apresentar uma física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios (BRASIL, 1999, p. 23).

As Orientações Curriculares elaboradas pela Secretaria de Educação do Estado de Mato Grosso, em caráter complementar aos PCN, ressoa a ressignificação necessária ao ensino de Física e indica, mais uma vez, o caminho da contextualização como facilitador desse processo.

(...) o conhecimento que o professor se propõe a ensinar deve permitir ao estudante uma construção conceitual que aumente seu grau de liberdade para compreender uma gama de fenômenos do mundo moderno, de seus novos códigos e suas tecnologias contemporâneas. Esta é a razão primeira para que o professor investigue o contexto em que os estudantes se inserem, para que possam selecionar os temas mais importantes e os conceitos fundamentais dentro da matéria de ensino. (MATO GROSSO, 2012, p. 62)

A contextualização pode explorar, além da aplicabilidade, outras características igualmente importantes. Um ensino que leve em conta os aspectos aplicados, históricos e culturais inerentes à Física, carregam-se naturalmente de significado e transcendem o domínio disciplinar estrito, revelando assim outras facetas.

Para Gleiser (2000), a “Física é um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender”. O domínio dessa linguagem se agiliza quando, em consonância à contextualização, se exploram os recursos da experimentação.

2.4. O Ensino de Física e a Experimentação

O Ensino Médio é um momento crítico na Educação Básica. Não é apenas por constituir uma etapa final para a escolarização de muitos, ou ainda pelo nível de abrangência e especificidade do seu currículo, mas é a etapa formativa em que os jovens se encontram em tempo de desenvolver habilidades relacionadas à abstração em que as amarras da significação concreta começam a ser superadas, permitindo elaborações muito mais complexas. Por outro

lado, a Física, já nesse nível de ensino, se apresenta como componente disciplinar com conceitos e relações altamente elaboradas, cobrando de imediato o uso das habilidades cognitivas que se espera estejam disponíveis nessa etapa da vida.

Se por um lado parece arriscado supor que todos os jovens daquela faixa etária estão igualmente aptos a lidar com o saber físico em seus aspectos formais, por outro se arrisca também a uma desarticulação da Física com as outras componentes da área de Ciências Naturais ao apresentá-la como disciplina específica. Fica-se na dependência de que a escola, enquanto instituição formal de ensino, considere tais questões em seu projeto político pedagógico e que os professores, executores últimos dessa proposta, hajam de acordo e de forma colaborativa, verdadeiramente como uma equipe, para superar os obstáculos à aprendizagem que eventualmente surgirão em função das condições apresentadas.

Diante disso, torna-se relevante que o ensino de Física contemple situações que permitam ações no âmbito da realidade, que é concreta e não disciplinar. A experimentação surge, então, como estratégia pedagógica que atende a múltiplas questões, pois estabelece o enlace entre o concreto e o abstrato ao mesmo tempo em que promove a contextualização, respeitando ainda a Física a partir de sua origem, enquanto busca pela compreensão do mundo natural.

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p. 84).

Vários autores, em sintonia com as diretrizes e os parâmetros curriculares, reforçam o que indicam aqueles textos quanto à experimentação no ensino de Física.

Araujo e Abib (2003) acreditam que a experimentação possibilita uma melhor compreensão de diversos conceitos científicos, aguça a curiosidade, desperta o interesse e ao mesmo tempo valoriza os conhecimentos prévios dos alunos bem como seu cotidiano que são elementos fundamentais à aprendizagem.

A utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes. (ARAÚJO E ABIB, 2003, p. 190).

Esses autores ainda indicam dois aspectos pelos quais o trabalho com atividades experimentais pode constituir-se em estratégia que contribui para uma aprendizagem significativa:

- a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem.
- b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência. (ARAÚJO e ABIB 2003, p. 190-191).

As atividades experimentais, entretanto, precisam estar claramente incorporadas a um programa de ensino, de modo que a relação entre a teoria e a prática se evidencie de forma orgânica, sem transições bruscas e artificialismos. Trabalhar com experimentos requer que os conceitos envolvidos não sejam isolados, mas sim vinculados às aulas teóricas em consonância com os conteúdos propostos e com competências e/ou habilidades que se pretende desenvolver, fazendo com que os sujeitos reflitam sobre seus saberes no sentido de construir novos significados e concepções acerca do ambiente que o cerca.

Faz-se necessário que as atividades experimentais permitam a visualização de um determinado fenômeno e a participação efetiva dos alunos durante essas apresentações para que funcionem como elemento facilitador do processo de ensino e aprendizagem. As atividades experimentais podem tornar o diálogo em sala de aula mais atrativo e rico em informações, onde hipóteses são lançadas e questionadas, permitindo uma negociação de significados e o desenvolvimento de conhecimentos pré-existentes em conhecimento científico (DA PAZ, 2007).

Além de promover o vínculo entre o conhecimento teórico e a realidade, a experimentação potencializa a aprendizagem com significado, pois estimula o diálogo, a troca de informações e a articulação e reelaboração de conhecimentos prévios. Esses aspectos, entretanto, precisam ser explorados, exigindo a mediação atenta do professor para orientar as interações e a aprendizagem, identificando e tratando, por exemplo, concepções alternativas que venham a competir com a criticidade e o espírito científico que subjaz à Física.

Em suma, a atividade experimental deve ser interpretada como um instrumento didático, como o livro-texto ou outro meio a ser utilizado quando do diálogo construtivista entre professor e estudante. Através dela, a negociação se faz presente ao concretizar ambientes didáticos mostrar *in loco*, a acomodação ou o amoldamento da teoria aos fatos e as limitações teóricas envolvidas. Descarta o dogmatismo e o determinismo teórico que se mostra nos livros- texto, onde a natureza parece se adaptar aos Princípios Físicos e não o contrário (PINHO ALVES, 2000, p. 265).

2.5. O Ensino do Eletromagnetismo

Certos tópicos abordados pela Física no nível médio exigem um maior grau de abstração, de modo que o aprendizado nessa ciência não é homogêneo (ALBUQUERQUE, 2008). O eletromagnetismo, classicamente abordado no último ano do Ensino Médio, é exemplo claro de conteúdo que pode tornar-se demasiado difícil numa abordagem estritamente teórica face às suas características inerentes.

A literatura, ainda que de forma reduzida, traz vários casos nos quais o ensino de Física, em especial o eletromagnetismo, foi favorecido por abordagens experimentais.

Da Paz (2007) investigou e pontuou dificuldades de aprendizagem do conteúdo de Eletromagnetismo por alunos do Ensino Médio. Segundo ele as dificuldades estão relacionadas ao “entendimento das interações e comportamento das variáveis eletromagnéticas no espaço tridimensional; ao artifício da simplificação matemática neste espaço e as próprias operações matemáticas”.

(...) é importante explicitar que, apesar de muitas das grandezas físicas (ex: força, campo gravitacional, quantidade de movimento, potencial elétrico, etc.) e suas interações, em todos os conteúdos de Física, serem distribuídas no espaço tridimensional, o ensino formal lineariza ou planifica estas interações, com o objetivo de “simplificá-las” e de “facilitar” a aprendizagem [...], no ensino de Eletromagnetismo a relação passa a ser de três variáveis distribuídas no espaço (Da PAZ, 2007, p.18).

Esse autor propõe a problematização de situações a partir da experimentação, visando assim uma modelização mais adequada dos elementos que compõem a teoria.

Erthal e Gaspar (2006), que anteriormente foram citados por suas críticas ao currículo de Física, sendo a principal, a desconexão dos conteúdos à realidade dos alunos, enfatizam que os próprios textos didáticos não dão o devido suporte para os professores, sendo essa uma possível fonte de insegurança para o desenvolvimento de propostas mais contextualizadas.

Baseando-se na teoria sócio-histórica de Vygotsky, Erthal e Gaspar (2006) testaram uma proposta de atividades experimentais para o ensino de eletromagnetismo que almejava, num primeiro plano, ilustrar e facilitar a apresentação dos conceitos apresentados e, na sequência, desencadear as interações sociais alunos-professor, que possibilitassem a compreensão desses conceitos. A sequência didática proposta se calcava também na contextualização dos conceitos, estabelecendo o vínculo entre o saber Físico e a realidade.

Optamos por iniciar pela polia de arrasto magnético. Julgamos que essa demonstração, direta e desafiadora, seria mais adequada no sentido de desencadear interações sociais. Na sequência, trabalhamos com a demonstração da variação do campo magnético no interior de uma bobina, visto que essa facilitaria a introdução do conceito de corrente elétrica induzida (Lei de Faraday) e da ideia de oposição ao efeito que provoca o aparecimento dessa corrente (Lei de Lenz), sintetizando a ideia da indução eletromagnética. Como consequência mais relevante da descoberta desse fenômeno, apresentaríamos o gerador de corrente elétrica alternada, demonstrando como se dá a geração de eletricidade em usinas hidrelétricas. E, por último, o motor síncrono que aborda a frequência, fase e características específicas da corrente alternada. (ERTHAL E GASPAR, 2006, p. 352).

Para trabalhar com conceitos relacionados à Lei de Faraday e Lenz, Canalle e Moura (1997), antecipando-se às críticas levantadas por Erthal e Gaspar (2006), propõem um experimento de baixo custo, uma vez que, segundo eles, os livros didáticos são deficientes quando se trata de experimentos. Com a simplicidade da montagem, pretendiam que os alunos pudessem manusear o material, motivando-os à uma aprendizagem significativa com base no fenômeno estudado.

Hessel (1999) introduziu uma modificação à proposta original de Canalle e Moura (1997), substituindo o pêndulo por uma gangorra o que, segundo ele, tornaria a montagem mais eficiente para trabalhar aquele conteúdo.

Ressaltando ainda a utilização de materiais de baixo custo, Pires (2013), apoiando-se em textos tradicionais (Paraná, 2003) e em abordagens alternativas (GREF, 1998), aplicou uma proposta de ensino pautada pela experimentação e pelo uso de materiais acessíveis, como um motor velho de liquidificador. Assim como Da Paz (2007), percebeu que as atividades experimentais favorecem a formação de imagens mais próximas do pensamento concreto, promovendo uma ponte para a abstração científica.

Pires (2013) ainda defende que o trabalho com a atividade experimental gera uma predisposição para a aprendizagem dos conceitos.

Ressaltando a importância do planejamento e da ação docente em sintonia com teorias de ensino-aprendizagem e a didática, Albuquerque (2008) realizou um trabalho visando à aprendizagem significativa do eletromagnetismo. Mantendo a ênfase na parte conceitual, estabelecendo uma dialética entre as situações vivenciadas pelos alunos e os conceitos fundamentais do eletromagnetismo, o autor inseriu em sua proposta o uso de experimentos em sala de aula, num sequencial que abordava a classificação dos aparelhos elétricos e seu funcionamento; aparelhos resistivos (fusíveis, lâmpadas, chuveiros e circuitos domésticos); motores elétricos; geradores e aparelhos de comunicação e informação.

Essa iniciativa, aliada ao uso de discussões frequentes e de demonstrações de experiências pelos professores e realizações experimentais pelos alunos vai ao

encontro de uma dinamização das aulas, tornando-as, como queríamos, empolgantes e prazerosas, o que determina uma taxa de aprendizagem apreciavelmente mais elevada. (ALBUQUERQUE, 2008, p.81).

Compreende-se que a Física, componente indispensável na formação crítica do cidadão atual, apresenta muitos desafios à sua aprendizagem, mas que, em contrapartida, pode proporcionar um ensino mais significativo aos nossos alunos, sendo necessário apenas algum engajamento no sentido de incorporar a experimentação nos programas de ensino, garantindo assim a contextualização inicial necessária para uma formação crítica para a cidadania.

Se, no entanto, a formação dos professores não colabora para que haja um estreitamento do distanciamento, entre a Física que é ensinada com a Física que espera que seja ensinada, conforme defendem as diretrizes curriculares, é necessário, como defende Galiani (2001), um aprofundamento teórico e a necessidade de incluir, na formação inicial e continuada, estudos sobre a aplicação da experimentação para o ensino.

É fato que toda mudança causa desconforto, mas o fato de não querer mudar, tentar algo diferente, não significa, talvez, acomodação. As dificuldades segundo Queiroz (2011): “(...) devem-se ao fato de que a resistência às mudanças, no que se refere aos docentes, está diretamente relacionada com sua formação, na maioria das vezes tradicional, e na inexistência de formação continuada, o que limita a busca pela inovação, pela produção e utilização das novas tecnologias no Ensino da Física”.

2.6. Eletromagnetismo: do átomo ao gerador

2.6.1. Evolução Histórica da Ideia de Átomo

De que são feitas as coisas? Como elas se comportam? Porque são assim? São algumas perguntas que rondam as mentes de crianças, jovens e adultos. Mas será que antigamente as pessoas tinham essa curiosidade? Afinal, viviam em uma época onde a tecnologia não era tão avançada como a de hoje.

Apesar do grande avanço tecnológico ocorrido ao longo dos séculos, muito do conhecimento que temos hoje se iniciou com experimentos mentais realizados a milhares de anos, como por exemplo ‘de que são feitas as coisas?’

Desde o quinto século a.C. já se discutia a composição da matéria, e tinha-se a ideia de que se fossem dividindo um pedaço de rocha chegaria a uma parte bem pequena que seria impossível dividir, a qual deram o nome de átomo (a = não, tomo = divisível). No entanto Aristóteles discordava da ideia de que a matéria era formada por átomo e defendia a combinação de quatro elementos – terra, ar, fogo e água –

para formar a matéria, e essas ideias de Aristóteles duraram por longos 2000 anos. (HEWITT, 2002. págs., 196-197).

Por volta do século XVIII a ideia de Aristóteles já não convencia mais. Segundo Hewitt (2002. pág., 197): “a partir dos anos 1800 o químico inglês, John Dalton reiniciou uma nova discussão a respeito do átomo e defendia a ideia dos gregos de que a matéria era toda formada por átomos”. Dalton, apresentou um modelo atômico que retratava o átomo como uma pequena esfera parecida a uma bola de bilhar.



Figura 1 - Modelo de Dalton para o átomo

Ao longo do tempo novos estudos foram realizados e várias experiências foram feitas em regiões distintas do globo, como por exemplo, o experimento realizado pelo cientista e diplomata norte americano Benjamin Franklin em 1752, sabendo dos riscos, em plena tempestade propôs a empinar uma pipa para comprovar que o relâmpago nada mais era que uma descarga elétrica entre a nuvem e o solo e concluiu que a eletricidade também move através de gás. Nesse sentido o inglês Willian Crookes, na década de 1870, de acordo com Hewitt (2002. pág., 201) de posse de um tubo de vidro colocou em suas extremidades dois eletrodos ligados a uma fonte de voltagem (pilha), e dentro do tubo gás, observou que na extremidade ligada ao polo negativo da pilha o gás produzia uma luminosidade, a qual chamou de brilho catódico. Percebeu também, que ao aproximar um objeto carregado positivamente, a luminosidade era atraída pelo objeto e deduziu como algo carregado negativamente.

Quando se colocava uma carga elétrica perto do tubo, o raio era desviado, ou curvado, aproximando-se da carga se ela fosse negativa. O raio também era desviado na presença de um ímã. Essas descobertas indicavam que o raio era formado por partículas negativamente carregadas. (Hewitt, 2002. pág, 201).

Em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson, realizou alguns experimentos semelhantes aos de Crookes, com o objetivo de entender o desvio que ocorrera, e com isso pode perceber a existência de partículas bem menores no átomo. (HEWITT, 2002. Pág, 202).

De posse dos resultados dos experimentos, Thomson elaborou seu modelo atômico que consistia em uma esfera uniforme, de carga positiva, recheada de elétrons (partículas negativas), esse modelo recebeu o nome de “pudim de passas”.

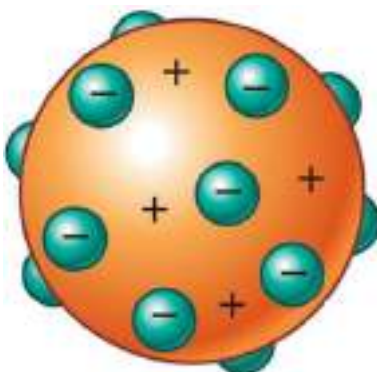


Figura 2 - Modelo de Thomson - Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/o-experimento-thomson-com-descargas-eletricas.htm>

O vídeo “Modelo Atômico de Thomson - Tubos de Crookes” disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_Pwrvn2Zl5U², é uma produção do Laboratório PROEN do Instituto de Química de Araraquara da UNESP e mostra como ocorreu a descoberta do átomo e a concepção do modelo atômico, o pudim de passas.

Em 1911, o físico nascido em Nova Zelândia e naturalizado inglês, Ernest Rutherford, juntamente com seus alunos Geiger e Marsden, criou modelo atômico que até hoje é uma das representações mais reconhecidas do átomo. Sua criação se deu por meio de participação em vários experimentos, principalmente, o famoso experimento da folha de ouro.

Para realizar o experimento, Rutherford utilizou um bloco maciço de chumbo, uma finíssima folha de ouro, uma chapa de sulfeto de zinco fluorescente e uma pequena porção de material radioativo (polônio) emissor de partículas alfas que possuem carga positiva.

O experimento consistia em bombardear uma lâmina de ouro com partículas alfa (partículas positivamente carregadas) e analisar seus comportamentos (Figura 3). Constatou que uma pequena porcentagem das partículas emitidas (cerca de uma em cada 8.000), sofria um desvio (deflexão) ao incidir sobre a folha de ouro. Isso, segundo Rutherford, era um resultado surpreendente. Em suas palavras: “era como se disparássemos um projétil de 15 polegadas em um pedaço de tecido e ele o refletisse de volta a você”.

² <acesso em 05 de outubro de 2014>

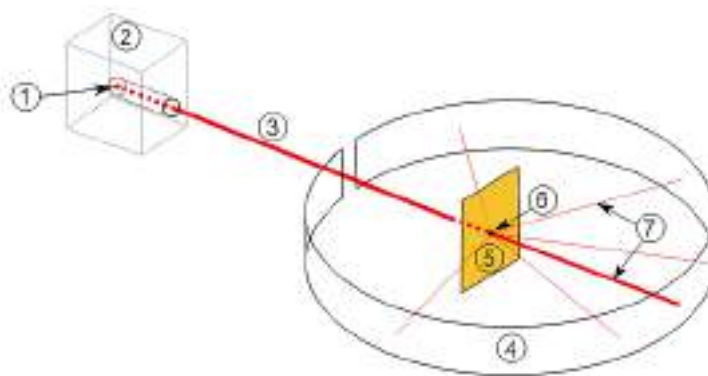


Figura 3 - Experimento da folha de ouro. 1: fonte radioativa (polônio), 2: blindagem de chumbo, 3: feixe de partículas alfa, 4: tela fluorescente ou filme fotográfico, 5: folha de ouro, 6: ponto em que o feixe de partículas atinge a folha, 7: algumas partículas são desviadas em relação ao feixe original. - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rutherford_Scattering.svg

Pelo fato de que a maioria das partículas atravessava a folha metálica, Rutherford concluiu que grande parte do átomo encontrava-se vazio. O desvio, sofrido por algumas das partículas alfa, indicaria que a parte responsável pela deflexão também possuía carga positiva, o que explicaria tal dispersão: o rebote das partículas alfa, representaria um encontro direto com uma zona fortemente positiva e muito densa no interior do átomo, essa região ele denominou “núcleo”.

Seu modelo atômico (**Figura 4**) retrata bem suas observações: elétrons girando em torno de um núcleo que é aproximadamente dez mil vezes menores que o átomo.

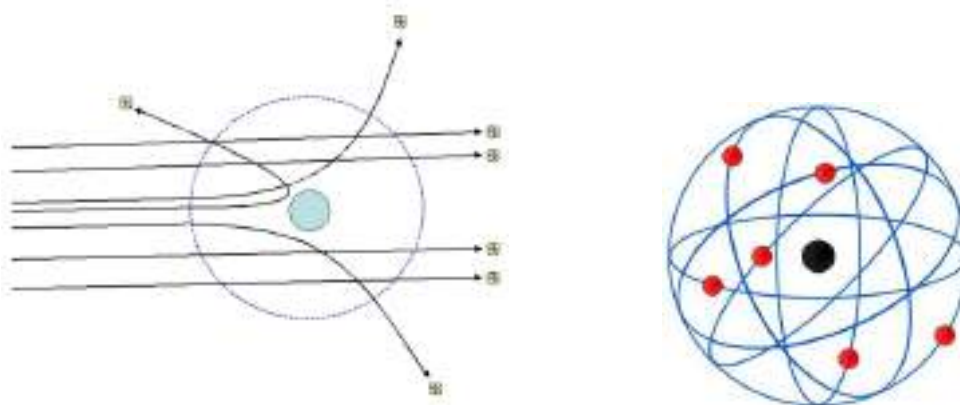


Figura 4 - A interpretação de Rutherford para os desvios observados (à esquerda), lhe permitiu conceber o modelo com núcleo positivo cercado de elétrons (à direita). Fonte: <https://commons.wikimedia.org>

Os experimentos de Rutherford o levou as seguintes conclusões:

O átomo não é maciço, apresentando mais espaço vazio do que preenchido; a maior parte da massa do átomo se encontra em uma pequena região central (núcleo) dotada de carga positiva, onde estão os prótons; os elétrons estão localizados em uma região ao redor do núcleo, chamada de eletrosfera. Esse modelo ficou conhecido como “modelo do sistema solar”, em que o sol seria representado pelo núcleo e os planetas pelos elétrons ao redor do núcleo (na eletrosfera) (DE BONI & GOLDANI, 2007, pag.8)

Como a teoria de Rutherford não esclareceu todas as dúvidas em relação ao comportamento de determinados gases que “quando sob baixa pressão emitiam uma luz em um jogo de faixas discretas do espectro eletromagnético completamente diferente da radiação emitido por sólidos” (DE BONI & GOLDANI, 2007, p. 9), o cientista dinamarquês Niels Bohr estudou e aperfeiçoou o modelo e, em 1913, publicou sua teoria atômica.

O modelo atômico de Bohr apresentou algumas ressalvas em relação ao de Rutherford:

Os elétrons giram ao redor do núcleo em orbitas circulares (modelo de Rutherford), porém sem emitir energia radiante (estado estacionário); um átomo emite energia sob a forma de luz somente quando um elétron pula de um orbital de maior energia para um orbital de menor energia. $\Delta E = h \cdot f$, a energia emitida é igual a diferença de energia dos dois orbitais envolvidos no salto e as órbitas possíveis são aquelas em que o elétron possui um momento angular múltiplo inteiro de $h/2\pi$. (DE BONI & GOLDANI, 2007, p. 9 - 10).

