

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA A PARTIR DA
ENERGIA EÓLICA**

JULIANO DE BARROS CARVALHO

ORIENTADOR: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Sorocaba - SP
Fevereiro de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA A PARTIR DA
ENERGIA EÓLICA**

JULIANO DE BARROS CARVALHO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio
Orientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Sorocaba - SP
Fevereiro de 2021

JULIANO DE BARROS CARVALHO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA A PARTIR DA ENERGIA EÓLICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio Sorocaba 06 de fevereiro de 2021.

Orientador:

Prof(a). Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz
Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba

Examinadora:

Profa. Dra. Ana Lúcia Brandl
Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba

Examinador:

Prof. Dr. Alexandre Dias Ribeiro
Universidade Federal do Paraná

Sorocaba - SP
Fevereiro de 2021

Carvalho, Juliano de Barros

Sequência Didática Para o Ensino de Indução
Eletromagnética a Partir da Energia Eólica / Juliano de
Barros Carvalho -- 2021.
166f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Tersio Guilherme de Souza Cruz
Banca Examinadora: Ana Lúcia Brandl, Alexandre Dias
Ribeiro
Bibliografia

1. Indução Eletromagnética, Energia Eólica, Ensino de
Física. I. Carvalho, Juliano de Barros. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Juliano de Barros Carvalho, realizada em 26/04/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz (UFSCar)

Profa. Dra. Ana Lucia Brandl (UFSCar)

Prof. Dr. Alexandre Dias Ribeiro (UFPR)

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

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

DEDICATÓRIA

À minha esposa Rosemeire e meu filho Fernando

AGRADECIMENTO

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação e a ajuda financeira fornecida para o andamento desse curso.

Agradeço aos meus orientadores Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz e Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva pela ajuda, as aulas e a orientação que foram fundamentais para realizar esse trabalho.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e apoio nos momentos de dificuldades e dúvidas.

Ao amigo Fabiano de Queiroz Jucá pelo apoio no trabalho e ajuda prestada na revisão.

Aos meu pais José João da Silva e Geni de Barros Silva e meus irmão Roberto de Barros Silva e Marcos José de Barros Silva que sempre me apoiaram e ensinaram a importância da escola para a vida.

À minha esposa Rosemeire Cristina Gonçalves Carvalho e meu filho Fernando Carvalho que tiveram a paciência e entenderam os momentos em que estive ausente, mas que sempre apoiaram minhas decisões e me ajudaram muito nesse processo.

Muito obrigado a todos.

Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos de vento.

Érico Veríssimo

RESUMO

CARVALHO, Juliano de B.. Sequência Didática para o Ensino de Indução Eletromagnética a partir da Energia Eólica. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

Esse projeto tem o objetivo de desenvolver uma sequência didática que contribua para aprendizagem do conceito de indução eletromagnética a partir da temática energia eólica. O tema é pertinente já que ultimamente há um incentivo muito grande que países adotem uma política de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e que causem o mínimo de impacto ambiental. A energia eólica é uma fonte de energia abundante e limpa e vem crescendo o número de parques eólicos no Brasil indicando um esforço do país na diversificação da sua matriz energética. O produto educacional desenvolvido procurou, a partir da estratégia do uso de um texto de divulgação científica, da exposição de cenas do filme “O Menino Que Descobriu o Vento” e de uma série de experimentos de eletromagnetismo, desenvolver atividades que promovessem uma interação social entre os alunos e o professor. Diante das dificuldades dos alunos de compreender esses conceitos ligados ao eletromagnetismo devido ao alto nível de abstração, o produto educacional procurou, a partir da diversificação das atividades, melhorar a compreensão dos alunos a respeito da indução eletromagnética e sua aplicação na geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Indução Eletromagnética, Energia Eólica, Sequência Didática, Ensino de Física.

ABSTRACT

CARVALHO, Juliano de B .. Didactic Sequence for Teaching Electromagnetic Induction from Wind Energy. 2021. Dissertation (Master in Physics Teaching) - Federal University of São Carlos, Sorocaba campus, Sorocaba, 2021.