Nesse sentido Bohr organizou seu modelo de forma que os elétrons girassem em torno do núcleo em camadas, com níveis de energia específicos, propôs 07 camadas (K, L, M, N, O, P e Q) e estipulou número de elétrons que cada camada suporta (2, 8, 18, 32, 32, 18 e 2). Quando um elétron perdia ou ganhava energia ele pulava de uma órbita a outra.

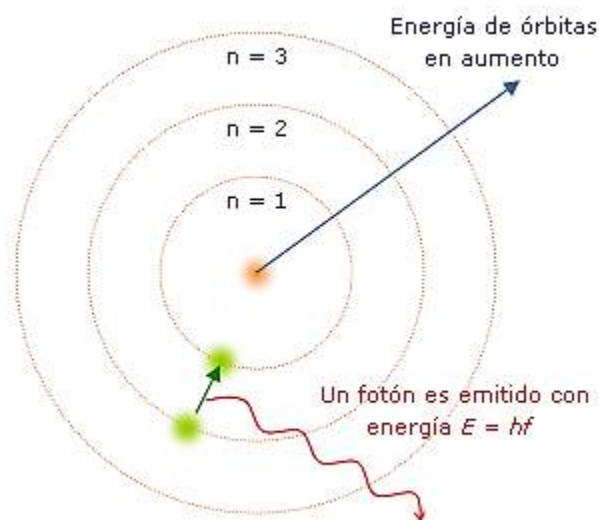


Figura 5 - Modelo de Bohr - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png?uselang=pt-br

Os estudos continuaram e o modelo atômico foi evoluindo. Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld em 1915, um dos fundadores da mecânica quântica, contribuiu para a evolução do modelo de Bohr verificando que elétrons na mesma órbita apresentavam energias

diferentes. Sugeriu que as órbitas fossem elípticas com distâncias diferentes do centro, assim poderiam gerar energias diferentes em uma mesma órbita.

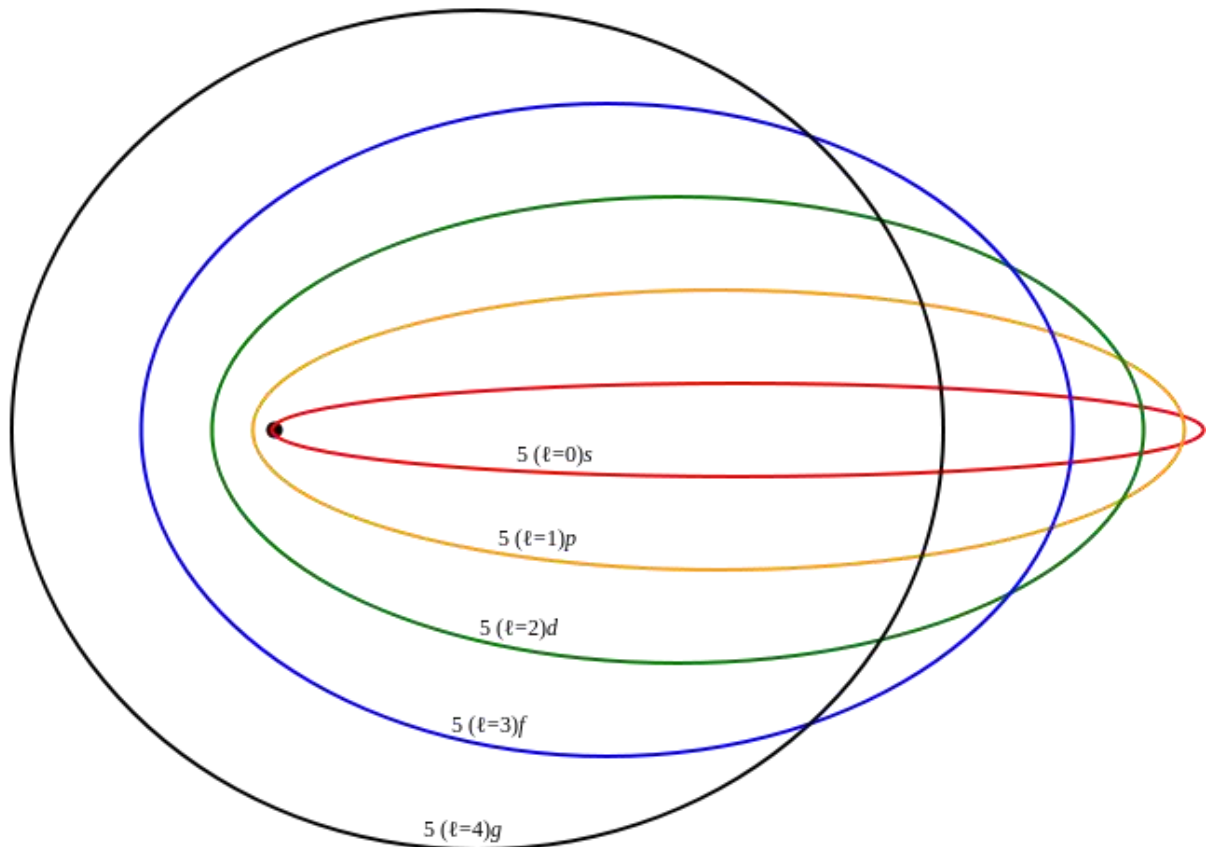


Figura 6 - Representação do modelo atômico de Sommerfeld - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sommerfeld_ellipses.svg

Segundo De Boni & Goldani (2007, pag. 12), posterior a essa evolução, tivemos as contribuições valiosíssimas de: Louis Victor De Broglie (1925), que propõe que o elétron apresenta duplo comportamento, ora onda ora partícula; Werner Heisenberg em 1927 formulou o princípio da incerteza onde demonstrou, matematicamente, que é impossível determinar ao mesmo tempo, posição e velocidade de uma partícula subatômica e Erwin Schrödinger, em 1933, através de complexos cálculos matemáticos conseguiu determinar a energia e as regiões de maior probabilidade de encontrar os elétrons, com isso abandonava o modelo planetário de Rutherford-Bohr, surgindo aí um novo modelo atômico, o modelo mecânico-quântico parecido com uma nuvem.

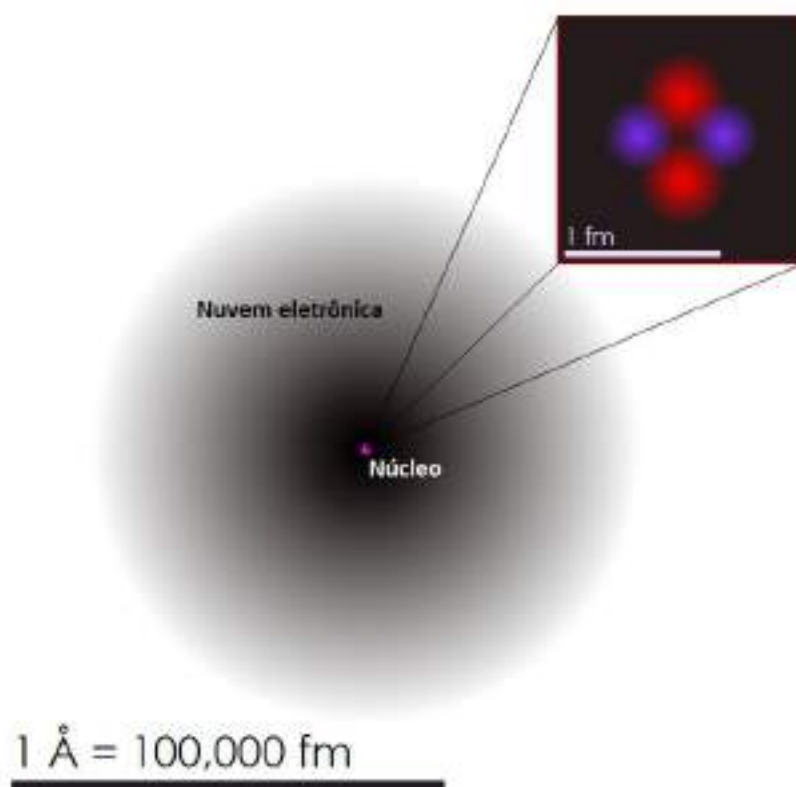


Figura 7 - Modelo mecânico-quântico - Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helium_atom_QM.svg

O vídeo 2, “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos” disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY> é uma produção audiovisual produzida pela PUC Rio em parceria com o Ministério da Educação, o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação esse vídeo faz uma viagem na história retratando os modelos atômicos aqui descritos.

2.6.2. Eletricidade

Eletricidade está relacionada a uma gama de fenômenos que acontece ao nosso redor, desde o acender uma lâmpada, ligar um computador ou dirigir um carro. O termo tem origem na palavra grega *elektrom* que significa âmbar, uma vez que ao se esfregar pedaços de âmbar com pele de carneiro que se obteve as primeiras observações sobre a eletricidade estática (ROCHA, 2002, p.190).

Sabe-se que a matéria é formada por átomos, os quais são constituídos por um pequeno núcleo central e por uma eletrosfera. No núcleo encontramos os prótons e os nêutrons e na eletrosfera ficam os elétrons.

Os prótons são partículas portadoras de carga elétrica positiva enquanto os nêutrons apresentam carga elétrica nula, já os elétrons possuem cargas negativas e são eles que podem migrar de um corpo a outro, quando em contato.

Benjamim Franklin (1706 – 1790) chamou os dois tipos de carga de positiva e negativa. Hoje nós sabemos que toda a matéria é feita de átomos, constituídas de elétrons, negativamente carregados, circulando em torno de um núcleo onde há prótons, positivamente carregados, e nêutrons, que não tem carga (GONICK E HUFFMAN, 1994, p.107).

O vídeo “Introdução à Carga Elétrica”, do grupo Me Salva! disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1bP8oEtgQkA>³ ilustra o conceito de cargas elétricas, que são representadas pelas letras Q ou q e que, no SI (Sistema Internacional), é medida em coulomb (C). A magnitude da carga do elétron (-) e do próton (+) são iguais em valor absoluto: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (carga elementar). Assim é possível deduzir que a quantidade de carga (Q) pode ser descrita por um múltiplo inteiro (n) da carga elementar (e):

$$Q = n \cdot e \quad (1)$$

No século XVIII o físico francês Charles Augustin Coulomb formulou a expressão matemática que ficou conhecida como Lei de Coulomb. A partir de uma balança de torção (Figura 8) inventada por ele, realizou experimentos para compreender a manifestação de partículas eletrizadas e definir suas cargas.

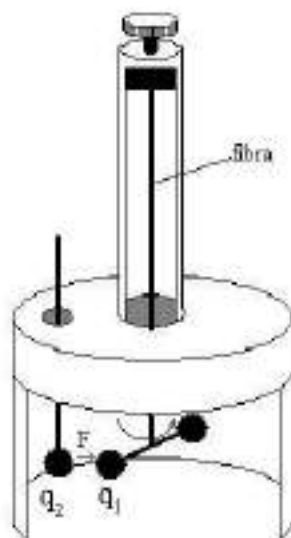


Figura 8 - Balança de Torção - Fonte: https://pt.wikibooks.org/wiki/Eletromagnetismo/Cargas_el%C3%A9tricas

³ <acesso em 12 de outubro de 2014>

A intensidade das forças de interação (F) entre dois polos materiais de cargas q_1 e q_2 é diretamente proporcional ao produto dessas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância (d) entre esses pontos, ou seja:

$$F = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad (2)$$

Onde:

F é a intensidade da força (de atração ou repulsão) entre as cargas, medida em newtons (N) no SI.

K é a constante eletrostática no vácuo (seu valor, em unidades do SI, é de $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$).

q_1 e q_2 representam as cargas elétricas, cujo valor é medido em coulomb (C).

d é a distância entre as cargas, em metros (m).

O vídeo “Lei de Coulomb” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bunZR7pW9m0>⁴, mostra como usar a lei de Coulomb para calcular a quantidade de carga em um corpo, além de apresentar exemplos nos quais a quantidade de carga pode ser determinada em função da diferença entre o número de prótons (portadores de carga positiva) e o número de elétrons (portadores de carga negativa) em um corpo.

Partículas eletrizadas criam uma região em torno de si que é perceptível quando se aproxima uma outra partícula eletrizada. Algo preenche inteiramente esse espaço entre as partículas, de modo que Faraday indicou se tratar de um campo de força (ROCHA, 2002, p. 259), pois há forças envolvidas nesse espaço. Em se tratando de eletricidade esse campo é denominado de elétrico ($\vec{E}$).

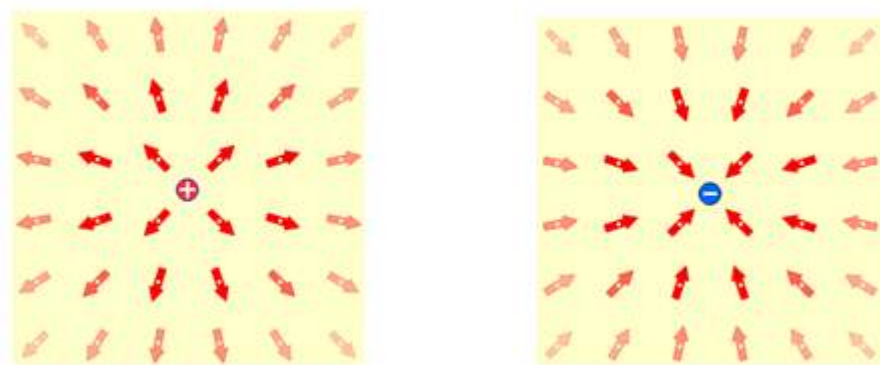


Figura 9 - Representação de Campos Elétricos

⁴ <acesso em 12 de outubro de 2014>

A simulação “Taxas e Campo” disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_pt_BR.html⁵ retrata bem o sentido das linhas de força, conforme representado na Figura 9. A simulação deixa claro que o sentido das linhas se modifica dependendo da escolha das cargas.

Experimentalmente verifica-se que cargas de mesmo tipo se repelem e de tipos diferentes se atraem.

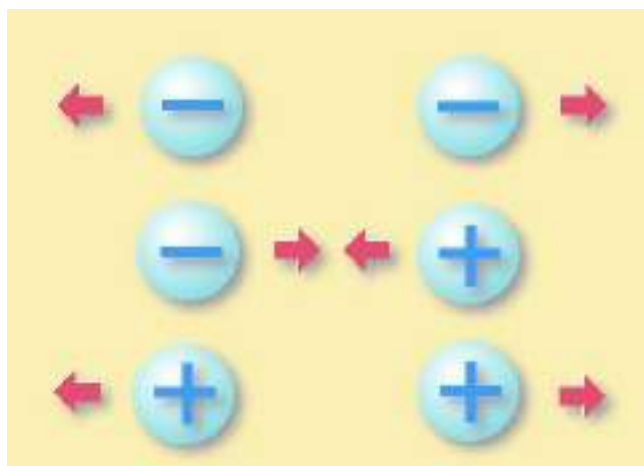


Figura 10 - Atração e repulsão em função do tipo de carga dos portadores (fonte: wikimedia commons)

Como campos elétricos causam forças sobre cargas, há uma energia atribuída à posição de cada carga no campo, ou seja, uma energia potencial elétrica (GONICK e HUFFMAN, 1994). Ao tentar aproximar duas partículas de cargas iguais, por exemplo, de modo a superar a repulsão entre elas, realiza-se um trabalho sobre a partícula, fornecendo-lhe energia. Esse trabalho, proporcional à força e à distância entre as cargas, faz com que a energia potencial da partícula aumente. Quanto mais carga a partícula possuir maior será sua energia potencial (HEWITT, 2002, p. 385).

Sendo o trabalho (W) diretamente proporcional à intensidade da força exercida (F) e ao valor do deslocamento da partícula na direção da força (d)⁶, pode-se sintetizar que:

$$W = F \cdot d \quad (3)$$

A carga sob a qual havia sido realizado o trabalho é denominada carga de teste. A lei de Coulomb pode ser então reinterpretada como a força a que uma carga teste q fica sujeita quando colocada numa dada posição no interior de um campo elétrico E (que equivale aos termos entre parênteses na equação a seguir):

⁵ <acesso em 13 de outubro de 2014>

⁶ Situações envolvendo forças de intensidade variável e/ou deslocamentos não paralelos à força, envolvem outras considerações que podem ser pesquisadas pelo leitor.

$$F = q \cdot \left(K \cdot \frac{Q}{d^2} \right) \quad (4)$$

Ou seja:

$$F = q \cdot E \quad (5)$$

Um análogo⁷ à força gravitacional sobre uma massa que se encontra sob a influência de um campo gravitacional.

É possível abstrair a carga de teste e considerar a energia potencial estritamente à posição no campo elétrico que ela ocupava. Dessa forma, define-se uma grandeza que corresponde à quantidade de energia por unidade de carga elétrica no interior do campo, ou seja, o potencial elétrico (GONICK e HUFFMAN, 1994):

$$\text{Potencial (V)} = \frac{\text{Energia potencial (W)}}{\text{carga (q)}} \quad (6)$$

As medidas dessa grandeza se expressam em volts (V).⁸ Como é possível perceber, trata-se de unidades de energia (joules – J) por quantidade de carga elétrica (coulomb – C), ou seja: $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb}$.

O campo elétrico e o potencial possuem, portanto, uma estreita relação. O campo elétrico, entendido originalmente como a ação da força sobre cada carga ($E = F/q$), pode ser expresso em termos do potencial e da posição:

$$V = \frac{W}{q} = \frac{F \cdot d}{q} = \frac{(q \cdot E) \cdot d}{q} = E \cdot d \quad (7)$$

Ou seja:

$$\text{Campo elétrico (E)} = \frac{\text{Potencial (V)}}{\text{Distância (d)}} \quad (8)$$

Se há diferença de potencial numa região, ou seja, um campo elétrico, as cargas sofrem a ação de uma força elétrica numa dada direção, o que significa que as partículas portadoras de carga se deslocarão, majoritariamente, ao longo dessa orientação. Esse fluxo ou movimento de cargas recebe o nome de corrente elétrica. Essa grandeza é medida em ampères (A), e 1 A corresponde ao fluxo de $6,25 \times 10^{18}$ elétrons por segundo, ou seja, 1 coulomb por segundo. (HEWITT, 2002, p. 403).

⁷ $F_g = m \cdot g$, a expressão costumeiramente apresentada aos alunos como representante da força *peso*, assemelha-se, em linhas gerais, à força imposta por um campo elétrico em uma carga q . As semelhanças e diferenças entre essas interações podem ser investigadas pelo professor e seus alunos.

⁸ A grandeza potencial elétrico (V) e sua unidade de medida, o volt (V), são, geralmente, representadas pela mesma letra, o “vê” maiúsculo. Não é raro, portanto, que os alunos se confundam.

A intensidade da corrente elétrica (I) é, portanto, diretamente proporcional ao campo elétrico (E) que, por sua vez, surge quando há diferença de potencial entre dois pontos (V_{ab}). Em síntese⁹:

$$I \propto V_{ab} \quad (9)$$

A corrente elétrica pode ser contínua (cc) ou alternada (ca), dependendo da fonte que a origina. Contínua é a corrente que tem seu fluxo em um único sentido, por exemplo, o fluxo de carga que sai de uma pilha, onde os elétrons migram do polo negativo para o positivo, mantendo sempre o mesmo sentido. Alternada é a corrente na qual os elétrons oscilam, mudando repetidamente o sentido de seu movimento, por exemplo, a energia elétrica que chega às residências e tem como fonte grandes geradores acoplados a turbinas movidas a água é desse tipo. Conforme Hewitt (2002), essa corrente alterna de um lado para outro com uma frequência de 60 ciclos por segundo (ou seja: 60 hertz), a Figura 11 mostra como varia a intensidade da corrente elétrica alternada em função do tempo.

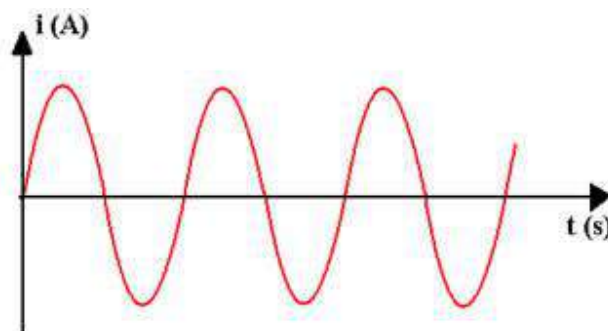


Figura 11 - Ciclo senoidal (Corrente alternada) - Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/corrente-alternada.htm>.

Sobre a corrente alternada, Hewitt (2002), apresenta uma consideração que é útil para desfazer possíveis confusões:

Quando você liga uma lâmpada a uma tomada, é a energia que flui da tomada para a lâmpada, e não os elétrons. A energia é transportada pelo campo elétrico pulsante e produz o movimento oscilatório dos elétrons que já estavam presentes no filamento da lâmpada. Se 120 volts são aplicados à lâmpada, então, em média, 120 joules de energia são dissipados por cada coulomb de carga que é forçado a oscilar. As empresas de energia elétrica não vendem elétrons. Elas vendem energia. Você é que fornece os elétrons. (HEWITT, 2002, p. 399).

A energia que acende a lâmpada é convertida em uma outra forma de energia (no exemplo citado, luz). A taxa ou quantidade de energia por unidade de tempo necessária para esse processo de conversão é chamado de potência elétrica. Essa grandeza indica o consumo

⁹ Essa proporcionalidade é o passo inicial para o entendimento da Lei de Ohm.

de energia elétrica do aparelho em cada unidade de tempo de seu funcionamento. Por exemplo, se uma lâmpada tem potência de 100 watts, significa que em cada segundo de funcionamento ela “consome” (ou transforma) 100 joules de energia elétrica.

O vídeo de animação francês “Viagem na Eletricidade” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VfuoAHOe7j0>¹⁰ faz uma abordagem sobre a corrente elétrica, como ela ocorre e o que acontece no interior de um fio condutor quando esse está energizado. Faz, também abordagens sobre cc e ca, como se dá a geração dessas correntes e o consumo das mesmas.

2.6.3. O gerador

A era científica dos ímãs e magnetismo começou no ano 1600, quando Willian Gilbert publicou seu principal trabalho *De Magnete*, onde identificava a Terra como um ímã gigante. Por dois séculos os estudos sobre magnetismo não evoluíram muito. No ano de 1819, na Dinamarca, ocorreria um novo avanço: o físico Hans Christian Oersted percebeu em um experimento que a eletricidade poderia gerar magnetismo. Em seu experimento, colocou um fio condutor ligado a uma pilha, em paralelo à agulha da bússola. Observou que a agulha ficou em um ângulo quase reto com o fio, invertendo a direção da corrente a agulha era desviada em direção contrária (HANSTEEN in ROCHA, 2002, p 248).

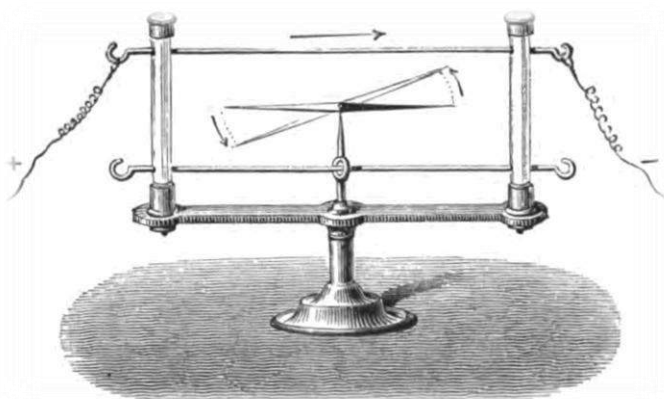


Figura 12 - Representação da experiência de Oersted - Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Oersted_experiment.png.

Mais tarde, em 1831, Michael Faraday provou o oposto, demonstrando que um campo magnético variável pode induzir uma corrente elétrica (Figura 12), neste experimento foi observado que ao introduzir um ímã na bobina, uma corrente seria induzida nesse circuito

¹⁰ <acesso em 14 de outubro de 2014>

e quando retirasse, também. Ou seja, a presença do ímã próximo a bobina gerava uma voltagem induzida e consequentemente uma corrente elétrica (HEWITT, 2002, p. 424)

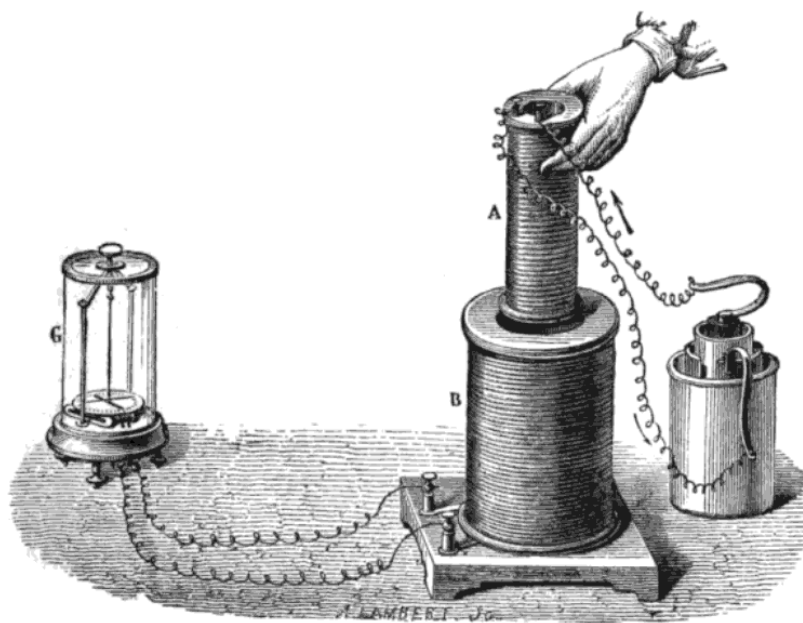


Figura 13 - Representação do experimento de Faraday. Uma bateria (à direita) fornece uma corrente que atravessa um pequeno rolo de arame com núcleo de ferro (A), criando um eletroímã. Quando a bobina pequena é movida para dentro ou para fora da grande bobina (B), uma corrente é detectada pelo galvanômetro (L). Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Induction_experiment.png.

A simulação “Lei de Faraday”, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_en.html¹¹, ajuda a ilustrar o que acontece quando se move um ímã através de uma bobina em diferentes velocidades. Também é possível comparar os resultados usando bobinas de tamanhos diferentes.

¹¹ <Acesso em 20 de setembro de 2014>.

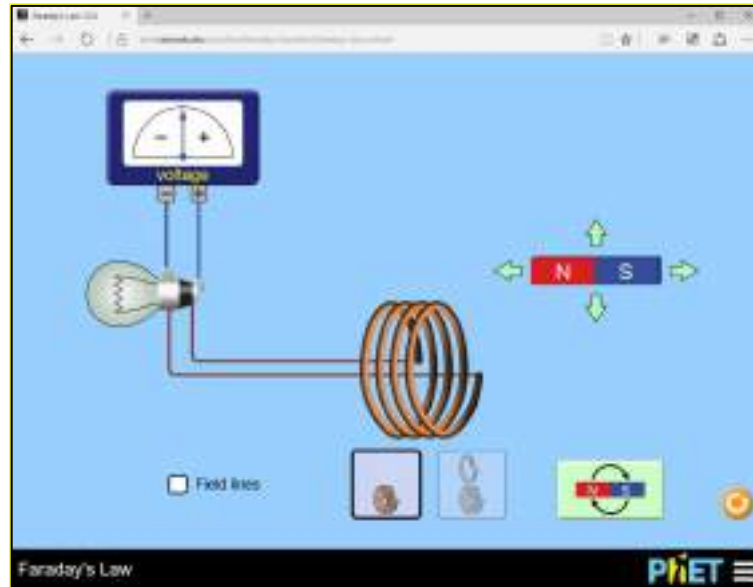


Figura 14 - Simulação interativa que ilustra o fenômeno da indução a partir do movimento relativo entre ímã e espira. Fonte: PHET / University of Colorado.

A descoberta da indução eletromagnética possibilitou construir máquinas elétricas geradoras de corrente (ROCHA, 2002). Essa ligação entre magnetismo e eletricidade, deu um grande passo para a criação do primeiro gerador elétrico de corrente contínua, que surgiria em 1886.

Ao contrário do que seu nome sugere o gerador não cria energia, ele converte energia mecânica (energia transferida por uma força) em energia elétrica. Essa energia mecânica pode ser originada de várias formas, como por exemplo, de uma queda d'água, do vento ou pela queima de combustível.

Então o gerador é uma máquina que funciona obedecendo à indução eletromagnética. É composto essencialmente por duas partes: indutor e o induzido. Na Figura 15 temos um esquema de gerador conhecido como alternador. Nessa montagem o induzido recebe o nome de estator (por ser uma parte estática, imóvel) e o indutor é conhecido como rotor (pois executará movimentos de rotação). Percebe-se também que o induzido/estator compõe-se, basicamente, de um suporte para espiras metálicas (na qual será induzida uma corrente elétrica), enquanto que o indutor/rotor é um eixo móvel sob o qual se assenta um ou mais magnetos (no modelo ilustrado, tem-se quatro polos magnéticos alternados, portanto).

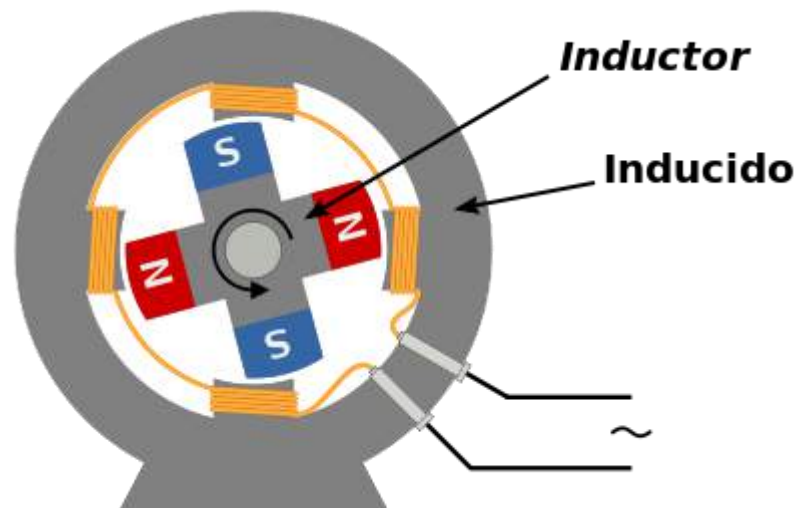


Figura 15 - Esquema de um alternador - Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alternador.svg>

Ao girar o indutor, é criado um campo magnético que induz uma corrente nas bobinas. A corrente, ou seja, o movimento ordenado dos portadores de carga nas espiras, varia à medida que os polos magnéticos se alternam com a rotação, variando assim, o sentido da corrente, para um lado ou para o outro. (ORREGO, 2007).

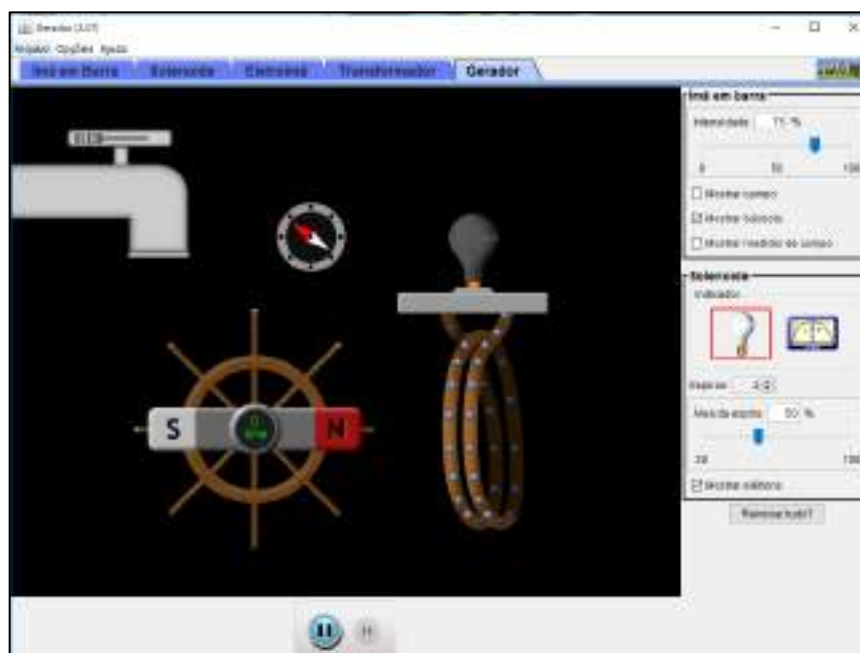


Figura 16 - simulação interativa que ilustra o fenômeno da indução a partir do movimento relativo entre ímã e espira. Fonte: PHET / University of Colorado.

A simulação “Gerador” (Figura 16), disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator¹², ilustra como se dá a geração de energia elétrica com base no movimento de um ímã por um agente externo, de forma semelhante ao que ocorre em usinas

¹² <Acesso em 20 de setembro de 2014>.

hidrelétricas. Essa é uma das possibilidades de contextualizar o estudo da lei de Faraday, visualizando o campo magnético variante e o fenômeno da indução. Sobre isso, Hewitt (2002), esclarece que:

Em geral, um campo elétrico é criado em qualquer região do espaço onde um campo magnético esteja variando com o tempo. A intensidade do campo elétrico induzido é proporcional à taxa na qual o campo magnético varia. E sua direção forma um ângulo reto com a direção do campo magnético. (HEWITT, 2002, p. 432).

Hewitt (2002), em sua interpretação da lei de Faraday, expõe que: “a voltagem induzida numa bobina é proporcional ao número de espiras e à taxa com a qual o campo magnético varia no interior dessas espiras”, de forma sintética:

$$\text{Voltagem induzida} \propto \text{número de espiras} \cdot \frac{\text{variação do campo magnético}}{\text{variação temporal}} \quad (10)$$

Uma das formas de se “enxergar” o campo magnético de um ímã consiste em um experimento simples: com uma folha de papel colocada e um pouco de limalha de ferro é possível obter uma representação semelhante à Figura 17, abaixo:

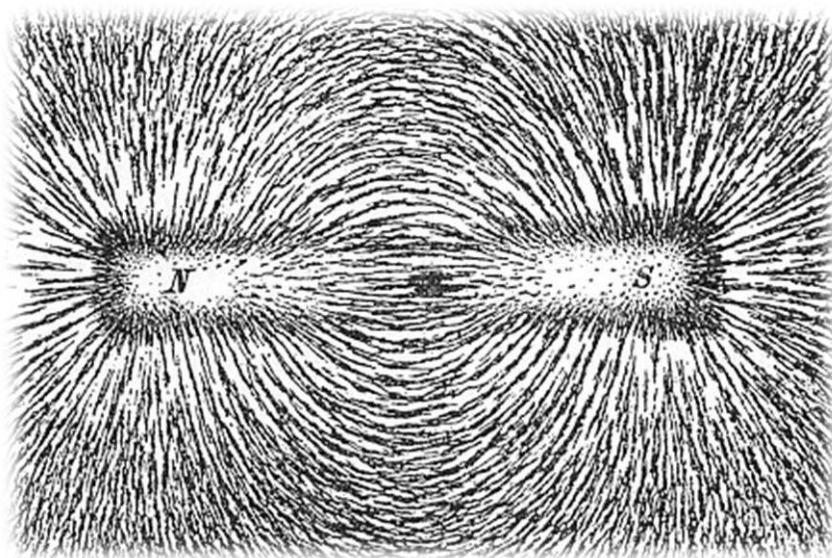


Figura 17 - Campo magnético de um ímã em forma de barra que foi coberto por uma folha de papel. Ao polvilhar limalha de ferro sobre o papel, os fragmentos se alinham sob a influência do referido campo. Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnet0873.png>

A representação do campo magnético por um conjunto de linhas permite que se contabilize, por exemplo, a intensidade do campo em torno do ímã: regiões onde a densidade de linhas é maior, indicariam um valor maior para o campo. Esse entendimento permite que se analise o campo pela perspectiva da grandeza denominada fluxo magnético (Φ), que pode ser

representado como sendo um conjunto de vetores (campo magnético $\vec{B}$) que atravessam uma superfície plana (uma área, A), tal como se tem na Figura 18 (GASPAR, 2006).

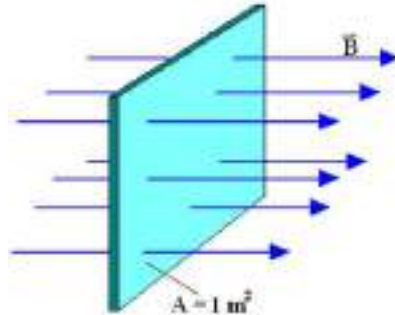


Figura 18 - Linhas de campo magnético atravessando uma superfície plana - Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/fluxo-magnetico.htm>

Quanto maior for o número de linhas maior será o valor do fluxo magnético. Nesse caso é possível perceber que o fluxo magnético (Φ) é diretamente proporcional ao campo magnético ($\vec{B}$) e à área da superfície plana (A). A equação matemática que relaciona essas variáveis e permite calcular o fluxo magnético é dada por:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta \quad (11)$$

O ângulo (θ) entre o vetor resultante do campo magnético ($\vec{B}$) e a perpendicular à superfície (A) precisa ser considerado (figuras

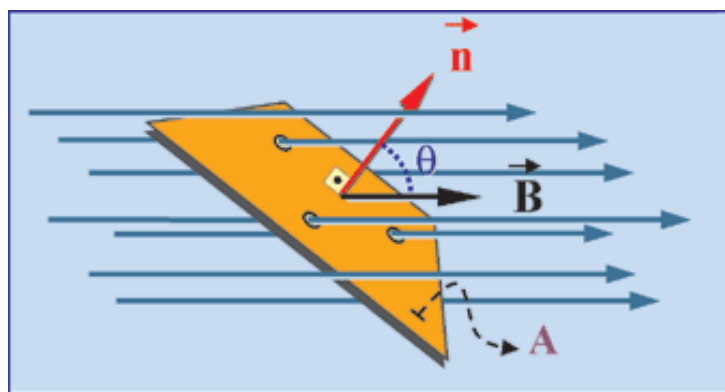


Figura 19 - Conceito de fluxo magnético - Fonte: <http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9733.htm>

A variação desse ângulo pode determinar a quantidade de linhas que atravessará a área e, portanto, influencia diretamente na intensidade do fluxo magnético (Φ). Quando o ângulo for 90° , nenhuma linha atravessará o plano, conforme Figura 20 (a), então o fluxo é

nulo (uma vez que $\cos 90^\circ = 0$). Quando o ângulo for igual a 0° (Figura 20 (b)), o fluxo será máximo, pois pelo plano estará passando o maior número possível de linhas ($\cos 0^\circ = 1$). E quanto mais linhas estiverem atravessando, maior será o fluxo e, conseqüentemente, maior será a voltagem induzida.

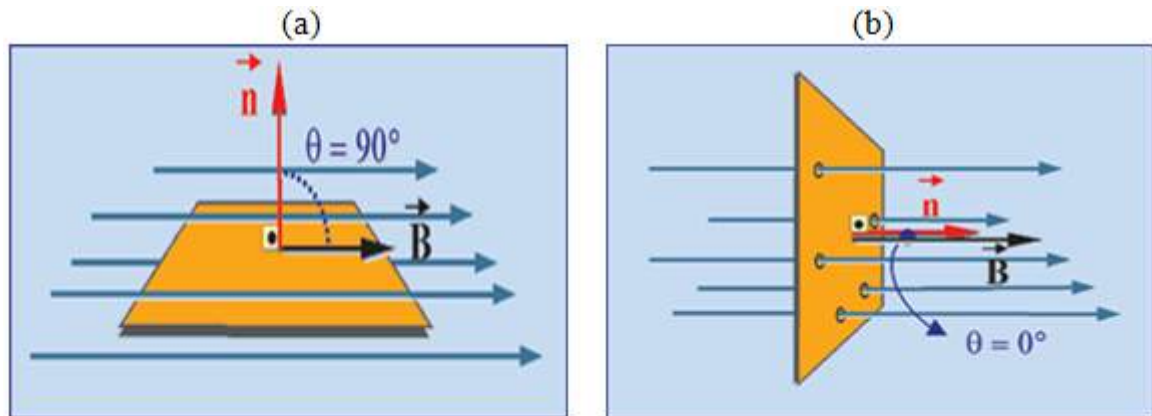


Figura 20 (a) e (b) - Conceito de fluxo magnético. Fonte: <http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9734.htm>

A variação de fluxo magnético acarreta uma corrente elétrica induzida que segundo Gaspar (2006, p. 512), remete à Lei de Faraday, onde “a força eletromotriz¹³ (ε) induzida em uma espira¹⁴ é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético ($\Delta\Phi_B$) que a atravessa, e é inversamente proporcional ao intervalo de tempo (Δt) em que essa variação ocorre”. Isso sintetiza-se pela equação:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad (12)$$

O sinal negativo que aparece na equação foi uma contribuição feita em 1834 pelo físico e químico Heinrich Lenz, que percebeu que “uma corrente induzida flui sempre na direção que promova oposição à mudança que a produziu” (GONICK E HUFFMAN, 1994, p. 168).

Graças a essa oposição, há uma manutenção do sistema, uma conservação da energia, sendo necessário algum trabalho para provocar uma variação no fluxo e, conseqüentemente, induzir corrente.

¹³ Faraday cunhou esse termo (*fem*) para se referir à voltagem induzida (que é uma diferença de potencial, na verdade).

¹⁴ Quando se tem mais de uma espira, multiplica pela quantidade de espiras (n).

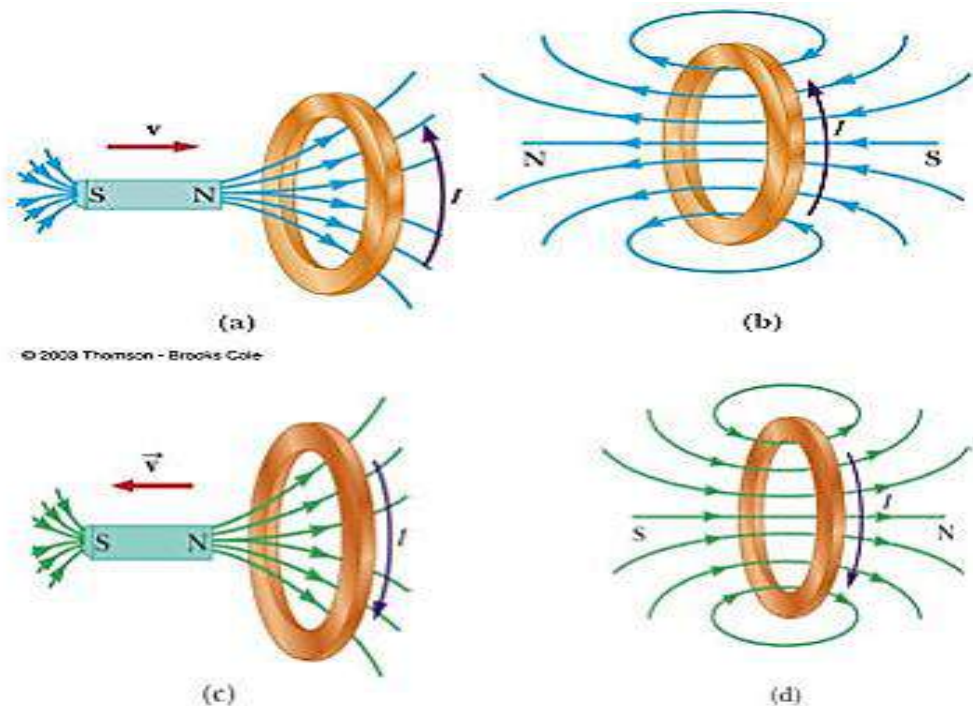


Figura 21 - Ilustração da Lei de Lenz - Fonte:
http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/12613/05_teorias_frame.htm

Como ilustrado na Figura 21, quando o fluxo do campo magnético está aumentando (pela aproximação do ímã - Figura 21a), a corrente na espira tem um sentido tal que gera um campo magnético oposto ao do ímã (Figura 21b) e, quando o fluxo do campo magnético está diminuindo (ao afastar o ímã - Figura 21c), a espira apresenta uma corrente no sentido oposto, gerando um campo ($\vec{B}$) que, desta vez, tenta impedir o afastamento do ímã (Figura 21d). Isso justifica o sinal negativo na lei de Lenz, onde a *fem* ($\mathcal{E}$) se opõe à variação do fluxo do campo magnético ($\Delta\Phi_B$). A lei de Lenz pode ser melhor ilustrada no vídeo produzido pela Eureka.in e disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrp>¹⁵.