This project aims to develop a didactic sequence that contributes to learning the concept of electromagnetic induction from the theme of wind energy. The topic is pertinent since lately there is a very strong incentive for countries to adopt a policy of generating electricity from renewable sources and causing the least amount of environmental impact. Wind energy is an abundant and clean energy source and the number of wind farms in Brazil has been growing, indicating an effort by the country to diversify its energy matrix. The educational product developed sought, based on the strategy of using a text for scientific dissemination, the exhibition of scenes from the film “The Boy Who Discovered the Wind” and a series of electromagnetism experiments, to develop activities that promote social interaction between the students and the teacher. Given the difficulties of students in understanding these concepts related to electromagnetism due to the high level of abstraction, the educational product sought, from the diversification of activities, to improve students' understanding of electromagnetic induction and its application in the generation of electrical energy.

Keywords: Electromagnetic Induction, Wind Energy, Didactic Sequence, Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Hans Christian Ørsted.....	30
Figura 3.2 - Figura 3.2: O campo magnético (dB) em um ponto P devido a uma corrente I através de um elemento de comprimento (ds) é dado pela Lei de Bio-Savart.....	30
Figura 3.3 - André-Marie Ampère.....	31
Figura 3.4 - Michael Faraday.....	31
Figura 3.5 - Nikola Tesla.....	33
Figura 3.6 - James Clerk Maxwell.....	34
Figura 3.7 - O fluxo magnético através de um elemento de área dA é dado por $B \cdot (dA) = B \cdot dA \cos\theta$, sendo (dA) perpendicular a superfície.....	35
Figura 3.8 - Distribuição porcentual das matrizes energética no Brasil apontando uma dependência considerável da energia hidroelétrica.....	37
Figura 3.9 - A capacidade instalada de fonte eólica vem crescendo a cada ano, indicando sua importância na contribuição da geração de energia elétrica.....	38
Figura 3.10 - Destino da energia solar que chega à Terra.....	39
Figura 3.11 - Aquecimento do ar por condução, convecção e infravermelho.....	39
Figura 3.12 - Cilindro de área transversal A sob a ação de um fluxo de ar de velocidade v.....	40
Figura 3.13 - Potência no vento, por metro quadrado de seção transversal, a 15°C e 1 atm.....	41
Figura 3.14 - Principais partes de um aerogerador.....	41
Figura 3.15 - Sistema de duas polias ligadas por corrente. f_1 e R_1 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana A, f_2 e R_2 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana B, P_1 e P_2 são pontos fixos na correia, v_1 e v_2 são respectivamente a velocidade de P_1 e P_2	42
Figura 3.16 - Engrenagens acopladas diretamente. A partir de dimensões diferentes é possível transmitir movimentos e ampliar ou diminuir forças. f_1 e R_1 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana A, f_2 e R_2 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana B.....	43
Figura 3.17 - Caixa Multiplicadora.....	43
Figura 3.18 - Forças sobre a hélice.....	44
Figura 3.19 - O princípio da conservação da energia cinética do vento em energia elétrica.....	45
Figura 3.20 - Extração da energia do vento por uma turbina eólica.	45
Figura 3.21 - Esquema de um gerador de corrente alternada.....	47

Figura 3.22 - Lei de Lenz. O sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo.....	48
Figura 4.1 - Esquema da Sequência Didática.....	50
Figura 4.2 - Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento.....	52
Figura 4.3 - Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento.....	53
Figura 4.4 - Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento.....	53
Figura 4.5a - Pêndulo Eletromagnético. Constituído por um pequeno ímã que oscila pela força da gravidade sobre uma bobina feita por vários enrolamentos de fio de cobre, esses fios se ligam a uma caixa constituída de uma chave e dois LEDs. É possível selecionar numa chave agregada a opção de circuito aberto, fechado ou em curto-circuito.....	55
Figura 4.5b - Pêndulo Eletromagnético. Constituído por um pequeno ímã que oscila pela força da gravidade sobre uma bobina feita por vários enrolamentos de fio de cobre, esses fios se ligam a uma caixa constituída de uma chave e dois LEDs. É possível selecionar numa chave agregada a opção de circuito aberto, fechado ou em curto-circuito.....	55
Figura 4.6 - Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Gerador	56
Figura 4.7 - Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Solenoide.....	57
Figuras 4.8 - Pesquisa sobre o dínamo.....	78
Figuras 4.9 - Apresentação do experimento Pêndulo Eletromagnético.....	84
Figuras 4.10 - Transcrição da resposta das alunas da turma da manhã.....	84
Figuras 4.11 - Resolução da Atividade 4.....	94
Figuras 4.12 - Gráfico dos resultados da Questão 1 da Atividade 5.....	97
Figuras 4.13 - Gráfico dos resultados da Questão 2 da Atividade 5.....	97
Figuras 4.14 - Gráfico dos resultados da Questão 3 da Atividade 5.....	98
Figuras 4.15 - Gráfico dos resultados da Questão 4 da Atividade 5.....	98
Figuras 4.16 - Gráfico dos resultados da Questão 5 da Atividade 5.....	99
Figuras 4.17 - Gráfico dos resultados da Questão 6 da Atividade 5.....	99
Figuras 4.18 - Gráfico dos resultados da Questão 7 da Atividade 5.....	100
Figuras 4.19 - Gráfico dos resultados da Questão 8 da Atividade 5.....	100
Figuras 4.20 - Gráfico dos resultados da Questão 9 da Atividade 5.....	101
Figuras 4.21 - Gráfico dos resultados da Questão 10 da Atividade 5.....	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1– Levantamento de artigos para análise.....	21
TABELA3.1– As Equações de Maxwell escritas na forma diferencial e integral	34
TABELA 4.1 - Cronograma das aulas virtuais.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC – *Base Nacional Comum Curricular*