O Vídeo “Lei de Lenz”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrp>¹⁶, ilustra didaticamente a interação entre os campos magnéticos do ímã e aquele gerado pela corrente induzida, ficando clara a “briga” entre ambos.

¹⁵<Acesso em 11 de outubro de 2014>

¹⁶<Acesso em 20 de setembro de 2014>.



Figura 22 – Cena de vídeo disponível no serviço YouTube onde a lei de Lenz é explicada. Surge uma força de repulsão entre o polo do ímã que se aproxima e a face da bobina, exatamente como se polos iguais de dois ímãs fossem obrigados a se aproximar.

De acordo com Cherman (2004), a maior contribuição de Faraday foi justamente o conceito de campo. Faraday, como autodidata, sempre buscava interpretar os fenômenos de um ponto de vista mais físico do que matemático. Essa compreensão conceitual, quando compartilhada, é inspiradora.

O conceito de campo foi extremamente feliz, permitindo, entre outras coisas, a melhor aceitação da ideia de “ação a distância”, que ainda desagradava a muitos¹⁷. Assim, compreendia-se que os corpos agiam sobre outros corpos tanto por contato quanto pela interação dos campos por eles produzidos (CHERMAN, 2004)

Na década de 1860 o físico escocês James Clerk Maxwell, inspirado também pelos estudos de Faraday, propôs um conjunto de equações que constituem a maior síntese até então para os fenômenos elétricos e magnéticos, consolidando de vez o eletromagnetismo.

Maxwell tinha muita intimidade com o cálculo e também com os novos conceitos da eletricidade e do magnetismo. Reunindo seu conhecimento, teve a habilidade necessária para compilar os trabalhos da época e interligá-los num conjunto de quatro equações que ficaram conhecidas como equações de Maxwell. (...) As quatro equações relacionam o campo elétrico ($\vec{E}$) e o campo magnético ($\vec{B}$), juntamente com suas variações no espaço (representadas pelo operador diferencial nabla, $\vec{\nabla}$) e no tempo ($\frac{\partial}{\partial t}$) (CHERMAN, 2004).

¹⁷ Newton, ao introduzir, no século XVII, a ideia de ação a distância por meio de sua lei da Gravitação Universal, recebeu várias críticas, mesmo no meio acadêmico, por sugerir que corpos pudessem aplicar forças sobre outros corpos sem nenhum contato. O conceito posterior de campo foi fundamental para a aceitação de interações desse tipo (DA SILVA & KRAPAS, 2007).

Pela interpretação de Maxwell para a lei de Faraday, “há linhas de campo elétricas **circulando** em torno de campos magnéticos variáveis, ou seja, a variação do campo magnético induz campo elétrico” (GONICK & HUFFMAN, 1994).

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (13)$$

Formalmente, essa equação pode ser lida assim: “o rotacional ($\vec{\nabla} \times$) do campo elétrico ($\vec{E}$) é igual à derivada parcial¹⁸ em relação ao tempo ($\frac{\partial}{\partial t}$) do campo elétrico ($\vec{B}$), mas com o sinal trocado (-)” (GONICK & HUFFMAN, 1994). Basta imaginar que em torno das linhas do campo magnético que, por alguém motivo, varia com o passar do tempo, surgem linhas de campo elétrico (Figura 23). A variação de um (campo), gera um outro (campo), que circunda (rotaciona) o primeiro.

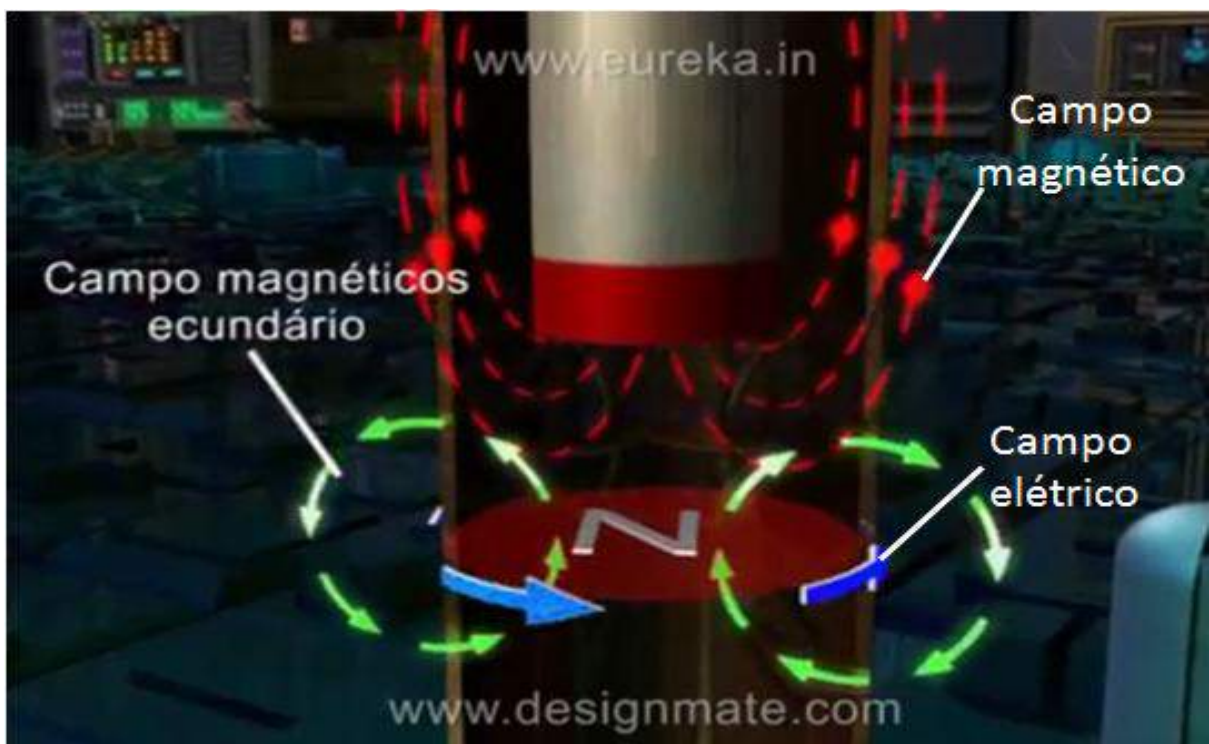


Figura 23 - Cena de vídeo “Lei de Lenz” disponível no serviço YouTube onde vê se linhas de campos produzidos por meio de um ímã em movimento no interior de um tubo de metal o qual produz campo magnético que induz campo elétrico.

¹⁸ Uma variação muito pequena de uma grandeza, considerando apenas uma das variáveis que a influencia.

3. ESTUDO DO CONTEXTO DOS DESTINATÁRIOS E ELABORAÇÃO DO PRODUTO

3.1. Mini usinas em Juara: a física do gerador aplicada

Localizado a 100 km da sede do município de Juara-MT¹⁹, o assentamento Banco da Terra (Figura 24), conhecido também por Projeto Matrinxã, foi pensado para fortalecer a agricultura familiar no município, implantado pelo governo federal e incentivado pelo governo municipal de acordo com a Lei Complementar nº 93, de 04 de fevereiro de 1998 a qual institui o Fundo de Terras e da Reforma Agrária – Banco da Terra - previa assentar, ou facilitar a aquisição de terras a pequenos proprietários, num total de 194 famílias. No município de Juara o projeto teve início no ano de 2000 e por diversos fatores (falta de acesso a alguns lotes, condições das estradas, falta de moradia, entre outros), o projeto de assentamento não foi bem sucedido, permanecendo no local em torno de 20 famílias.

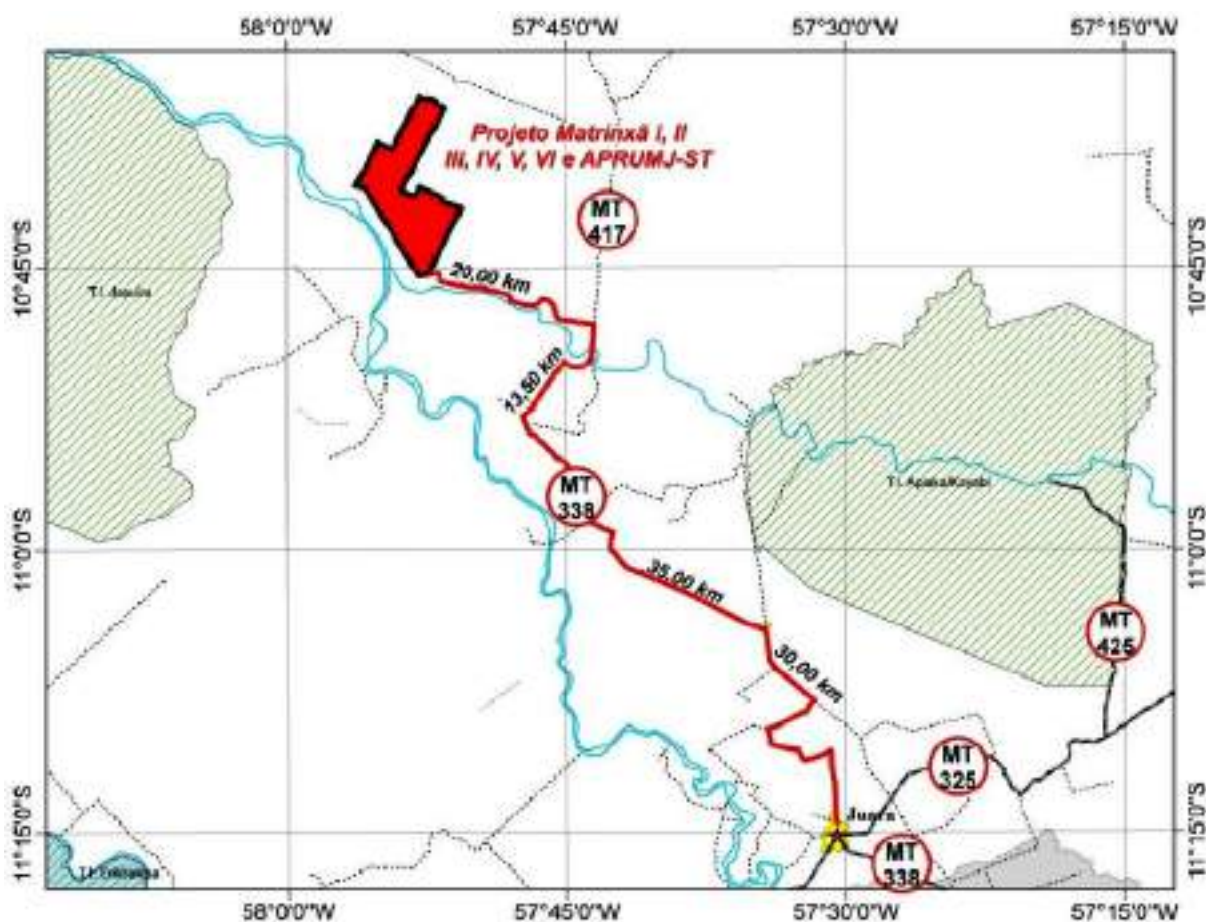


Figura 24 - Mapa do Assentamento (cortesia Projetar Engenharia).

¹⁹ O município de Juara está localizado na região noroeste do estado de Mato Grosso a 690 km da capital Cuiabá.

Algumas das famílias remanescentes buscaram meios de melhorar a sua qualidade de vida. Como ainda não são atendidas pelo programa federal Luz Para Todos²⁰, alguns adquiriram geradores, como os da Figura 25, para aproveitar a água de uma cachoeira próxima (um recurso comum no assentamento) no intuito de obter energia elétrica para suas residências.



Figura 25 - Geradores movidos à água

Os geradores foram adquiridos na cidade de Juara/MT com valor aproximado de R\$ 3.000,00 (três mil reais). Com 5 kVA de potência, fornecem energia suficiente para uma residência, sendo possível ter em casa um freezer, geladeira, televisão e lâmpadas.

O funcionamento desses geradores exige energia mecânica, nesse caso fornecida pela água em movimento. Esses geradores ou mini usinas são compostos por uma armação de ferro ou madeira e no interior possuem um eixo com palhetas no qual a água, conduzida por meio de canos de PVC (de 100 mm ou 75 mm), provoca rotação. Na extremidade do eixo há uma polia que, por meio de uma correia, transfere a energia cinética de rotação para o eixo do gerador, fazendo com que o rotor do gerador gire em alta velocidade no interior do estator. Quanto maior a pressão que a água exerce, maior é a corrente induzida.

Ao sair dos geradores, a eletricidade é transportada por meios de cabos aéreos (fios condutores de cobre ou alumínio), revestidos por camadas isolantes e fixados em postes de madeira (Figura 26). Uma dessas redes de transmissão tem comprimento de até 800 m e é bastante rústica.

²⁰ Em novembro de 2003 foi lançado, por meio do Decreto 4.873, o Programa Luz para Todos com o desafio de acabar com a exclusão elétrica no país. Sua meta era a de levar o acesso à energia elétrica, gratuitamente, para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural. O Programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, operacionalizado pela Eletrobrás e executado pelas concessionárias de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural em parceria com os governos estaduais. Fonte: http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp, acesso em 12/11/2014.



Figura 26 - Rede de transmissão

A composição desses geradores, essas máquinas que transformam a energia mecânica em energia elétrica, é relativamente simples. Há um estator (Figura 27) constituído por material ferromagnético e que forma a parte estática do gerador, que por sua vez é composto por todo o conjunto de elementos fixados à carcaça da máquina. Além da própria carcaça (que serve de suporte ao rotor e aos polos magnéticos), tem-se as bobinas que, em conjunto com o rotor (Figura 28), são as responsáveis por induzir a corrente elétrica no dispositivo.



Figura 27 – Vista interna do dispositivo gerador. O estator, ou seja, a parte imóvel é mostrada em destaque

O rotor é a parte que gira através de um eixo que recebe a energia mecânica captada pela água. Ele é formado por um conjunto de elementos fixados em torno de um eixo que gira no interior do estator. Os elementos que compõem o rotor são, basicamente, o eixo, que além de receber a energia mecânica serve de suporte para 04 (quatro) ímãs que são dispostos com alternados (como mostrado na Figura 29). Nas extremidades do eixo se encontram 02 (dois) rolamentos que são fixados numa espécie de tampa que fica no estator.



Figura 28 - Rotor

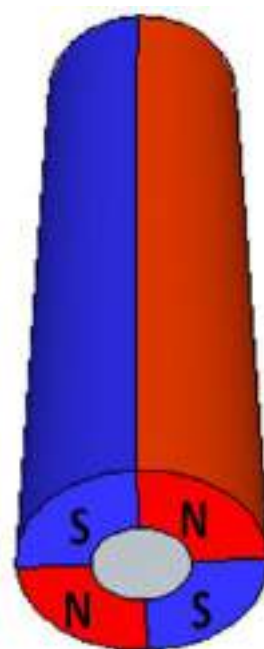


Figura 29 - Esquema da disposição dos ímãs no eixo rotor

Ao girar o rotor com os ímãs “o campo magnético varia no espaço ao redor dele. Essa variação gera um campo elétrico que produz uma corrente elétrica induzida no enrolamento do estator” (GREF, 1998, p. 83). Nesse mesmo sentido Matsuda esclarece que:

Quando um ímã se movimenta dentro de uma bobina, uma corrente surge nessa bobina e gera um campo magnético que se opõe às variações do campo magnético indutor. Se a direção do movimento do ímã muda, a direção da corrente no fio também muda. Esse fenômeno é chamado de indução eletromagnética e a diferença de potencial, que origina a corrente gerada durante esse processo, é chamada de força eletromotriz induzida. A corrente gerada, por sua vez, é chamada de corrente induzida. (MATSUDA, 2009, p. 111).

Esse fenômeno é ilustrado pela simulação disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator²¹. Quando aumenta a vazão da água e, conseqüentemente, a pressão exercida nas palhetas, o ímã (rotor) gira com maior velocidade, aumentando a corrente. Aumentando a vazão, aumenta-se a velocidade angular e, conseqüentemente, a tensão é maior. Também é possível notar que o aumento das espiras, tanto em número como em tamanho, influencia diretamente na tensão, produzindo uma corrente maior.

Se um ímã for subitamente empurrado para dentro de uma bobina com duas vezes mais espiras do que outra, então uma voltagem duas vezes maior será induzida na bobina com mais espiras. Se o ímã for empurrado para dentro de uma bobina com três vezes mais espiras, então uma voltagem três vezes maior aparece induzida nela. (HEWITT, 2002, p. 425).

Se o ímã for deixado próximo a uma bobina não ocorrerá a corrente (não haverá força eletromotriz). É necessário que haja movimento, do ímã ou da bobina. Tal situação pode ser observada na simulação sobre a Lei de Faraday, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_pt_BR.html²². Nesta simulação é possível observar que a mudança na velocidade com que se empurra o ímã, a inversão de suas polaridades e o tamanho da bobina afetam o brilho da lâmpada, a magnitude e o sinal da tensão (força eletromotriz).

²¹ <acesso em 10 de outubro de 2014>

²² <acesso em 10 de outubro de 2014>

3.2. O Protótipo de gerador didático

3.2.1. Materiais necessários

Para construção do gerador foram selecionados, basicamente, materiais de baixo custo ou sucata. Os componentes utilizados foram:

- 01 - Motor de ventilador;
- 01 - Cilindro de madeira com diâmetro de 3,5 cm e comprimento de aproximadamente 3,5 cm;
- 04 - Ímãs de neodímio (1,0 cm x 1,0 cm x 2,5 cm).
- 01 - Fita isolante;
- 01 - Chave tipo Philips;
- 01 – Multímetro;
- 01 – Lâmpada conectada em soquete com fio de aproximadamente 1,0 m.



Figura 30 - Materiais para construção e teste do gerador

Boa parte dos materiais pode ser encontrada em sucatas, tornando a construção do gerador de baixo custo. O motor, por exemplo, pode ser de um ventilador que não funcione mais, que seria descartado para o lixo, ou seja, praticamente sem custo. Desse motor aproveita-se a carcaça, o estator e o eixo.

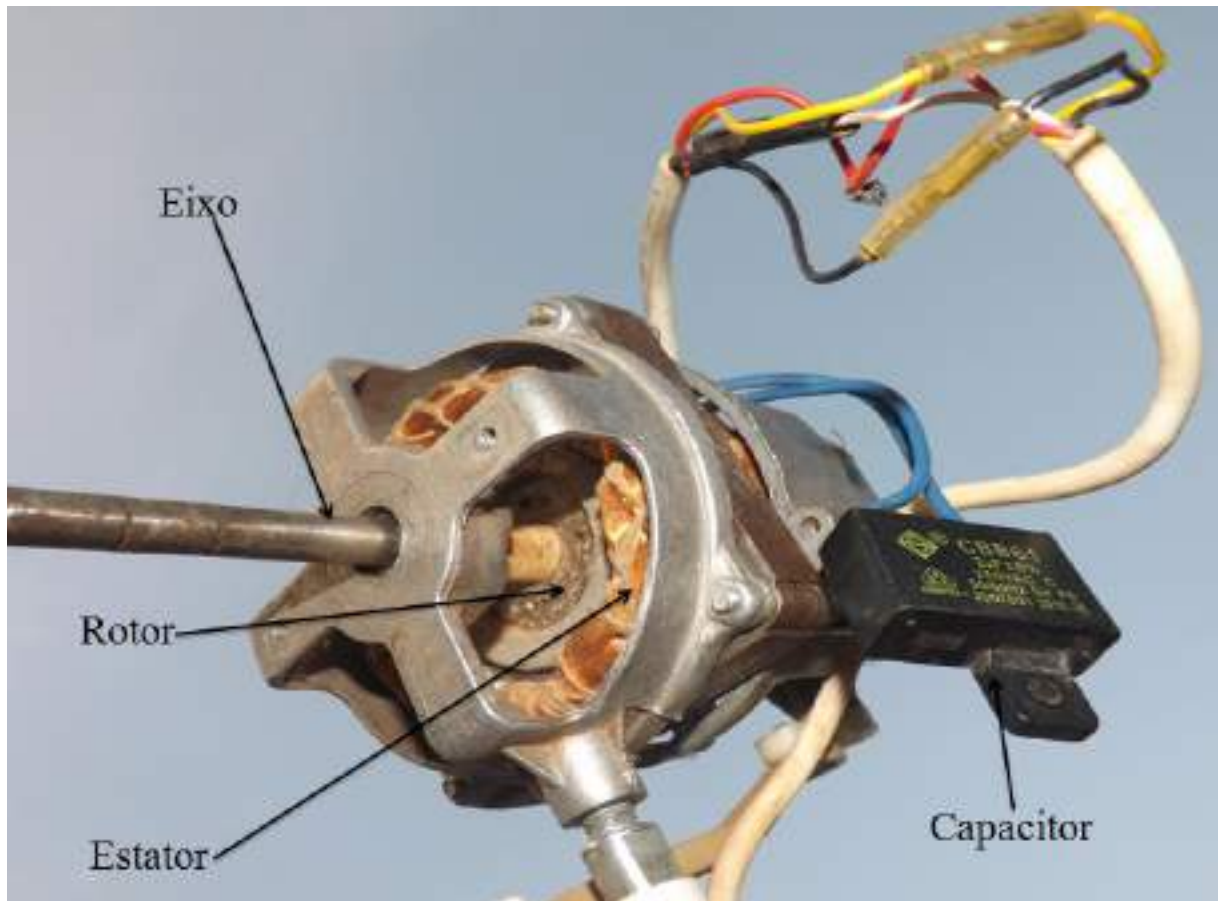


Figura 31 - Partes do motor de ventilador

Ao fazer uso de um antigo motor de ventilador para a construção do gerador didático, inverte-se a lógica de funcionamento do dispositivo. O motor convertia energia elétrica em mecânica, o gerador se propõe a fazer o contrário.

O eixo do ventilador, sob o qual é montado o rotor, abrigava um sofisticado eletroímã induzido: basicamente um sistema composto por uma bobina interna ao estator (uma bobina fixa), que fazia, por sua vez, o papel de indutor. No gerador didático, o estator (parte fixa) é quem receberá a corrente induzida, assim sendo, o rotor precisa tornar-se um indutor (o que será feito com ímãs permanentes).

O rotor original (Figura 32) será, então, descartado e substituído por outro (que será construído na montagem), aproveitando-se apenas o eixo. Pode-se descartar (se quiser) o

capacitor que tem a função de dar o torque inicial para que o ventilador funcione e mantenha a velocidade, pois, no gerador didático não há essa necessidade.



Figura 32 - Rotor original

Nesta montagem utilizou-se um cilindro de madeira (para acomodar os ímãs e mantê-los fixos ao eixo). Esse pedaço de madeira que pode ser encontrado sem nenhum custo em marcenarias ou pode-se utilizar o cabo de uma ferramenta sem uso (enxada, enxadão, cavadeira...). Nesse pedaço cilíndrico, devem ser feitos quatro fendas para posicionar os ímãs. Essas fendas podem ser feitas com o auxílio de uma furadeira e um formão. No centro deve haver um orifício por onde passará o eixo. É fundamental que o diâmetro do orifício seja compatível com o diâmetro do eixo para que este fique bem justo.



Figura 33 - Madeira que servirá de suporte aos ímãs do rotor

Os ímãs de neodímio²³ apresentam campos magnéticos muito intensos (CATELLI, 1999). São facilmente comprados pela internet (por exemplo: www.mercadolivre.com.br), pelo valor aproximado de R\$ 13,00 a peça²⁴.

²³ Os ímãs de neodímio (feitos a partir de uma combinação de neodímio, ferro e boro — $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) são os mais poderosos ímãs permanentes feitos pelo homem. Para comparar ímãs permanentes utilizam-se algumas propriedades como a remanescência (B_r), que mede a intensidade do seu campo magnético; a coercividade (H_{ci}), que indica a resistência do material a ser desmagnetizado; o produto energético ($BH_{\text{máx}}$), que representa a densidade da energia magnética e a temperatura de Curie (T_C), que é a temperatura a qual um material deixa de se comportar como ímã. Dentre os materiais utilizados para a fabricação de ímãs permanentes, o neodímio possui a maior remanescência e sua coercividade e produto energético são muito altos. Em contrapartida, apresentam uma temperatura de Curie muito mais baixa que outros tipos de ímãs. Fonte: https://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_de_neodimio#cite_note-Wisegeek-3, <Acesso 24 de outubro de 2015>.



Figura 34 - Ímãs de Neodímio

3.2.2. A montagem

De posse desses materiais, o primeiro passo é desmontar o motor de ventilador. Com o uso de uma chave tipo Philips retira-se os quatros parafusos que prendem o estator na carcaça.



Figura 35 - Partes do motor de ventilador

Desmontado, deve-se descartar o antigo rotor. Com o auxilio de um martelo é possível desprender o rotor do eixo com algumas pancadas leves, deixando o eixo livre. Com o eixo livre, inserir o mesmo no orifício que se encontra no centro do cilindro de madeira, posicionando-o na metade do eixo (Figura 36).



Figura 36 - Esquema de montagem do rotor

²⁴ Valores consultados em 24 de outubro de 2015.

Com o pedaço de madeira na posição indicada, colocam-se os ímãs intercalando-se os polos norte/sul, conforme Figura 377. Para não errar nas posições, coloca-se um ímã e aproxima-se outro, percebendo-se repulsão, as duas faces são de polaridades iguais, ou seja, norte/norte ou sul/sul. Sendo assim introduza o ímã na próxima fenda, respeitando a sequência para as posições, fazendo com que a face de cima fique o oposto da anterior.



Figura 37 - Ímãs intercalados na madeira

O passo seguinte é prender esses ímãs de forma que os mesmos não se soltem. Como estarão no centro do rotor, poderiam se desprender causando acidentes. Para imobilizá-los, foi utilizada uma fita isolante comum (apenas pela aderência).



Figura 38 - Fixando os ímãs na madeira.

Com o rotor pronto, acoplado ao eixo, o passo seguinte é encaixar essa peça no interior do estator que encontra-se preso à carcaça (Figura 399 e Figura 4040).



Figura 39 - Colocando o rotor no estator.



Figura 40 - A montagem

3.2.3. O teste

O rotor deve girar livremente dentro do estator. Se possível utilizar algum lubrificante na parte da carcaça para que este gire com maior facilidade. Depois de montado, está pronto para ser testado.

O teste pode ser feito utilizando-se um multímetro, que é um aparelho fácil de encontrar no comércio local, seu valor varia em torno de R\$ 30,00²⁵. Basta conectar os fios que saem do (agora) gerador ao multímetro, ligá-lo e colocar na posição “V~” que significa corrente alternada. Neste caso pode-se deixar na posição “200V” e dar um torque inicial no eixo. Quanto maior o torque, maior será a quantidade de corrente gerada.

²⁵ Valor consultado em 24 de outubro de 2014.



Figura 41 - Teste com Multímetro

Da mesma forma pode se utilizar uma lâmpada presa a um soquete com fio (Figura 42), conectando as extremidades do mesmo ao multímetro. Ao dar o torque no eixo, para qualquer lado, a lâmpada acenderá.



Figura 42 - Teste com lâmpada

Outros materiais, diferentes dos listados na montagem desse protótipo podem ser utilizados. O motor pode ser de outro equipamento, como máquina de lavar, por exemplo. Os ímãs podem ter o formato de moedas, que são mais em conta, ou mesmo de sucatas de discos rígidos (HD) de computadores. O rotor pode ser feito com outro material, mais acessível se for o caso, como massa de Epóxi. Para prender os ímãs ao rotor pode ser utilizado outro material, como arame ou mesmo cola.

4. VALIDAÇÃO DA PROPOSTA

4.1. Caracterização dos destinatários da proposta e suas percepções sobre o ensino de Física

A gênese desse trabalho está estritamente ligada à formação continuada dos professores de Física de quatro município que compõem o Vale do Arinos²⁶ e ao atendimento de necessidades surgidas de sua prática pedagógica.

Por meio da oportunidade de atuação junto a esses docentes, tentou-se delinear as características do grupo de professores que atuam no ensino de física na rede pública de ensino dessa região. Naturalmente, a busca pela validação do produto deste trabalho transcorreu, primeiramente, junto a esses docentes. Na apresentação dos resultados, na seção seguinte, os indivíduos tiveram seus nomes codificados (adotando-se apenas as iniciais).

Conseguiu-se reunir, no dia 18/10/2014, 17 (dezessete) professores dos municípios do Vale do Arinos (Juara, Novo Horizonte do Norte, Porto dos Gaúchos e Tabaporã).

Os professores que participaram da formação lecionam a disciplina de Física em escolas públicas dos municípios que compõem a região do Vale do Arinos são na maioria do sexo masculino (82%), predominando a presença masculina nessa área de conhecimento.

A faixa etária desses professores varia de 25 a mais de 56 anos de idade. Grande parte destes nasceu nas décadas de 1970 e 1980, conforme gráfico 01.

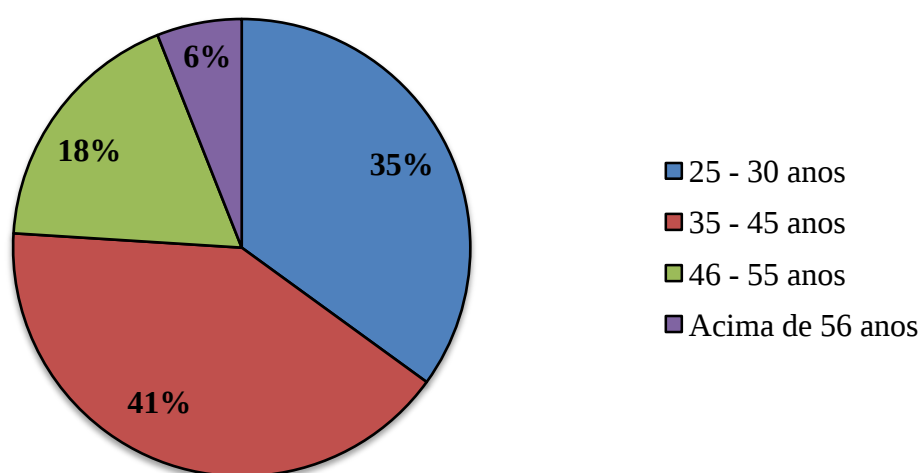


Gráfico 01- Distribuição dos professores por faixa etária

²⁶ Vale do Arinos é uma das microrregiões do estado brasileiro de Mato Grosso pertencente à mesorregião Norte Mato-Grossense, é formada pelos municípios de Juara, Novo Horizonte do Norte, Porto dos Gaúchos, Tabaporã, Nova Maringá e São José do Rio Claro. (Ver ANEXO V).

A falta de professores com licenciatura em Física é fato comum aos quatros municípios atendidos pelo grupo. Não há entre esses docentes, nenhum com formação específica na disciplina, conforme gráfico 02. Dos 17 (dezesete), 15 (quinze) são licenciados em Matemática e 01 (um) destes tem Mestrado em Educação; compõem ainda o grupo 01 (um) biólogo e 01 (um) pedagogo. Todos apresentam atualmente encargos didáticos na disciplina de física em escolas que ofertam o Ensino Médio na região.

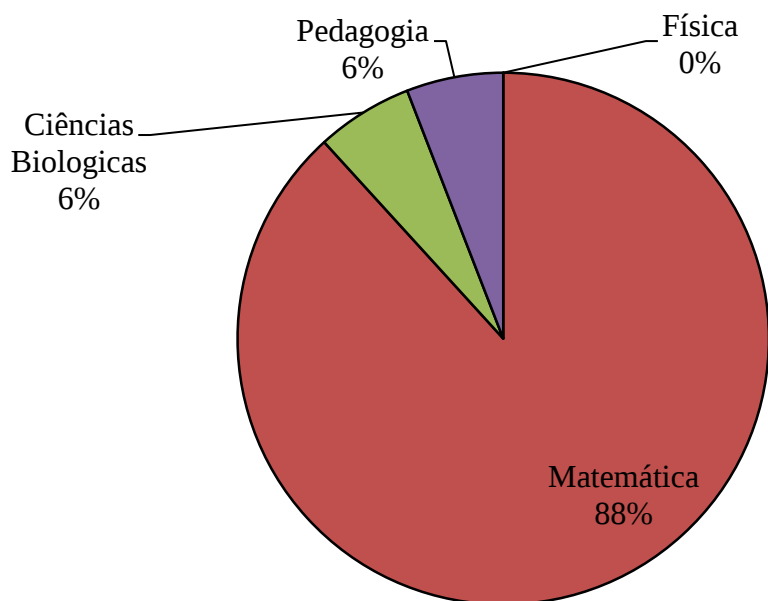


Gráfico 2 - Representatividade da formação de professores que atuam na disciplina de Física no Vale do Arinos

Quando questionados sobre qual conteúdo de Física os alunos apresentam maior dificuldade de aprendizagem, 12 (doze) professores responderam que são os conteúdos relacionados à eletricidade. Em suas justificativas alegaram que conceitos envolvidos eram muito abstratos e as fórmulas e equações complexas. Percebeu-se, nessas respostas, que prevalece a ideia de que a física é uma extensão da matemática, valorizando-se apenas a aplicação de equações e a resolução de cálculos.

Em relação ao uso de experimentos didáticos, todos afirmaram que o fazem raramente e alegaram falta de formação na área, insegurança e indisponibilidade de recursos como motivos para essa baixa frequência. Apesar disso, todos concordaram que o uso de experimentos em sala de aula contribui para uma aprendizagem mais significativa. Para o professor F. F. O. “o experimento consolida a aprendizagem, pois além de unir teoria e prática prende a atenção do aluno”. Já o professor A. C. S. afirma que “o experimento propicia um

melhor entendimento, uma vez que os alunos possam ver o resultado do mesmo acontecer em tempo real”.

As concepções de ensino-aprendizagem (empírica, racionalista, construtivista...) que poderiam direcionar os objetivos da ação docente não estão claras para esses professores. Eles alegam que sua formação inicial não deu esse embasamento teórico além de que o fato de estarem atuando fora de sua especialização também ajuda.

No entanto, quando questionados sobre como está o ensino de física nas escolas, algumas respostas foram contraditoriamente positivas, como a do professor W. F. O. “estamos fazendo um ótimo trabalho, trabalhamos com vídeos, textos, histórias, contos e experimentos, ou seja, de uma forma que a aula venha a ser de modo produtivo e atraente”.

Já a professora M. A. R. R. não demonstrou a mesma animação para o ensino de física que é ministrado em sua escola: “não temos professor na área e ainda (trabalhamos) com uma aula por semana! Está péssimo! Quase não se tem experimentos nas aulas. Na feira do conhecimento fizeram experimentos aleatórios, sem explorar seus conceitos ou aplicabilidades”.

A investigação das percepções desse grupo de professores é abordada em detalhes na próxima seção, explicitando os resultados que foram coletados por meio de um questionário semi-estruturado.

4.1.2. Análise das respostas dos professores

O questionário era composto por duas partes. A primeira com questões objetivas para conhecer melhor os sujeitos envolvidos (sexo, idade, formação acadêmica, em qual turma trabalham e por quanto tempo). A segunda parte era composta por cinco questões abertas. Buscou-se verificar junto aos professores quais seriam os conteúdos de física nos quais os seus alunos apresentam maiores dificuldades (questão 01); qual a frequência esses docentes fazem uso em suas aulas de atividades experimentais (questão 02); qual o posicionamento destes em relação às atividades experimentais e o potencial destas para a atividade significativa (questão 03); se tinham conhecimento do gerador elétrico e entendiam o seu funcionamento, além de verificar se percebiam o seu potencial para o ensino de conceitos físicos (questão 04); e como percebiam o ensino de física em suas escolas (questão 05).

Questão 01 – As dificuldades dos alunos segundo os professores.

Foram elencados vários assuntos dentro da Física que apresentam dificuldades, os mais comuns, conforme o grafo de frequência dos temas citados, estão relacionados à eletricidade, às formulas e aos cálculos matemáticos.



Figura 43 – Nuvem de termos com conteúdos e elementos relacionados à dificuldade dos alunos, segundo os professores

Dos dezessete professores, a maioria (70%) elencou conceitos relacionados à eletricidade/eletromagnetismo.

Tabela 1 - Questão 01, as dificuldades dos alunos segundo os professores – ênfase para os conteúdos de eletricidade/eletromagnetismo.

F. F. L.	Eletricidade , cálculos, notação científica, conceito de átomo, por apresentar conceitos bastante abstratos.
L. S.	Eletricidade e magnetismo a dificuldade e mais na parte de cálculos e formulas .
M. A. R. R.	Trabalho – Força, Eletricidade – Corrente elétrica e energias.
M. B. C. N.	Estudo dos gases e conteúdos relacionados a corrente elétrica . Tem dificuldade nas fórmulas que exigem cálculos matemáticos .
M. S.	Eletromagnetismo , por ter alguns conceitos bem abstratos.
R. J. S.	É sobre carga e potencia elétrica , na aplicação das fórmulas , pela quantidade necessária de aula para entendimento do assunto.

S. F. C.	Série inicial a cinemática, no segundo ano óptica e no terceiro ano desde da introdução da corrente elétrica até capacitores .
T. A. B. G.	Eletricidade e conceito de átomo.
T. G.	Na eletricidade , por causa da linguagem matemática e por ser bem abstrata.
T. U.	Cinemática, óptica e eletromagnetismo .
W. F. O.	Na eletricidade e na Mecânica, nos 1º e 3º anos, por causa da linguagem algébrica, ou seja, na expressão matemática e na interpretação de algumas palavras da linguagem da disciplina.
W. S. F.	Eletromagnetismo e a dificuldade está nas fórmulas.

Os três professores que não mencionaram conceitos de eletricidade/eletromagnetismo (A. B., J. A. M. e L. M. O), trabalham somente no primeiro e segundo ano, séries nas quais o eletromagnetismo normalmente não é discutido. O professor A. C. S. leciona para turma de 3º ano do Ensino Médio, mas se referiu a outros conteúdos como problemáticos, além de ressaltar a matemática associada como geradora de dificuldades para seus alunos.

Tabela 2 - Questão 01, as dificuldades dos alunos segundo os professores– conteúdos diversos e matemática.

A. B.	Força resultante, inércia e interpretação de exercício aplicado.
A. C. S.	Estudo do gases (Pressão atm). Por que encontram maior dificuldades nas fórmulas, ou seja, nos cálculos matemáticos.
J. A. M.	Trabalho com o 1º ano e eles tem muitas dificuldades em realizar cálculos e aplicar fórmulas.
L. M. O.	Força e trabalho, por causa das fórmulas.

Houve ainda quem mencionasse a estrutura deficiente e a falta de recursos como obstáculo ao processo de ensino-aprendizagem (R. T. S.).

Tabela 3 - Questão 01, as dificuldades dos alunos segundo os professores – problemas estruturais e falta de recursos.

R. T. S.	Principalmente que diz respeito a pequenas fórmulas e/ou teorias, pois quase sempre não possuímos nem laboratório de física e nem computadores para pesquisar, visto que nosso laboratório está inoperante desde quando este foi instalado, cabendo a nós voltar a giz e quadro negro.
----------	--

O conjunto das respostas apresentadas à essa questão sugere também que esses professores percebem a física como uma extensão da matemática, valorizando-se em demasia a aplicação de equações e a resolução de cálculos, possivelmente transmitindo também essa visão de física para seus alunos.

Questão 02 – A utilização de experimentos em sala.

Observou-se que os professores não possuem o hábito de realizar experimentos, sendo o tempo o principal “culpado”.



Figura 44 - Grafo de termos sobre a utilização de experimentos em sala.

Quatorze dos dezessete professores assumiram não se aproveitar dessa metodologia. Alguns colocam o tempo com obstáculo (A. C. S., A. M., M. S. e R. J. S. J.). Já o professor W. F. O. justificou a baixa frequência com que usa a experimentação em sala por uma preocupação com a segurança dos alunos. Formação deficiente também foi citada nas respostas de L. S. e W. S. F., que disseram não se sentir seguros em realizar atividades experimentais.

As respostas de A. B., R. T. S. e T. G. não forneceram elementos suficientes para saber a frequência com que utilizam de experimentos em sala de aula.

Tabela 4 - Questão 02, a utilização de experimentos em sala.

A. B.	Em relação ao experimento de física utilizamos vários métodos, principalmente este mesmo método usado neste mini curso de física.
-------	---

A. C. S.	Sempre que o tempo nos propicia ou um trabalho no semestre.
F. F. L.	Muito <i>raramente</i> .
J. A. M.	Faço muito pouco, o tempo é curto.
L. M. O.	<i>Quase não uso.</i>
L. S.	<i>Pouco</i> , por falta de capacitação na área.
M. A. R. R.	<i>Pouca</i> frequência.
M. B. C. N.	<i>Raramente</i> .
M. S.	Gosto do experimento, porém o tempo não é nosso aliado.
R. J. S.	<i>Pouca</i> frequência, devido o tempo hora-aula para a disciplina (1 aula).
R. T. S.	Sempre que possível, e que os alunos se empenham mais nas práticas.
S. F. C.	<i>Raramente</i> , devido ao tempo e também recursos dos materiais fornecido pela escola.
T. A. B. G.	<i>Muito raro.</i>
T. G.	Sempre que possível.
T. U.	<i>Raramente</i> .
W. F. O.	Desde que o conteúdo exige menos riscos ao alunos, pois elaboro com frequência em lugares que exige segurança para todos.
W. S. F.	<i>Pouco</i> , por insegurança.

Questão 03 – Os experimentos e a aprendizagem em física.

O grafo com os termos expressos pelos professores ao se referir à relação entre os experimentos e a aprendizagem, sugere um posicionamento positivo do grupo nesse sentido.

M. B. C. N.	Sim, com o experimento há uma aproximação entre teoria e prática .
M. S.	Trabalhar com experimentos propicia uma aproximação da teoria e prática e desperta a curiosidade dos alunos. E o fato de você pegar uma situação vivida por pessoas de nossa sociedade e trazer pra sala de aula, marca um ponto importante para a promoção da aprendizagem, sem ficar muito preso ao livro didático.
R. J. S.	Sim, positivamente, pois só por meio da prática interagindo com a teoria é que teremos a construção do conhecimento.
R. T. S.	Com certeza, cada experimento realizado são novas descobertas tanto para os alunos e até nós mesmos
S. F. C.	Sim, pois ele podem verificar na prática o que foi vivenciado na teoria .
T. A. B. G.	É muito interessante, é uma realidade que pode ser trabalhada em sala e com isso os alunos se envolvem mais.
T. G.	São bons pois os alunos participam mais.
T. U.	Sim, chama a atenção do aluno e verifica a teoria .
W. F. O.	Bom ajuda muito, pois todas as pessoas envolvidas trocam ideias sobre o conteúdo que está sendo apresentado em prática .
W. S. F.	Sim, a prática prende a atenção do aluno e com isso aprendem melhor.

Dentro desse grupo de professores, alguns destacaram a atuação comportamental dos alunos frente ao experimento “chama/prende/desperta a atenção” (F. F. L., T. U., W. S. F. e J. A. M.) e “desperta curiosidade” (M.S.). Com essas posturas, insinua-se uma predisposição à aprendizagem.

L. S.	Não, posso dizer que serve para gerar corrente continua apartir de um campo magnético.
M. A. R. R.	Não conheço, porem pude perceber que pode ser trabalhado corrente elétrica, campo magnético, a utilidade dos ímãs.
M. B. C. N.	Sim , pode-se trabalhar com potência, corrente, tensão e força.
M. S.	Sim , tem um rotor que gira e fornece energia. Dá para se trabalhar conceitos como, força, trabalho, corrente, campo, etc.
R. J. S.	Sim , contudo não é da prática, trabalhar como objeto de aula, sabemos que é fornecido por variáveis geométrica e que sua função principal vai ser gerar um campo magnético capaz de gerar energia realizado por um conjunto de conceitos como polaridade, estática, velocidade, aceleração, etc.
R. T. S.	Sim . Em sua maioria são geradores aos quais tem a função de fornecer energia, através de uma “propulsão da força”. Além dos apresentados também como foi posto os ímãs, com seus campos magnéticos alternados, proporcionando maior e meios de interações. Explorando o Magnetismo e seus polos N. S. condutores elétricos. Meios alternativos de transportes de Energia, Voltímetro, Tensão, Voltagem.
S. F. C.	Segundo meus conceitos entendo que o gerador elétrico é proveniente do trabalho mecânico que em seguida é convertido em energia.
T. A. B. G.	Sim , mas não tive contato prático com ele, de desmontar para ver como é dentro, e vimos que é possível trabalhar vários conceitos como o campo magnético, potencia, corrente, indução.
T. G.	Sim , funciona para gerar energia e podemos trabalhar com vários conceitos, entre eles: corrente elétrica, tensão, indução e campo magnético.
T. U.	Gerador elétrico converte energia mecânica em elétrica.
W. F. O.	Sim , é utilizado para fazer com que os eletrodomésticos os receptores funcionem temos vários conceitos tais como: corrente elétrica, tensão, movimento circular, corrente alternada e continua e campo magnético.
W. S. F.	Não, mas dá para ver que serve para produzir energia com o campo magnético.