FAPESP – *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*

LED – *Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)*

UFMG – *Universidade Federal de Minas Gerais*

FAAP – *Fundação Armando Álvares Penteado*

UEMT – *Universidade Estadual do Mato Grosso*

ENEM – *Exame Nacional do Ensino Médio*

SD – *Sequência Didática*

UFP – *Universidade Federal de Pelotas*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	2
CAPÍTULO 2 - EIXO TEÓRICO EDUCACIONAL	9
2.1 A TEORIA DE APRENDIZAGEM DE VYGOTSKY	9
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	13
2.2.1 O Uso de Textos Jornalísticos em Sala de Aula	15
2.2.2 Filmes Como Recurso Didáticos	16
2.2.3 Experimentos Nas Aulas de Física	17
2.3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	19
CAPÍTULO 3 - ELEMENTOS DE FÍSICA	29
3.1 TÓPICOS HISTÓRICOS DO ELETROMAGNETISMO.....	29
3.2 AS EQUAÇÕES DE MAXWELL	33
3.3 ENERGIA EÓLICA E OS AEROGERADORES	36
3.3.1 Produção de Energia Eólica no Brasil	36
3.3.2 Energia Eólica	38
3.3.3 Aerogeradores	41
3.3.4 Indução Eletromagnética	47
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO	49
4.1 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	49
4.1.1 Levantamento de conhecimentos prévios	50
4.1.2 Atividade 1: Texto “Ventos Promissores a Caminho”	51
4.1.3 Atividade 2: Filme “O Menino que Descobriu o Vento”	52
4.1.4 Atividade 3: Experimentos de Eletromagnetismo	54
4.1.5 Atividade 4: Problemas de Indução Eletromagnética	57
4.1.6 Atividade 5: Questões de Vestibular	58
4.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	60
4.2.1 Conhecimentos prévios	62
4.2.2 Atividade 1	68

4.2.3 Atividade 2	76
4.2.4 Atividade 3	82
4.2.5 Atividade 4	92
4.2.6 Atividade 5	96
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICE A	111

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O ensino de Física sempre foi uma grande motivação para aprender mais a respeito da natureza, dos avanços tecnológicos e da percepção do mundo moderno. A forma tradicional com que aprendemos a Física contempla uma parcela de alunos que compreendem sua estrutura e importância para o desenvolvimento científico. Porém é importante possibilitar também um ensino de física que contemple uma compreensão geral do mundo, contextualizando o ensino tradicional no entendimento de fenômenos e da evolução tecnológica que vivemos.

Incentivar o professor a procurar novas formas de ensino de modo a contemplar um ensino de Física para todos os alunos tem se tornado um desafio, pois, em parte, diante das condições de trabalho ao qual a maioria dos professores é submetida, é muito difícil atualmente, uma mudança de cenário. Possibilitar essa mudança parte de uma política de valorização do professor que não somente tenha condições dignas de trabalhar como também de se aperfeiçoar constantemente.