F. F. L.	O ensino da física infelizmente está defasado, temos um tempo de aulas insuficiente , falta material didático, profissionais formados na disciplina específica, livro didático para os alunos. Feito essas mudanças o ensino de física seria melhorado e com maior qualidade.
J. A. M.	Em minha escola que é do campo falta muito recursos, temos somente alguns livros e isso compromete as aulas.
L. M. O.	No geral está fraco, precisa de mais aulas .
L. S.	Uma melhor formação do profissional na área específica de Física, pois a maioria da escola são os professores de matemática e ciências naturais que ministram essas aulas.
M. A. R. R.	Não temos professor na área e ainda (trabalhamos) com uma aula por semana! Está péssimo! Quase não se tem experimentos nas aulas. Na feira do conhecimento fizeram experimentos aleatórios, sem explorar seus conceitos ou aplicabilidades.
M. B. C. N.	A carga horária não fornece condições e torna o ensino repetitivo e necessário capacitar os professores e aumentar as aulas .
M. S.	Está indo bem, mas somos prejudicado com um reduzido números de aulas semanais, e assim não dá para fazer muitos experimentos.
R. J. S.	Aqui na escola, a professora está envolvendo a teoria com a prática, os alunos estão construindo materiais importantes, como sistema elétrico. Infelizmente ela não participou desse curso para compartilhar suas experiências em sala de aula. Contudo, o curso me proporcionou resgatar os momentos que trabalhava com esses materiais. Assim buscarei melhorar meus planejamentos pois sou conhecedor que envolver teoria e prática, fará a aula decorrer numa dialética ambos a reciprocidade do conhecimento passa a ter o principal condutor do diálogo do ensino aprendizagem.
R. T. S.	Bom, porém faltam materiais e também um laboratório de física e informática para proporcionar maior interesse por parte dos alunos ao aprendizado. Um laboratório atuante e maior tempo para planejar e elaborar aulas práticas.
S. F. C.	Na nossa escola o ensino de física em reduzido em uma aula por semana . O que dificulta o repasse dos conteúdos e prática. E concluo que a melhora seria um aumento carga de aula de física.
T. A. B. G.	É difícil de trabalhar, não somos formados na área e falta materiais.
T. G.	Está bom, estou sempre diversificando as atividades, com vídeos.

T. U.	São poucas aulas e dá para trabalhar poucas coisas, deveria aumentar o número de aulas.
W. F. O.	Estamos fazendo um ótimo trabalho, trabalhamos com vídeos, textos, histórias, contos e experimentos, ou seja, de uma forma que a aula venha a ser de modo produtivo e atraente
W. S. F.	Acontece não dentro do esperado, são poucas aulas e não temos formação específica.

Em linhas gerais, percebeu-se que os professores envolvidos não apresentam formação adequada e, por mais que tenham boa vontade, as tentativas de se fazer um bom trabalho vão de encontro ao domínio da física, às condições de trabalho que encontram em suas escolas e a uma visão equivocada da disciplina. Confirma-se assim a relevância da formação continuada no sentido de diminuir parte da problemática enfrentada por esses profissionais.

Constatação semelhante é encontrada em Santos *et al* (2004). Seu trabalho tinha como objetivo identificar os principais obstáculos ao uso de atividades experimentais pelos professores e, como pesquisa-ação, levando-os a reconhecer a importância da atividade experimental e utilizá-la em sala de aula.

Por meios de questionários e diários escritos pelos professores constatou pouca familiaridade com atividades experimentais.

A maior parte dos professores não realiza atividade experimental por que acredita que são muito trabalhosas, exigem tempo excessivo, espaço e materiais específicos. Isso faz com que não se sintam seguro quanto à forma de incorporar este recurso na dinâmica de suas aulas. (SANTOS et al, 2004, p. 01).

Seu trabalho traz um relato de um mini curso desenvolvido no ano de 2001, com 31 professores de escola públicas do estado de São Paulo “O Ensino de Mecânica através de Atividades de Laboratório de Baixo Custo, Informática e outros Recursos Didáticos”. Dentre esses professores foram analisados os diários de seis, pois os demais não apresentavam dados suficientes que contribuíam à sua pesquisa. Dos seis, dois eram licenciado em Física, três em Matemática e destes dois com habilitação em Física e um em Ciências Biológicas.

Nos relatos dos professores observa-se que valorizam as atividades experimentais e acredita que com elas pode promover uma aprendizagem com significado, como por exemplo,

o professor J.B.²⁷ “... quando o aluno vê onde a física pode ser aplicada, fica muito mais fácil...” e também da professora S.M.²⁸ que afirmar querer “Aprender a utilizar experimentos nas aulas de Física, tornando-as mais agradáveis e interessantes”. Já o professor U.C.²⁹ justifica o não uso de atividades experimentais devido ao número de aulas, “tenho salas com apenas uma aula por semana. É possível desenvolver um trabalho como esse? Não sei, no momento tenho minhas dúvidas”.

Para Santos *et al*, o trabalho foi proveitoso, pois fez com que refletissem proporcionando mudança de concepções a respeito de suas práticas pedagógicas

Observamos através da análise dos resultados que houve uma mudança significativa nos professores devido ao trabalho desenvolvido. Essa mudança não foi apenas conceitual, mas também metodológica. Uma parte expressiva do grupo passou a se preocupar mais com a preparação das aulas, com o pensar e elaborar objetivos para seus cursos além de tentar inserir quase que imediatamente as ideias e práticas abordadas nos encontros referentes ao laboratório de baixo-custo. (SANTOS *et al*, 2004, p. 16)

Santos *et al* compreendem a formação continuada como um espaço importante, onde as trocas de experiências e o planejamento coletivo são requisitos para melhorar a prática pedagógica.

O trabalho realizado por Alves (2005), foi proposto para resgatar nos alunos de uma escola pública do município de Palmas/TO, o interesse pelas aulas, pois constatou-se que nos 3º anos do Ensino médio a reprovação chegava a 93% nas aulas de Física.

Alves aponta como principais motivos o desinteresse, a baixo-estima e a dificuldade em compreender a Física e relacioná-la com as atividades do cotidiano. Para minimizar tal situação propôs pesquisas em grupos relacionados à Eletricidade para num segundo momento desenvolver atividades experimentais.

Logo de início observou-se um maior empenho por parte dos alunos em participar das atividades, aos poucos iam aumentando a assiduidade e o interesse dos alunos pelas aulas, e passaram a enxergar a Física em seu dia a dia.

Durante as pesquisas e atividades experimentais, procurou-se colocar o aluno na condição de “ator”, permitindo que ele construísse seu material experimental – construção de motores, eletroímãs, circuitos simples, etc. –, realizasse seus experimentos, elaborasse e testasse suas hipóteses. (ALVES, 2005, p. 03).

²⁷ Licenciado em Matemática com habilitação em Física.

²⁸ Licenciada em Matemática.

²⁹ Licenciado em Física.

Alves conclui que, com o trabalho desenvolvido, resgatou-se, na maioria dos alunos, a motivação, o interesse e acima de tudo a autoestima de cada um, pois enquanto iam desenvolvendo suas práticas e seus experimentos grande parte dos alunos descobriram que a Física está presente nas principais atividades que eles costumam fazer no dia-a-dia.

Os dois trabalhos analisados (Santos e Alves), reforçam o discurso dos professores nesta pesquisa. As atividades experimentais proporciona uma maior interação entre professores e alunos e facilita uma aprendizagem com significado. Apesar da importância dada, a mesma não é frequente em sala e, até mesmo professores com formações específicas apresentam restrições em fazê-las.

4.1.3. A aplicação do protótipo do gerador junto aos professores

Diante das considerações e resultados da literatura que embasam este trabalho, foi apresentada ao grupo de professores do Vale do Arinos uma proposta de atividade experimental. A atividade consistia em construir um gerador elétrico (tal como exposto na seção 3.2) e explorar suas potencialidades como alternativa didática para o ensino de física, numa perspectiva de potencializar a aprendizagem significativa e crítica de conceitos como corrente elétrica, tensão, resistência, potência, indução e outros que, como disseram, normalmente são abordados apenas de forma abstrata e descontextualizada.

Quando questionados se conheciam os geradores elétricos e seu funcionamento, a maioria (onze deles) afirmou que conheciam, mas não sabiam realmente como funcionam, tendo dificuldades em fazer uma ligação dos conceitos físicos do eletromagnetismo com o gerador.

Ficou evidente que uma formação continuada que levasse em conta as potencialidades didáticas do gerador elétrico ia ao encontro das necessidades apresentadas pelos educadores.

Como quatro desses professores atuam com a educação no campo, o ensino por meio da experimentação com o do gerador tem potencial de favorecer a significação do conhecimento físico face aos contextos sociais nos quais eles e seus alunos se inserem. Aparato semelhante é utilizado em comunidades atendidas por esses docentes e eles próprios haviam alegado curiosidade em torno da transformação do movimento da água em energia elétrica naquelas residências.

Com materiais de baixo custo, foi proposta a construção de um gerador elétrico, um protótipo a ser explorado em sala de aula. O modelo baseou-se nos geradores que famílias no assentamento Banco da Terra do município de Juara/MT possuem.

Foi sugerido um motor de ventilador (sucata) e alguns ímãs para a montagem do gerador. A ideia era fazer que percebessem que uma corrente induzida era capaz de acender uma lâmpada e com isso fomentar a discussão dos conceitos envolvidos.

De início ficaram apreensivos e alguns até duvidaram que seria possível. Ainda assim, todos se envolveram e deram palpites.

O motor do ventilador é composto basicamente de uma *carcaça* que serve de sustentação para o *eixo* ao qual está acoplado o *rotor* que gira dentro do *estator*.

Evidenciou-se que o motor do antigo ventilador precisava de uma força externa para funcionar, convertendo energia (elétrica em mecânica, no caso do ventilador). Nesse caso, propunha-se o contrário: uma força externa girar o eixo do rotor que contém ímãs, variando o fluxo do campo magnético entre o rotor e o estator, gerando uma corrente induzida que sairia pelos fios das bobinas.

De posse dos materiais listados na seção 3.2., o desafio era montar o gerador de modo que fornecesse energia elétrica suficiente para acender uma lâmpada fluorescente de 20 W de potência. Os professores se empenharam (**Figura 48**) e, apesar de terem feito a lâmpada piscar (prova de que a conversão de energia era possível), eles não consideraram o objetivo alcançado, pois a luz não era mantida e sua intensidade era baixa. Com um multímetro foi possível verificar que a quantidade de energia era insuficiente.



Figura 48 - Professores testando o experimento

O “erro” permitiu que surgissem discussões no sentido de verificar o que não estava certo: se o problema era a montagem ou se o aparato realmente não funcionava. O professor M. B. A. N. lembrou que, de acordo com o que havia sido apresentado sobre os geradores no assentamento, as polarizações dos ímãs se alternavam: ora norte, ora sul. A partir disso, verificaram a montagem e constatou-se que havia três dos ímãs que estavam dispostos com polaridades iguais, o que influenciava diretamente no campo magnético resultante e, conseqüentemente, na produção da corrente elétrica induzida.

Foi feita uma nova montagem, dessa vez observando as polaridades dos ímãs. O resultado ao final foi aquele que esperavam inicialmente.

Dada a riqueza da interação com os professores, optou-se por registrar parte dessa formação continuada em vídeo, com o aval dos professores envolvidos, o mesmo está disponível em: <http://youtu.be/wBUmpRgWYVM>.

A atividade serviu de base para a elaboração de outro vídeo, disponibilizado http://youtu.be/z4kU_OwgVvo, detalhando a construção do gerador elétrico com os materiais de baixo custo apresentados.

Depois do experimento, foram elencados pelos professores alguns conceitos que poderiam ser trabalhados em sala com o auxílio do gerador. Foram listados, por exemplo: força eletromotriz, potencial elétrico, intensidade de corrente, tensão elétrica, resistência, magnetismo, campo, corrente, indução, circuito elétrico entre outros.

Os professores alegaram ser possível trabalhar com o gerador elétrico em sala, por ser simples de montar, apresentar baixo custo e envolver muitos dos conceitos físicos do eletromagnetismo, tornando-os “visíveis” aos alunos, efetivando a relação teoria-prática e potencializando uma aprendizagem mais significativa. Para o professor M. F. “o fato de você pegar uma situação vivida por pessoas de nossa sociedade e trazer pra sala de aula, marca um ponto importante para a promoção da aprendizagem, sem ficar muito preso ao livro didático”.

Conforme Machado (1999) *apud* Pereira (2010), e em sintonia com o que foi expresso pelos professores, é importante valorizar propostas alternativas de ensino, conciliando teoria e prática, e respeitando o contexto social, as relações e as individualidades dos alunos, dando-lhes a oportunidade de questionar, negociar, construir e reconstruir conceitos em consonância com suas vivências.

4.2. Validação do produto com alunos

Após a formação com os professores, na qual foi apresentado o protótipo do gerador, buscou-se uma sala de aplicação para a validação do trabalho junto a alunos do Ensino Médio.

Para esse ensaio, conseguiu-se acesso a uma turma do 3º ano do ensino médio na modalidade EJA (Educação de Jovens e Adultos).

Nas escolas disponíveis para a aplicação, as turmas do ensino médio regular encontravam-se no final do primeiro semestre letivo, período em que as turmas normalmente dedicam-se às provas e o ambiente escolar torna-se menos receptivo a intervenções externas, como a que se pretendia. A organização diferenciada da EJA, por trimestres, aliada ao fato de que essa turma não se encontrava ainda em período de avaliações, favoreceu a recepção da proposta por um dos professores que havia participado da formação com o gerador.

A EJA apresenta algumas particularidades. Nas aulas, normalmente o professor busca pelo reconhecimento e valorização das experiências e dos saberes acumulados pelos alunos que, em sua maioria, são adultos que não puderam cursar o ciclo regular e já trabalham. Não é incomum também que sua carga horária efetiva seja reduzida, o que pode colaborar para o estigma de educação de menor qualidade, o que não é necessariamente verdade. A diversidade etária e de vivências encontrada numa única sala também é uma característica marcante.

4.2.1. A escola

A Escola Estadual, hoje denominada, “CEJA José Dias”, atende em torno de 500 alunos, tem uma boa estrutura física, salas com ar condicionado, mobília adequada e espaço suficiente para as práticas pedagógicas. Conta com uma sala de informática que possui 30 computadores destinados ao uso da comunidade escolar.

O corpo docente é composto por professores habilitados e que atuam por área de conhecimento. Eles participam de formações continuadas semanalmente, dando ênfase às políticas destinadas à Educação de Jovens e Adultos.

4.2.2. A turma

O contingente de alunos é formado por alunos da EJA, com faixa etária de 18 a 75 anos. Nas palavras do professor regente: são “sonhos e realidades totalmente diferentes”. A turma é composta por 25 alunos regularmente matriculados, no entanto, o que se observa é

que boa parte (em torno de 28%), não são assíduos. Segundo relatos, a jornada de trabalho diária e compromissos pessoais do dia a dia contribuem para a falta de assiduidade.

Na turma temos jovens que residiam em sítios e fazendas e não tiveram oportunidades de estudar, uma vez que nessas localidades é ofertado apenas o Ensino Fundamental. Somente vindo para a cidade esses jovens podem tentar a continuidade em seus estudos, ainda assim, tem de estudar no período noturno, pois durante o dia precisam trabalhar.

Há donas de casas, e entre elas há algumas que trabalham fora de suas residências para ajudar no sustento da família, tendo que conciliar estudo, trabalho e os cuidados com a própria família. Estão ali estudando em busca de melhores condições de vida: “se não tiver Ensino Médio é difícil de arrumar um emprego melhor (R. L. J.)”. Duas dessas alunas levam os filhos pequenos para a escola, pois não tem com quem deixá-los.

Os adultos do sexo masculino (40% da classe) são majoritariamente trabalhadores braçais, cumprindo suas jornadas de serviços no frigorífico da cidade, em madeiras ou como serventes de pedreiro. Estudam com a esperança de dias melhores e também para incentivar seus filhos. É, entretanto, nesse grupo que se encontram os mais faltosos.

Na classe, 8% dos alunos têm mais de 60 anos de idade. Eles afirmam que estudam para se distrair, fazer amizades e servir de exemplo aos mais jovens, que muitas vezes tem a oportunidade, mas não estudam: “É agora que eu estou tendo essa oportunidade, já estou aqui na escola há 05 anos e sempre aprendo alguma coisa nova, como essa experiência da energia. (M. E. W.)”.

O principal motivo de esses alunos estarem frequentando uma sala de EJA, segundo eles, foi a falta de oportunidade de cursar o ciclo regular, já que a maioria é oriunda do campo não tiveram, na idade devida, a chance de frequentar a escola pois até há alguns anos atrás a educação no campo era pouco ofertada. A necessidade de trabalhar para ajudar no sustento da família e a distância das poucas escolas disponíveis também os impediam de estudar. Apenas uma aluna mencionou as reprovações recorrentes como motivo para ter se afastado da escola.

4.2.3. As aulas

As aulas foram ministradas pelo professor da turma. Foi proposto a sequência didática do material do GREF (1998), por ser acessível e bem contextualizada. Também foram indicados links de simulações e vídeos de animações disponíveis na internet. Para a montagem do protótipo de gerador foi disponibilizado um tutorial para o professor.

Durante as aulas os alunos interagiram bastante, sempre alguém tinha uma história para contar relacionada à eletricidade. O assunto despertou bastante interesse, no entanto a complexidade dos conceitos envolvidos os deixavam atordoados. Não houve um aprofundamento nesse sentido, as aulas teóricas expositivas eram uma espécie de palestra ministrada pelo professor e alguns faziam umas poucas anotações em seus cadernos. Nessas aulas o professor utilizava sempre o projetor de imagens para apresentar os conteúdos.

Na primeira aula, antes de introduzir os conteúdos foi aplicado um pré-teste para verificar quais conhecimentos a turma tinha a respeito do eletromagnetismo. Observou-se nesse momento uma grande dificuldade de interpretar as questões. Muitos liam sem prestar atenção nos enunciados e não tinham por hábito verificar suas respostas ou buscar esclarecimentos antes de devolver o questionário.

Depois de trabalhada a parte teórica, o professor reservou duas aulas no laboratório de informática. Nesses momentos iniciou com a simulação disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator³⁰.

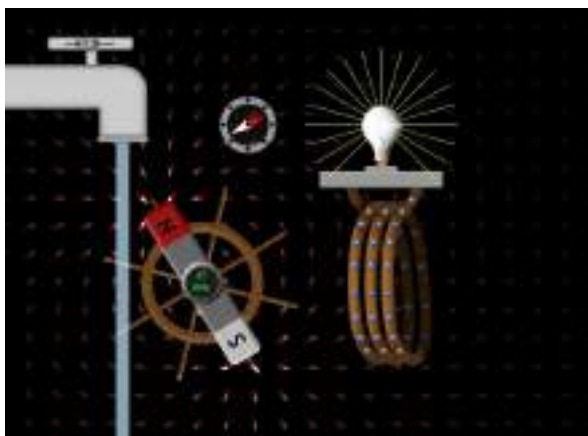


Figura 49 - Simulação do gerador. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator

Aqui destacou que quando aumenta a vazão da água e, consequentemente, a pressão exercida nas palhetas, o ímã (rotor) gira com maior velocidade, aumentando a corrente. Aumentando a vazão, aumentava-se a velocidade angular e, consequentemente, a tensão é maior. Observa-se, também, que o aumento, tanto em números como em tamanho, das espiras influencia diretamente na tensão, produzindo uma corrente maior.

Na simulação disponível em https://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_pt_BR.html³¹, indicou como a diferença de velocidade com que se empurra o ímã, a

³⁰ <acesso em 06 de agosto de 2015>

³¹ <acesso em 06 de agosto de 2015>

inversão de polaridades e o tamanho da bobina afetam o brilho da lâmpada, a magnitude e sinal da tensão.

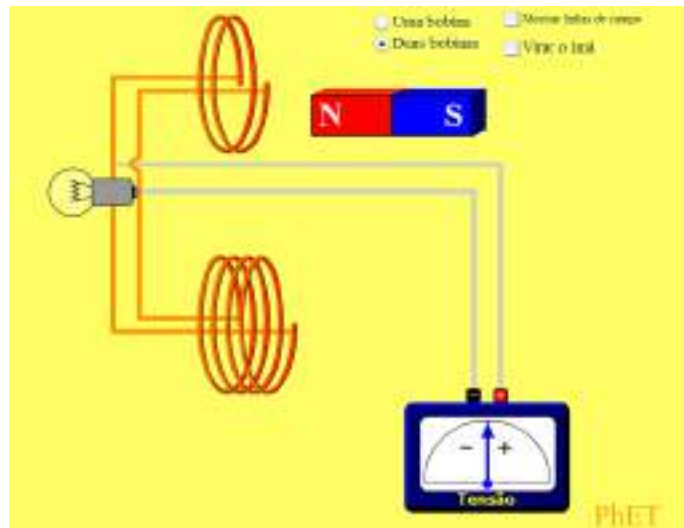


Figura 50 - Simulação da lei de Faraday – Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_pt_BR.html

Nas duas simulações citadas, houve muita interação tanto entre os alunos quanto entre a turma e o professor. Conseguiram externar relações como: o aumento da vazão da água e a produção de energia, a intensidade de rotação do ímã e o brilho mais ou menos intenso da lâmpada, e que a velocidade imposta ao ímã também influenciava no brilho observado.



Figura 51 - Aulas no laboratório de informática

Aqui foi feito um paralelo com usinas hidrelétricas para que os alunos construíssem conhecimento a respeito da produção de energia e pudessem relacionar melhor o que estudaram com o seu dia a dia. O aluno, R. D. F. mencionou o aumento na conta de energia elétrica, estabelecendo a relação entre a disponibilidade de água e a geração e oferta de energia pelas usinas: “a falta de chuva está fazendo com que aumente a energia (custo), pois precisa de bastante água para produzir”.

4.2.4. O experimento

A atividade experimental causou curiosidade e apreensão pelos alunos. Em uma mesa foram disponibilizados os materiais necessários para a construção do gerador.

O professor recordou a eles sobre a lei de Faraday e mencionou as simulações realizadas no dia anterior, onde a proximidade do ímã junto à bobina gerava uma voltagem induzida e conseqüentemente uma corrente. Ele se propôs a montar primeiro, explicando passo a passo como deveriam proceder. Neste momento a turma toda estava ansiosa e o acompanhava atentamente.



Figura 52 - Aula prática, professor montando gerador.

Apesar da expectativa, o gerador não funcionou como esperado no primeiro teste, não fornecendo energia suficiente para acender uma lâmpada de 15 watts. Isso já foi o suficiente para pensarem se realmente funcionava.

(...) ao conhecerem as partes e finalidades do gerador, percebeu-se a vontade de verificação, ou seja, era chegado o momento da teoria ser materializada! A atenção ficou voltada ao momento em que o multímetro mediria a corrente e a lâmpada acenderia. Precisei de algumas tentativas pois não chegava corrente suficiente na

lâmpada para fazê-la produzir uma iluminação que todos considerassem a experiência completada. (Professor regente, R. J. S.)

O que poderia ter acontecido? O gerador foi desmontado e verificou-se a polaridade dos ímãs. Constatou-se que dentre os quatros ímãs, um estava com a polaridade invertida em relação aos outros. O aluno D. F. G. se propôs a realizar a montagem, organizou os ímãs, intercalando-os em norte e sul. O resultado foi satisfatório, a lâmpada finalmente acendeu e todos aplaudiram.



Figura 53 - Aula prática, testando o gerador.

Depois de realizada a atividade experimental, foram retomados alguns conceitos, como campo, corrente e indução, no intuito de relacioná-los ao gerador. Ficou clara a dificuldade da maioria dos alunos em relacionar esses conceitos ao experimento. Alguns até tentam por meio de suas falas, mas tiveram muita dificuldade em organizar tudo no papel.

Para o professor regente, a atividade foi importante pois despertou o interesse de todos os envolvidos e foi possível, durante o processo, observar a ansiedade dos alunos em realizar a atividade experimental. Para ele as aulas na EJA deveriam ser todas assim: “tem que trabalhar a teoria e finalizar o conteúdo com uma atividade experimental, assim materializa a teoria”.

Com as aulas expositivas e simulações sobre o funcionamento de um gerador, bem como os outros conceitos que lhe dão sustentação em sua utilidade cotidiana, tornara-se válidas as discussões sobre o conteúdo, pois a todo o momento teoria e prática dialogavam, tornando-se plausível a participação contínua dos alunos, tanto em suas perguntas curiosas quanto nas emoções de observar o funcionamento prático, o que também trouxe desconfiância pela magia e mistério quando falamos de elétrons, prótons e nêutrons. (Fala do Professor, R. J. S.).

Os relatos dos alunos corroboram o entusiasmo do professor e a receptividade da proposta experimental. De acordo com o aluno R. D. F.: “não imaginava que com imã e fio era capaz de produzir energia; já vi produzir energia com roda d’água e gerador, mas não sabia que eram os ímãs que faziam tudo isso, fiquei encantado”. O aluno D. F. G., mencionou a criatividade envolvida no gerador e aproveitou para fazer um relato pessoal: “hoje em dia é possível fazer muitas coisas, ficou provado que não é difícil produzir energia, quando eu trabalhava em uma metalúrgica, fizemos uma máquina de solda com água, sal, e fio com energia”.

Observou-se o interesse e a curiosidade em torno da atividade experimental. Em linhas gerais, todos pareceram compreender o processo de conversão de energia por meio de um gerador movido por uma força mecânica. Nos relatos colhidos, entretanto, verificou-se que fez falta um aprofundando mais conceitual. É de se considerar ainda as características da turma, como idade, cansaço em função da jornada de trabalho e o tempo curto com que o assunto foi abordado. Por mais que durante o experimento alguns conceitos tenham sido reforçados, relacionando-os ao eletromagnetismo, nos depoimentos ninguém os mencionou. O que chamou a atenção foram as simulações e a prática.

É possível que o tempo e a abordagem não tenham sido os mais adequados face a complexidade do tema. Alguns dos conceitos envolvidos são inerentemente abstratos e poderiam ter sido abordados em maior profundidade caso houvesse mais tempo. A ludicidade e o apelo visual das simulações e do aparato experimental também podem ter competido com a aprendizagem dos conceitos mais difíceis.

O pós-teste também pode ter sofrido em função da indisposição dos alunos. Sua aplicação se deu na última aula do período, numa sexta-feira à noite, horário em que a participação nesse turno normalmente cai bastante em função do cansaço que os alunos apresentam - muitos chegam cansados à escola e antes do término da aula (22h30) já pedem para sair.

4.2.5. Análise das respostas do Pré-teste

A seguir as repostas dos alunos ao questionário apresentado previamente à sequência didática do gerador, que seria desenvolvida pelo professor.

O questionário inicial era composto por cinco questões abertas. Buscou-se verificar as percepções dos alunos sobre a disciplina de física (questão 01) e se possuíam concepções prévias e/ou conhecimentos anteriores sobre conceitos específicos relativos à energia e sua

produção (questão 02), se compreendiam algo sobre hidroelétricas (questão 03) e os geradores (questão 04), e se conseguiam elencar conceitos pertinentes ao eletromagnetismo, além de indicar se percebiam o gerador como facilitador para a aprendizagem desses conceitos (questão 05).

Questão 01 – Percepções sobre a Física

Apesar do grupo de alunos ser reduzido, as percepções da física apresentadas nas respostas desses alunos foram diversas. O grafo de frequências dos termos mais usados, mostra como não há consenso na indicação de termos chaves relativos às percepções pessoais sobre a física.



Figura 54 – Nuvem palavras associadas à percepção da Física pelos alunos. Termos mais frequentes são representados em maior tamanho.

Cinco (05) dos dezessete alunos associam a disciplina a algo difícil, complicado e até enlouquecedor (como no relato de E. V.):

Tabela 8 - Questão 1, primeira categoria (matéria difícil)

R. L. J.	A disciplina de física é um pouco complicado de entender, mas com persistência e a ajuda do professor a gente aprende um pouco.
C. S. B.	É uma matéria Bem complicada , mais é de muita valia para nós alunos que ensina varias matérias.
Q. S. C.	É uma disciplina muito importante mas muito difícil de entender, mas vale a pena fazer esforço.
T. R. C.	A minha opinião é que é uma matéria muito difícil de entender mas também uma matéria que você pode aprender muitas coisas.
E. V.	Bom! E uma matéria que faz enlouquecer , mais Se a conviver o que e física em mesmo gostei de fazer algumas atividades: como o gráfico.

A maior parte dos alunos, entretanto, expressou associações positivas quanto à disciplina de física. As respostas restantes podem ser divididas em dois grupos com base no grau de entendimento da pertinência da física.

O primeiro, que reconhece a física como uma componente de relevância no currículo, apesar de não ter clareza quanto a seus objetos de estudo, atribuindo-lhe uma importância vaga, associada à aquisição de conhecimento de forma geral.

Tabela 9 - Questão 1, categoria 2 (importância vaga)

A. S. S.	Tudo que fazemos é física sobre a nossa vida na hora de caminhar trabalhar.
J. S. D.	A Física é muito importante para nos aumentar os conhecimentos.
R. D. F.	É de fundamental importância para nosso conhecimento, podemos aprender muito com essa disciplina.
E. S.	É importante para o nosso conhecimento, para o dia de amanhã no momento não sabemos de nada.
M.R.	A minha opinião é poder descobrir as coisas diferente.
M. E. W.	Acho importante para nosso aprendizado, nos trás novos conhecimentos.
A. B. G.	A física é um estudo bom através dela podemos alcançar algo bom para melhorar nossos conhecimento isso é importante em nossas vidas.

No último e menor grupo, foram notadas algumas associações mais específicas entre a física e alguns de seus objetos de estudo, como o movimento ou a energia. Há de se destacar a resposta de A. C. M., único aluno a ir além da física como disciplina e reconhecê-la como ciência com foco na compreensão da natureza.

Tabela 10 - Questão 1, categoria 3 (ênfase em fenômenos naturais, como a energia e o movimento)

D. F. G.	Na Física estuda várias funções. A Física estuda movimentos importantes.
E. S. X.	Minha opinião sobre a disciplina de física é que a física visa estudar vários ramos, tanto quanto produção de energia , usina hidrelétrica, eletromagnetismo, dentre outros.
A. C. M.	É a ciência que estuda os fenômenos da natureza. É importante que nos ensina a resolver questões que envolve a matemática em relação a velocidade, magnetismo, energia, minutos, horas, distancias, etc...
J. T. S.	Na minha opinião estudamos física para ter o conhecimento de como acontece uma ação física, calcular algo que jamais imaginava calcular e adquirir mais experiências no nosso dia a dia, enfim estuda os fenômenos físicos da natureza .

Questão 02 – Conhecimentos prévios sobre “produção” de energia

A maioria dos alunos questionados (onze, dos dezessete) expressou algum conhecimento prévio referente à produção de energia. Os seis alunos restantes dividiram-se igualmente três grupos que, ou se abstiveram em responder (A. B. G. e E. S. X.), ou não estudaram antes e, portanto, não podiam responder (R. L. J. e Q. S. C.) e, por fim, aqueles que alegaram já ter estudo anteriormente sobre o assunto, mas que não se lembravam de nada em específico (C. S. B. e M. E. W.).

O grafo de termos mais frequentes sugere que o conhecimento prévio dos alunos a respeito da produção de energia já apresentava associações com formas de obtenção natural de energia, com ênfase para a produção hídrica (água, rio, chácara), mas com espaço para formas menos difundidas de captação (ventos, eólica, sol). Também foi possível evidenciar destaque a aparatos de conversão e armazenamento de energia (gerador, motores/motor, baterias) e algumas aplicações tecnológicas mais comuns (tv, lâmpada).



Figura 55 - Termos mais frequentes citados nas respostas à questão 2.

Curiosa, entretanto, a associação manifestada entre as rotações (giro, girava) e o processo de “produção” de energia, destacando-se a resposta de D. F. G., que apropriou-se do termo “girador” (ao invés de gerador), recorrentemente fazendo alusão ao movimento de rotação.

Tabela 11 - Questão 2, Conhecimentos prévios sobre “produção” de energia

A. S. S.	Através de motores e água .
----------	---

J. S. D.	A energia é produzida através de um gerador .
D. F. G.	Não. Mas a energia é produzida pelo um motor com um girador , ou com uma roda da água , que gira o girador que produzem a energia.
R. D. F.	Não, nunca estudei. Apenas ouvi falar. Ela pode ser produzida através de Hidrelétrica, nuclear, eólica , entre outras. .
A. C. M.	Lembro de alguma coisa. É produzida através da água , dos ventos e através do sol . .
E. S.	A energia é produzida através de gerador para produzir a energia. .
T. R. C.	É produzida através de gerador . .
J. T. S.	Sim, que podemos gerar energia através de Baterias como por ex: as Baterias que carregam com a luz solar para a noite produzir luz para TV, geladeira, lâmpadas. .
E. V.	Mais ou menos, Ela e produzida através de motores ou com ventos etc. .
M.R.	Sim, quando eu fui em uma chácara lá tinha um rio e o meu cunhado colocou uns fios e uma roda que girava para produzir energia com água. .

Questão 03 – Conhecimentos prévios sobre hidroelétricas

Dos dezessete alunos inqueridos, sete (41%) não conseguiram apresentar nenhuma resposta que permitisse identificar conhecimentos prévios específicos sobre hidroelétricas e a “produção” de energia nestas. Q. S. C. e A. B. G. simplesmente não responderam, ao passo que os cinco restantes assumiram não saber nada sobre tais usinas (R. L. J., J. T. S. e M. E. W.), ou se expressaram de forma confusa e genérica (C. S. B. e E. S. X.), atendo-se ao objetivo final destas – o fornecimento de energia para cidades.

A maior parte dos alunos da turma, entretanto, foi capaz de mencionar um ou mais aspectos estruturais das hidroelétricas (barragens, turbinas) e o papel essencial das águas fluviais nesse tipo de usina. Alguns, inclusive, mencionaram especificamente os geradores (R. D. F., A. C. M., T. R. C. e M.R.).



Figura 56 - Termos mais frequentes citados nas respostas à questão 3.

Nenhuma das respostas, entretanto, evidenciou que tivessem o conhecimento de conceitos específicos de eletromagnetismo associados aos processos que ocorrem nas hidroelétricas ou na transmissão de energia a partir delas. Um único comentário menciona “transformações” nessas usinas (T. R. C.), mas sem detalhes que permitam inferir que o aluno fazia alguma menção à conversão de energia mecânica em elétrica.

Tabela 12 - Questão 3, conhecimentos prévios sobre hidroelétricas

A. S. S.	São muitas turbina tocada pela água e gera energia para o povo.
J. S. D.	A usina hidrelétrica funciona água e turbinas e pressão .
D. F. G.	Usina é uma Barragem feita no rio , que é montada hidrelétrica para produzir a energia .
R. D. F.	Através de Barragens que represa a água, essa água faz girar os geradores que produz a energia .
A. C. M.	Funciona através de uma grande quantidade de água com barreiras e um gerador e turbinas , etc.
E. S.	A usina é transmitida a traves de Barragens para acumular água e tocar a usina. .
T. R. C.	A usina funciona através de vários geradores dentro de rio e vários componentes e muita transformação faz uma usina. .
E. V.	Bom! Através das turbinas que fecha um Rio e faz um canal, e adapta a turbina. .
M.R.	Funciona através de um gerador elétrico . .

Questão 04 – Conhecimentos prévios sobre geradores

O aluno (A. B. G.) se absteve em responder, (E. S., M. R. e M. E. W.) alegaram não conhecer o gerador e/ou seu funcionamento, e quatro outros alunos não manifestaram conhecimentos prévios ou associações pertinentes aos geradores.

A partir de suas respostas, os demais alunos dividiram-se em grupos cujas categorias iam: “A”. da aplicação específica do gerador como aparelho emergencial, que é acionado quando há alguma interrupção no fornecimento regular de energia (A. S. S., R. L. J., Q. S. C. e T. R. C.); “B”. do aparelho responsável pelo fornecimento de energia à residências (J. S. D., C. S. B. e J. T. S.); “C”. um tipo de motor (cuja função não é clara), movido à água ou diesel (R. D. F. e A. C. M.); e ainda, “D”. um conjunto de respostas que não chegam a permitir uma associação clara entre si, mas que se aproximam do conhecimento físico específico, por fazerem menção à relação entre eletricidade e magnetismo (D. F. G.), por citarem estruturas típicas dos geradores (E. V.), ou, finalmente, por reconhece-lo como aparatos que convertem algum tipo energia em energia elétrica (E. S. X.).

Tabela 13 - Questão 4, Conhecimentos prévios sobre geradores.

A. S. S.	Para ser usado na falta de energia em hospital, central telefônica.	A
Q. S. C.	Sim, ele funciona quando falta energia em lugares que não se pode ficar sem energia, como em hospital, posto de combustível etc.	A
R. L. J.	Sim, um gerador elétrico é um motor que gera energia quando acontece um apagão na cidade. .	A
T. R. C.	Gerador é usado ainda hoje em dia em hospitais quando a energia acaba, liga o gerador e tudo funciona.	A
C. S. B.	Conheço, quando a gente morava nas fazenda era as natar girador de luz que tinha para as casas ter luz. Esse é o ponto ótimo.	B
J. S. D.	O gerador elétrico funciona através de um motor ou da água para levar energia nas casas.	B
J. T. S.	Sim, funciona para fornecer energia para cidade se for um grande e gerador menores para abastecer energias em fazendas, casas de comunidade enfim para produzir energia. .	B
A. C. M.	Sim. Na cidade funciona com combustível (óleo diesel).	C
R. D. F.	Não tenho muito conhecimento, mas sei que é movido por motores a diesel e água. .	C
D. F. G.	O gerador elétrico é tocado pelo motor. Nele tem as partes magnético que faz produzir energia. .	D
E. S. X.	Sim, geradores elétricos são aparelhos que convertem energia e também tem dois tipos de geradores, o que queima combustível em energia, e as pilhas que transforma energia química em elétrica. .	D

E. V.	Sim! Ele funciona através uma tubulação de fios trançados enviesado e um induzido e o carvão que faz a energia. .	D
-------	---	---

Questão 05 – Conceitos de eletromagnetismo e o gerador como facilitador para a aprendizagem

Os alunos não se mostraram preparados para, nem mesmo, elencar um conjunto mínimo de conceitos relativos ao eletromagnetismo.



Figura 57 - Conceitos de eletromagnetismo: gerador como facilitador para a aprendizagem

Face aos resultados obtidos, não é exagero assumir que esta foi a questão menos usual para o grupo de alunos. Cinco deles sequer responderam (J. S. D., Q. S. C., R. D. F., E. S. X. e E. S.). As doze respostas obtidas, entretanto, também evidenciaram a não familiaridade dos demais alunos para com os conceitos e relações do eletromagnetismo.

Como prevê o grafo dos termos mais frequentes (Figura 57), energia e choque elétrico figuram entre as palavras mais utilizadas. Desconsiderando a evocação à energia, que é conceito praticamente onipresente nos tópicos de física, a menção ao choque, como sugere a 2ª palavra mais usada: pessoa, se deve às experiências que esses indivíduos provavelmente testemunharam em suas vivências (R. L. J., C. S. B. e T. R. C.). As tentativas de explicar esse fenômeno demonstraram confusão por parte dos respondentes, como menções ao magnetismo, uso equivocado da interação entre cargas opostas e a lembrança da tensão elétrica, sem evidenciar nenhuma compreensão física a respeito desse conceito.

Também foram evidenciadas menções à fenômenos e aplicações, sem que os exemplos citados se relacionassem claramente entre si. Alguns resgataram respostas a questões anteriores, como quanto se expressaram sobre o gerador, mas de forma confusa.

Esses alunos, portanto, não demonstraram, com base na questão proposta, ter clareza ou domínio mais formal dos conceitos e relações presentes no estudo do eletromagnetismo.

Tabela 14 - Questão 05, conceitos de eletromagnetismo e o gerador como facilitador para a aprendizagem.

A. S. S.	Quando nós penteia os cabelos, o cartão magnético que é usado no dia.
R. L. J.	A eletricidade já é algo forte para falar a verdade. Quando uma pessoa pega um fio de alta tensão ele simplesmente gruda como se fosse um magnetismo que não consegue se solta jamais do fio. Só se uma pessoa desligar a energia.
C. S. B.	O magnetismo e quando a pessoa leva um choque e fica grudado porque no chão ele descarrega o negativo ao positivo que se transforma o ponto de eletromagnetismo.
D. F. G.	Sim, o gerador forma a energia através de eletromagnetismo e forma eletricidade, para formar tudo é necessário o magnético.
A. C. M.	São cargas produzidas através de correntes. Através de conceitos físicos.
T. R. C.	A energia de alta tensão aquela que tem muitas forças. Quando uma pessoa leva um choque a pessoa fica assegurada na rede pode levar a morte.
J. T. S.	O gerador elétrico de energia, os mercados, lojas, fazendas possuem um motor que funciona para gerar energia para freezer, televisores, chuveiro quando acaba a luz o motor é ligado e fornece energia e também a Bomba de água que é usada para mandar água para as casas e para os bebedouros de gado.
E. V.	Através motores a óleo diesel, vento, água e outros.
M.R.	Eu acho que quando uma pessoa coloca sem querer os dedos dentro de uma tomada e ganha um choque.
M. E. W.	Acho que estão relacionados.
A. B. G.	A eletricidade é uma coisa muito perigosa para aqueles que trabalham nesses tipo de serviço tem que ter bastante cuidado para trocar os fio das redes por que se levar um choque pode até morrer e ficar colado nas redes e pode sofrer várias queimaduras pelo corpos.

4.2.6. Análise das respostas do Pós-teste

A aplicação do questionário após a sequência didática e experimentação do produto foi impactada pela baixa participação dos alunos envolvidos nessa etapa da avaliação.

Somente 08 (oito) dos alunos da turma responderam ao pós-teste (e um destes foi desconsiderado, já que não havia participado do pré-teste). Em função da grade horária da disciplina na escola e da disponibilidade do professor, a aula programada para essa captação de dados ocorreu numa sexta-feira, depois do intervalo, isto é, após as 21h20min, horário em que a evasão é mais acentuada.

O novo instrumento, questionário II, difere do primeiro pela ausência da questão inicial sobre a percepção a respeito da Física, e pelo acréscimo da avaliação a respeito da contribuição da atividade experimental com o protótipo para o entendimento do gerador. Manteve-se, a seguir, a numeração original com a adição do sufixo “B” como diferenciador.

Questão 02B – Conhecimentos sobre “produção” de energia

Ao considerar as respostas anteriores desse grupo, somos lembrados de que somente D. F. G., R. D. F. e A. S. S. haviam tentado explicar a produção de energia (e apenas A. S. S. confirmou já ter estudado sobre o assunto).

Ao observar o grafo dos termos e sua recorrência, nota-se que clara referência à atividade experimental (a partir de termos que citam elementos utilizados, como “ventilador” e “furadeira”, por exemplo). O termo “gerador” passou a ser sempre associado à questão da produção de energia.



Figura 58 - Grafo de termos mais frequentes, questão 02B.

Alunos que haviam se negado a responder anteriormente (E. S. X. e A. B. G.) ou que não tinham conseguido formular respostas sobre o tópico (R. L. J. e M. E. W.) vieram a apresentar respostas dessa vez. Entretanto, ainda não se manifestam por meio de conceitos físicos específicos, por mais motivadora que tenha sido a atividade experimental (a

significância do experimento é sugerida pelas referências concretas à montagem e por termos como “interessante”, “importante” e “testado e provado”).

Tabela 15 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 02.

	Respostas no pré-teste	Respostas no pós-teste
A. S. S.	Através de motores e água.	De varias forma não precisa ter água para produzir energia.
R. L. J.	Ainda eu não estudei.	Sim, é produzida através de um gerador que gera energia. .
D. F. G.	Não. Mas a energia é produzida pelo um motor com um girador, ou com uma roda da água, que gira o girador que produzem a energia.	Com ima, e motor de <i>ventilador</i> se faz produzir energia, girando com uma <i>furadeira</i> foi testado e provado .
R. D. F.	Não, nunca estudei. Apenas ouvi falar. Ela pode ser produzida através de Hidrelétrica, nuclear, eólica, entre outras. .	Não, pelo que eu pude entender ela é produzida por <i>geradores</i> .
E. S. X.	– não respondeu.	Tô estudando é bastante interessante .
M. E. W.	Não lembro. .	Sim, é produzida por um gerador que através de seus movimentos vai gerando a eletricidade.
A. B. G.	– não respondeu.	Sim: usamos motor de <i>ventilador</i> , <i>imãs</i> , <i>lâmpada</i> e <i>furadeira</i> para produzir a energia foi uma experiência muito importante pra nós.