Há diversos fatores relacionados à política educacional brasileira que explicam a forma como a Física é ensinada nas escolas e que não contempla todas as necessidades dos alunos, mas que visam apenas um ensino voltado ao exame de acesso às universidades. O sistema educacional brasileiro, especificamente no Ensino Médio baseado em vestibulares, moldou a disciplina desta forma, criando uma cultura escolar em que a Física se tornou uma matéria onde apenas se decora fórmulas para resolver problemas. O sistema educacional brasileiro baseado em ensinar o aluno para fazer provas fechou as portas ao método científico, à discussão dos impactos da ciência na sociedade, à história da ciência e suas particularidades, à Física moderna, suas discussões epistemológicas e filosóficas, em dar voz aos saberes cotidianos e o conflito de modelos.

Nesse cenário, nossa motivação em realizar essa pesquisa é desenvolver um produto educacional que possibilite mostrar aos alunos o quanto a Física é mais interessante do que a

forma como ela é apresentada em abordagens mais tradicionais. Mostrar também como o ensino é fundamental para melhorarmos nossa percepção do mundo e fazer com que o pensamento científico e organizado possa trabalhar a nosso favor. Que as concepções errôneas a respeito da natureza construída pela cultura popular não sejam referência na solução de problemas.

Este trabalho é uma descrição do esforço de se pensar como o ensino de Física na escola pode melhorar a compressão do mundo. O tema escolhido é energia, especificamente energia eólica e sua importância na geração de energia elétrica. Um tema atual e de importância mundial, pois as demandas de energia alternativa são hoje um assunto abordado em diversos centros de pesquisa e nos meios políticos. Um tema fundamental para a sala de aula, espaço de construção de saberes e de pessoas que irão atuar futuramente nesse cenário.

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) é um programa voltado para formação em nível de mestrado de professores que atuam no Ensino Médio e Fundamental na disciplina de Física com o objetivo de aprofundar o conhecimento nessa área da ciência e abordar as principais técnicas educacionais.

Há mais de 20 anos atuando na escola pública, trabalhando com física no ensino médio, vi nesse mestrado a possibilidade de melhorar minha formação como educador. Acredito que a formação continuada é a melhor forma de se atualizar a respeito de novas metodologias para a sala de aula. Além da possibilidade de se discutir a escola pública e os problemas do ensino, compartilhar experiências e trocar ideias na universidade são um caminho importante para o desenvolvimento profissional.

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

Há muitos anos o ensino de Física vem sofrendo críticas por parte de pesquisadores e educadores devido ao seu caráter mecanicista e sem relação com a realidade do aluno (MOREIRA, 2018; GASPAR, 2004). A visão que os estudantes têm do ensino de Física nas escolas, principalmente no Ensino Médio, é de preparação para os exames de acesso à universidade (RICARDO e FREIRE, 2007). A partir de um roteiro sistemático onde o professor descreve leis e fórmulas, aplica em exercícios repetitivos e depois cobra em exercícios mais complexos, fica a dúvida se há uma aprendizagem significativa nesse processo de repetição de modelos (VILLANI, 1984). Nesse estilo de ensino, onde o professor se torna o transmissor do conhecimento e o aluno o receptor, há pouquíssimo espaço para a construção do pensamento

científico, compreensão dos conceitos e sua relação com a realidade do aluno. Todo o conhecimento gira na resolução de problemas com o uso da linguagem matemática sem questionamentos ou discussões a respeito dos resultados. Diante disso a Física passa a ser vista como uma disciplina de difícil entendimento e sem sentido prático. De acordo com Moreira (2004), apesar da pesquisa no ensino de Física ter avançado em termos de produção e divulgação, ocorre ainda resistência na utilização dessa pesquisa em sala de aula, por fatores econômicos e políticos, além da má formação do professor.

Mudar a prática do ensino de Física se torna urgente, já que as demandas sociais e tecnológicas exigem uma postura mais crítica por partes dos alunos. Diante disso, uma reformulação do ensino de física se faz necessária com o objetivo de efetivar uma alfabetização científica, formando cidadãos que atuem e compreendam o mundo atual (SASSERON, 2010). Muitas pesquisas e trabalhos na área do ensino de Física (GASPAR e MONTEIRO, 2005; SILVA, 2002; SILVA e KAWAMURA, 2001) vêm trazendo alternativas diferenciadas para melhorar a aprendizagem dos conceitos físicos. Quebrar a dinâmica mecanicista do ensino de Física a partir da leitura de notícias de jornal, uso da linguagem cinematográfica com filmes que trazem a temática da ficção científica e o uso de experimento em salas de aula são algumas das formas que podem melhorar a compreensão de conceitos fundamentais. Não somente porque são ferramentas que atraem a atenção do aluno, como também promovem a discussão entre professor e a classe, favorecem o trabalho em grupo, possibilitam expor sua forma de pensamento, problematizam e contextualizam o conceito, tornando o conhecimento mais significativo.