Questão 03B – Conhecimentos sobre hidroelétricas

Novamente nota-se algum avanço ao se considerar que certos alunos agora tentaram explicar o funcionamento das hidroelétricas (R. L. J., M. E. W. e A. B. G.), fato que não havia ocorrido inicialmente. Como na questão anterior, a presença do termo “gerador” nas respostas foi quase uma unanimidade. Nenhuma menção, entretanto, foi feita às transformações de energia envolvidas ou aos conceitos eletromagnéticos inerentes.



Figura 59 - Grafo de termos recorrentes, questão 03B.

Há também referências à contextualização feita ao gerador na forma como utilizado nas comunidades do campo. Tais alusões se manifestam principalmente pelos termos “moto gerador”, “cachoeira” e “roda d’água”, presentes em algumas das respostas.

Tabela 16 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 03.

	Respostas no pré-teste	Respostas no pós-teste
A. S. S.	São muitas turbina tocada pela água e gera energia para o povo. .	Através de águas ou moto gerador tocada a combustível. .
R. L. J.	Eu não sei como funciona, mas tenho curiosidade. .	Hidrelétrica funciona através de uma turbina que vai muitas quedas de água por minuto, fazendo gerar energia para a cidade que passa através de fio que vai até um motor, que leva para as casas. .
D. F. G.	Usina é uma Barragem feita no rio, que é montada hidrelétrica para produzir a energia. .	Na cachoeira se instala, roda da água e um gerador, assim se produz energia. .
R. D. F.	Através de Barragens que represa a agua, essa agua faz girar os geradores que produz a energia. .	Pelo represamento da água para da mais pressão, para que os geradores produza energia. .

E. S. X.	Usina hidrelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja sua finalidade é produzir energia elétrica. .	Usina hidrelétrica funciona como um conjunto de obras com gerador. .
M. E. W.	Não sei. .	Funciona através de um gerador. .
A. B. G.	– não respondeu.	A usina hidrelétrica é feita com um encanamento e roda de água e usa girador para comandar a energia para as pessoas. .

Questão 04B – Conhecimentos sobre geradores

Desta vez os avanços percebidos foram mais sutis e em menor quantidade se comparadas às duas últimas questões. Houve clara alusão aos ímãs da montagem (A. S. S., R. L. J., R. D. F. e M. E. W.), mas isso não significa que a compreensão sobre a relação entre eletricidade e magnetismo possa ter sido construída para além dos componentes estruturais do gerador. O progresso cognitivo pode ter sido maior apenas por que, neste caso, o desconhecimento antes também era maior.



Figura 60 - Grafo de termos mais frequentes, questão 04B

Para D. F. G. e A. B. G., a polaridade dos fios aparentemente teve maior significado que os magnetos envolvidos. Já E. S. X. mostrou-se mais retraído em sua nova resposta: dessa

vez sequer esboçou alguma explicação para o funcionamento do gerador (limitou-se a dizer que “sim”, agora conhecia o gerador).

Tabela 17 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 04.

	Respostas no pré-teste	Respostas no pós-teste
A. S. S.	Para ser usado na falta de energia em hospital, central telefônica.	Ele tem que ter ima para funciona.
R. L. J.	Sim, um gerador elétrico é um motor que gera energia quando acontece um apagão na cidade.	Sim, um gerador funciona através de imas direcionado uma para o sul e outra para o norte, fazendo que as energia não fique as mesma e fazendo funcionar o gerador. .
D. F. G.	O gerador elétrico é tocado pelo motor. Nele tem as partes magnético que faz produzir energia. .	Gerador funciona <i>positivo</i> , e <i>neutro</i> assim que funciona para o gerador produzir a energia.
R. D. F.	Não tenho muito conhecimento, mas sei que é movido por motores a diesel e água.	Não muito bem mas deu pra ver que é com imãs intercalados.
E. S. X.	Sim, geradores elétricos são aparelhos que convertem energia e também tem dois tipos de geradores, o que queima combustível em energia, e as pilhas que transforma energia química em elétrica. .	Sim;
M. E. W.	Não sei dizer como é e como funciona. .	Sim, funciona através de um motor com imãs alternados uma lâmpada e mais alguns acessórios. .
A. B. G.	– não respondeu.	Sim. Gerador elétrico funciona com o <i>positivo e negativo</i> . .

Questão 05 – Conceitos de eletromagnetismo e o gerador como facilitador para a aprendizagem

As respostas mostraram-se menos elaboradas à medida que o enfoque torna-se mais teórico. Registrou-se certa apropriação de termos físicos na maioria dos casos, como “campo magnético”, “força” e “corrente elétrica”, mas E. S. X. novamente se absteve em responder e A. B. G., que antes havia detalhado ricamente uma situação fatal envolvendo o choque elétrico, desta vez foi evasivo.

Tabela 18 - Comparativo entre as respostas do pré-teste e pós-teste, questão 05.

	Respostas no pré-teste	Respostas no pós-teste
A. S. S.	Quando nós penteia os cabelos, o cartão magnético que é usado no dia.	Se não for campo magnético o gerador não funciona ele que dar força para girar o gerador.
R. L. J.	A eletricidade já é algo forte para falar a verdade. Quando uma pessoa pega um fio de alta tensão ele simplesmente gruda como se fosse um magnetismo que não consegue se solta jamais do fio. Só se uma pessoa desligar a energia.	Sim, a eletricidade gera força de um gerador e o magnetismo gera a separação da força entre si, gera uma uniam entre a eletricidade e magnetismo .
D. F. G.	Sim, o gerador forma a energia através de eletromagnetismo e forma eletricidade, para formar tudo é necessário o magnético.	É definido pelos imas que é estalando no motor que eles giram através dos magnético , faz produzir a eletricidade.
R. D. F.	– não respondeu.	E difícil mais tem o campo magnético a corrente elétrica . .
E. S. X.	– não respondeu.	– não respondeu.
M. E. W.	Acho que estão relacionados.	Difícil como campo magnético , energia, .

A. B. G.	A eletricidade é uma coisa muito perigosa para aqueles que trabalham nesses tipo de serviço tem que ter bastante cuidado para trocar os fio das redes por que se levar um choque pode até morrer e ficar colado nas redes e pode sofrer várias queimaduras pelo corpos.	São muitos.
----------	---	-------------

Questão 06B – A atividade experimental e a compreensão sobre o funcionamento do gerador.

Todos os respondentes apresentaram posicionamento favorável quanto à atividade experimental. Alegaram ter aprendido sobre o funcionamento do gerador e, em alguns casos, fizeram questão de ressaltar a importância dessa abordagem. De fato, a compreensão destes a respeito do fornecimento de energia elétrica por geradores não parece mais ser classificável como de “senso comum”, por mais que ainda mantenha-se distante de um discurso fisicamente mais elaborado. Mesmo que parcial e com muitas lacunas, há indícios de aprendizagem e de caráter significativo, haja visto a relevância atribuída à montagem experimental expressa nas respostas.

Tabela 19 - respostas à questão 06 do pós-teste

A. S. S.	Foi de grande aprendizado porque eu não sabia como funcionava um gerador é vive e aprendendo.
R. L. J.	Sim, porque se eu não colocar os imas certo o gerador não, vai funcionar como deveria, com baixa pressão de energia. Agora se eu colocar de forma correta ele vai funcionar direito.
D. F. G.	Sim. Foi montado um gerador com um motor de ventilador, e com ima e foi provado. .
R. D. F.	Sim, sua montagem não é tão difícil, por sua função que é muito importante.
E. S. X.	Sim; pois aprendi e aprendemos muitos com essa experiência e também serve para nos saber que podemos produzir energia elétrica.
M. E. W.	Sim, através deste experimento podemos entender um pouco como funcionam os geradores elétricos e quais suas finalidades.
A. B. G.	O gerador elétrico funcionou muito bom vi a luz da lampa o funcionamento foi pra mim importante.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho tínhamos como meta averiguar as potencialidades do gerador elétrico como facilitador no ensino de eletricidade e magnetismo. Esse objetivo teve sua origem nas necessidades externadas por professores que lecionam a disciplina de Física no Vale do Arinos, visto que não há (nesta região) nenhum professor habilitado em física que esteja lecionando a disciplina de Física.

As dificuldades manifestadas por esses professores vão além daquelas normalmente associadas à educação formal ou ao ensino de ciências pois são docentes que encontram-se atuando à frente de disciplinas nas quais não possuem habilitação específica.

Principalmente em função dessa ausência de formação, não se sentem seguros para adotar metodologias de ensino que ultrapassem os limites do livro didático ou os currículos tradicionais, sacrificando assim a contextualização e a prática experimental, por exemplo.

A literatura, tal como apuramos, é rica em casos que provam que o ensino de física contextualizado proporciona uma melhor interação em sala de aula e potencializa a construção significativa de conceitos.

Dessa forma, buscou-se conhecer o contexto social comum a boa parte dos professores e alunos da região. A discussão referente às mini usinas hidrelétricas presentes no município de Juara/MT, foi eficaz em despertar a curiosidade em torno do processo de geração de energia tanto nos professores quanto nos alunos. Esse interesse tornou-se ainda mais evidente na montagem de um gerador com materiais de baixo custo.

Essa curiosidade e interesse despertados ao se desenvolver uma proposta que parte da realidade dos destinatários constituem, tal como relata a literatura revisada, fator que sugere predisposição à aprendizagem.

Durante a atividade experimental, alguns conceitos físicos como campo magnético, corrente elétrica e potência eram resgatados, confirmando indícios de aprendizagem, ainda que sem a profundidade esperada.

Para os professores consultados mostraram-se favoráveis à proposta de trabalhar com o protótipo do gerador elétrico em sala de aula. Por ser simples de montar, ter baixo custo e envolver muitos conceitos físicos que antes eram pouco visíveis aos alunos, o material foi reconhecido como potencializador para uma aprendizagem com significado.

Machado (1999) *apud* Pereira (2010), em sintonia com o que foi expresso pelos professores, ressalta a importância de se valorizar propostas alternativas de ensino, conciliando teoria e prática, respeitando o contexto social, as relações e as individualidades

dos alunos, dando-lhes a oportunidade de questionar, negociar, construir e reconstruir conceitos em consonância com suas vivências.

O trabalho com os alunos propiciou uma maior compreensão do processo de conversão de energia que ocorre no gerador. A manifestação dessa compreensão, entretanto, mostrou que, mesmo com a excelente recepção quanto à atividade experimental, seria necessário um aprofundamento maior no aspecto conceitual, uma vez que em suas falas não eram mencionados os conceitos e relações físicas envolvidas. É possível que o tempo e a abordagem não tenham sido os mais adequados diante da complexidade do tema. A ludicidade, o apelo visual das simulações e do experimento, chamou mais a atenção que a discussão teórica, possivelmente competindo com a aprendizagem dos conceitos.

Os resultados apurados confirmam a relevância da formação continuada em física, no sentido de diminuir parte da problemática enfrentada pelos professores que lecionam essa disciplina no Ensino Médio.

A título de contribuição final, disponibilizou-se na web (<http://perinfisica.blogspot.com.br/>), uma coleção de materiais (artigos, dissertações, teses, simulações etc) relativos ao tema deste trabalho.

6. BIBLIOGRAFIA

ALARÇÃO, Isabel. **Refletir faz a diferença**. Nova Escola: Gestão Escolar - Edição Especial “Os caminhos da coordenação pedagógica e da formação de professores”. nº 6. p. 19. Junho/2011.

ALBUQUERQUE, D. S. **Uma proposta para o ensino de eletromagnetismo no nível médio**. 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2008.

ALVES, V.; STACHAK, M. **A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: “eletricidade”**. XVI Simpósio nacional de ensino de Física. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LCFIS_7859_1276288519.pdf <acesso em 08 de outubro de 2015>.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003. p. 176 – 194.

ATAIDE, A. R. P.; PULINO, A. R. S.; SILVEIRA, A. F.; BENTO, E. P. **Física, o “monstro” do Ensino Médio: a voz do aluno**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2005.
BITENCOURT, J. **Gerador de corrente contínua**. Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL, Lei de Diretrizes; Lei. Bases da educação Nacional. Lei, v. 9394, p. 96, 1996.
BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.394/96. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso 02 de Julho de 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. PCN+ Ensino Médio, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

CANALLE, J. B. G.; MOURA, R. **Demonstre em aula - a lei de Faraday e a de Lenz**. Cad.Cat.Ens.Fis., v.14,n3: p.229-301, dez.1997.

CATELLI, Francisco. **Demonstre em aula: correntes induzidas**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 3, p. 344-348, 1999.

CUNHA, A. M. O.; KRASILCHIK, M. **A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência**. Disponível em: <http://23reuniao.anped.org.br/textos/0812t.PDF><acesso em 15 de junho de 2015>.

DA PAZ, A. M. **Atividades experimentais e informatizadas: contribuições para o ensino de eletromagnetismo**. 2007. 228 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DA SILVA, M. C.; KRAPAS, S. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 471-479, 2007.

DE BONI, L. A. B. GOLDANI, Eduardo. **Introdução Clássica à Química**. Porto Alegre: Tche Química Cons. Educ. LTDA, 2007. 294p.

DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. 2ed. São Paulo: Cortez. Brasília, DF: MEC/UNESCO, 2003.

DORIGON, T. C. **A reflexão em Dewey e Shön**. Revista Intersaberes, Curitiba, ano 3, n. 5, p. 8 - 22, jan/jul 2008.

ERTHAL, J. P. C.; GASPAR, A. **Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do Ensino Médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, nº 3: p. 345-359, dez. 2006.

FERREIRA, J. A. **Formação continuada e seus reflexos na prática dos educadores**. Revista Científica Online 2010 - ISSN 1980 – 6957. Disponível em: <http://www.atenas.edu.br/faculdade/arquivos/NucleoIniciacaoCiencia/REVISTAS/REVIST2010/15.pdf> <acesso em 22 de agosto de 2015>

FRAGA, W. B. et al. **Mostra experimental de Física: Uma experiência positiva no processo Ensino-Aprendizagem**. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, No. 3, Sept. 2012*

GALIAZZI, M. C. **Objetivos das experiências no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciências & Educação, v. 7, nº. 2, p. 249 – 263, 2001.

GATTI, B. A. **Análise das políticas públicas para formação continuada no Brasil, na última década**. Revista Brasileira de Educação, v. 13, n. 37, p. 57-70, 2008.

GASPAR, Alberto. **Física: Série Brasil – Ensino Médio/Volume Único**. 1ª ed. São Paulo: Ática 2006.

GLEISER, M., **Por que ensinar física?** In: Revista Física na Escola. Vol 1. nº 1. Suplemento da Revista Brasileira do Ensino de Física: São Paulo, Outubro de 2000. p 4-5.

GOMES, J. C.; CASTILHO, W. S.. **Uma visão de como a física é ensinada na escola brasileira, e a experimentação como estratégia para mudar essa realidade**. Anais eletrônicos - 1ª jornada de iniciação científica e extensão do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFTO. Palmas, 2010.

GONICK, Larry; HUFFFMAN, Art. **Introdução Ilustrada à Física**. trad. Luiz Carlos de Meneses. São Paulo: Harbra. 1994.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física: Eletromagnetismo para ler, fazer e pensar**. São Paulo: GRAF - Instituto de Física da USP. Junho de 1998. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/fisica/GRAF/livros.html> <acesso em 10 de julho de 2015>.

HESSEL, R. **Laboratório Caseiro - Leis de Faraday e Lenz.** Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 3: p. 340-343, dez. 1999.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual.** trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina, 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LIMA JUNIOR, A. W. **Elettricidade e Eletrônica Básica.** Rio de Janeiro: Alta Books. 4ª Ed. 2013. 230p.

MATO GROSSO **Política de formação dos profissionais da Educação Básica de Mato Grosso:** formação em rede entrelaçando saberes. SUFP/SEDUC/MT. Cuiabá, 2010.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Educação. **Orientações Curriculares: Área de Ciências da Natureza e Matemática.** Cuiabá: Gráfica Print, 2012. 166 p.

MATSUDA, Kazuhiro Fujitaki. **Guia mangá eletricidade.** Trad. Silvio Antunha. São Paulo: Novatec Editora, 2009.

NOGUEIRA, G.S. **Política de Formação Continuada de Professores no Estado de Mato Grosso - 1995-2005.** 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Cuiabá: UFMT – IE, 2007.

OLIVEIRA, I. S. **Física hoje, uma aventura pela natureza: dos átomos ao universo.** Rio de Janeiro: Instituto Ciências Hoje: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2007. 175 p.

ORREGO, J. J.M.. **Electricidad I - Teoría básica y prácticas.** Marcombo, 2007.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista.** 2000. 302 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PIRES, C. F. J. S. **A tecnologia do motor elétrico para o ensino de Eletromagnetismo numa abordagem problematizadora.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v.6, nº 3, set-dez. 2013.

QUEIROZ, M. N. A. **Uma proposta didática para o ensino de geradores de energia elétrica: subsídios ao CBC mineiro.** 2011. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

ROCHA, J. F. M. (Org.) **Origens e evolução das ideias de física.** Salvador: EDUFBA, 2002.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada.** IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0058-1.pdf> <acesso em 08 de outubro de 2015>

SHÖN, Donald. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

VAILLANT, D. **Formação de Formadores: Estado da Prática**. PREAL - Programa de Promoção da Reforma Educativa na América Latina e Caribe. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Livraria Martins Fontes Editora Ltda. São Paulo – SP. 4ª ed. 1991.

ZAMBON, L. B. et al. Seleção e utilização de materiais didáticos para o Ensino da Física. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Campinas, 2011.

ANEXO I

QUESTÕES ORIENTADORAS PARA AS ENTREVISTAS COM OS MORADORES DOS ASSENTAMENTOS QUE POSSUEM MINI USINAS HIDRELÉTRICAS.

Objetivo: conhecer melhor os sujeitos do campo; analisar o custo-benefício de uma miniusina hidrelétrica, como eles lidam com essa tecnologia e o nível de compreensão que têm sobre os processos envolvidos; verificar a potência e rendimento de um gerador e o que influenciaria na qualidade de vida.

- A. NOME:
- B. SEXO: () Masculino () Feminino
- C. Há quanto tempo mora no assentamento?
- D. Há quanto tempo possui a miniusina hidrelétrica?
- E. O que te motivou a adquirir um gerador para o fornecimento de energia elétrica?
- F. Qual a potencia de seu gerador elétrico? Mantém que aparelho em funcionamento?
- G. O que mudou em sua vida depois da energia elétrica entrar em sua casa?
- H. Qual o custo de manutenção de sua miniusina?
- I. Você sabe como funciona o gerador?
- J. Você tem ideia de como é que se usa o movimento da água para fazer acender uma lâmpada em sua casa?
- K. Soube que a rede de energia do programa do governo Federal “Luz para todos” está chegando ao assentamento. Você vai substituir sua energia por essa outra?

ANEXO II

QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO A PROFESSORES QUE LECIONAM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Objetivo: conhecer melhor os sujeitos envolvidos; quais metodologias usam em sala de aula; se veem resultados significativos em seus trabalhos; se compreendem e já utilizaram geradores como aparatos com potencial facilitador da aprendizagem e como imaginam que deveria ser o ensino de Física.

Nome: _____

E-mail: _____

I PARTE – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

A. SEXO

() Masculino () Feminino

B. IDADE

() Até 24 anos () 25 a 35 anos () 36 a 45 anos
() 46 a 55 anos () Mais de 55 anos

C. FORMAÇÃO ACADÊMICA

() Graduação/curso: _____
() Especialização/curso: _____
() Mestrado/curso: _____

D. Em qual série/ano leciona disciplina de Física no Ensino Médio?

() 1º série/ano () 2º série/ano () 3º série/ano

E. Há quanto tempo trabalha com a disciplina de Física?

II PARTE – QUESTÕES REFERENTES AO ENSINO DE FÍSICA

A. Em qual conteúdo de Física os alunos apresentam maior dificuldade de aprendizagem, dentro das séries/anos em que você trabalha? Por quê?

B. Com que frequência utiliza experimentos em suas aulas?

C. Qual sua opinião a respeito do uso de experimentos em sala? Acredita que contribuam para uma aprendizagem mais significativa?

D. Você conhece o Gerador Elétrico? Em caso positivo, como ele funciona? Que conceitos físicos poderíamos trabalhar explorando as potencialidades de um Gerador?

E. Em sua opinião, como está o Ensino de Física em sua escola? Que mudanças acredita serem necessárias para melhorá-lo?

ANEXO III**1º QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO – PRÉ-TESTE**

Objetivo: Verificar se o trabalho realizado contribuiu para que alunos construíssem conceitos com significados relacionados ao estudo de eletromagnetismo a partir de um gerador elétrico.

Nome: _____

A. Qual sua opinião sobre a disciplina de Física?

B. Já estudou sobre produção de energia? Como é produzida?

C. Como funciona uma usina hidrelétrica?

D. Conhece o Gerador Elétrico? Em caso positivo, como funciona?

E. Que conceitos, em sua opinião, que estão relacionados ao eletromagnetismo (eletricidade e magnetismo) podem ser trabalhados a partir de um gerador elétrico estão relacionados ao seu contexto e como os define?

ANEXO IV**2º QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO – PÓS-TESTE**

Objetivo: Verificar se o trabalho realizado contribuiu para que alunos construíssem conceitos com significados relacionados ao estudo de eletromagnetismo a partir de um gerador elétrico.

Nome: _____

A. Já estudou sobre produção de energia? Como é produzida?

B. Como funciona uma usina hidrelétrica?

C. Conhece o Gerador Elétrico? Em caso positivo, como funciona?

D. Que conceitos, em sua opinião, que estão relacionados ao eletromagnetismo (eletricidade e magnetismo) podem ser trabalhados a partir de um gerador elétrico estão relacionados ao seu contexto e como os define?

E. A atividade experimental realizada contribuiu para melhor entender o funcionamento de um gerador elétrico? Por favor, explique sua resposta.

ANEXO V

Mapa com destaque à microrregião do Vale do Arinos.



Figura 61 - Mapa do estado de Mato Grosso com destaque a microrregião do Arinos.

APÊNDICE

Diagrama V que mostra o gerador elétrico como proposta didática para o ensino de Física



Figura 62 - Diagrama V elaborado a partir de experimento para trabalhar conceitos relacionados ao eletromagnetismo.