Diante desse cenário, procurar uma metodologia de ensino que melhore a compreensão dos alunos em relação aos conceitos da Física e consiga fazer relações desses conceitos com diversas outras áreas do conhecimento se torna um desafio. A proposta desse trabalho é apresentar um produto educacional em que a metodologia incorpora elementos diferenciados, constituindo um plano de aula que cumpra esse desafio de ensinar conceitos de forma mais efetiva.

O tema escolhido foi o da energia eólica. Esse tema está relacionado à produção de energia elétrica no Brasil e no mundo como uma fonte de energia limpa e renovável. A energia eólica tem tido um protagonismo muito grande como matriz energética auxiliar na geração de energia elétrica em diversas partes do mundo. Essa contribuição se deve ao fato de ser uma energia abundante em alguns lugares e que não gera impactos ambientais tão significativos quanto outras fontes de energia. Esse tema se torna muito pertinente em sala de aula, pois apresenta uma Física mais conectada com o mundo e discute um assunto que vem se tornando

muito importante nos nossos dias, as fontes de energia alternativas. Como apontam Martin, Guarnieri e Pereira (2008, p. 1 *apud* , Goldemberg e Villanueva, 2003):

A questão energética é um dos tópicos de maior importância na atualidade. A qualidade de vida de uma sociedade está intimamente ligada ao seu consumo de energia. O crescimento da demanda energética mundial em razão da melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento traz a preocupação com alguns aspectos essenciais para a política e planejamento energético de todas as economias emergentes. Dentre eles, podemos citar a segurança no suprimento de energia necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país e os custos ambientais para atender a esse aumento no consumo de energia.

A partir dessa visão, observamos a importância do tema proposto como um cenário ideal para se abordar uma ciência mais próxima da realidade do aluno. Isso implica considerar a importância social, econômica e ambiental que o tema carrega e indica uma face da Física onde ela passa a apresentar aspectos mais concretos de discussão de seu lugar social, muito negligenciado pela tradicional forma de ensino. Gerar uma reflexão do papel da ciência como ferramenta não somente de compreensão de fenômenos, mas de transformação social é um desafio para a educação. Nesse sentido, a sala de aula passa a desempenhar um espaço de debate e transformação. Considerando que o ensino tradicional, pautado em decorar fórmulas e aplicá-las em problemas fechados, não contempla essa possibilidade, é necessária uma revisão não somente de currículo, mas também de ferramentas que possam indicar quais saberes são necessários para se alcançar esses objetivos.

A criação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um esforço no sentido de organizar de forma unificada o currículo nacional, que contemple não somente o ensino básico do conteúdo necessário daquele estágio em que se encontra o aluno, mas que esse conteúdo esteja conectado com a realidade em que ele se encontra. O texto lista uma série de competências e habilidades que são necessárias para o aluno em cada etapa escolar que ele se encontra. Para Zabala e Arnau (2010) as competências em nível escolar são os elementos necessários que uma pessoa necessita para resolver os problemas em que ela será exposta ao longo da vida se utilizando de elementos atitudinais, procedimentais e conceituais. Já as habilidades são definidas como o saber fazer ou ações que compõem as competências.

Dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias o documento aponta para uma preocupação de se elaborar um ensino que contemple o conhecimento conceitual dentro de contextos significativos a partir de situações problemas:

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. (BRASIL, 2017, p. 548).

O texto sugere uma diversificação de situações problemas na temática de **Matéria e Energia**, “incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia” (BRASIL, 2017, p. 549). Dentre as competências apresentadas, a que está em sintonia com o tema é a competência 1:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BRASIL, 2017, p. 553).

A partir de um caráter geral, interdisciplinar e contextualizado, o foco desse projeto é estudar a relação entre matéria e energia na geração de energia elétrica a partir da energia eólica, compreendendo como ocorre essa transformação a partir do conceito *indução eletromagnética*. Para isso, o objetivo principal do trabalho é criar e aplicar um produto educacional que se resume a uma *sequência didática*, que abordará o tema da energia eólica com o intuito não somente de discutir a importância dessa forma de energia hoje para a sociedade, mas também os conceitos físicos relacionados à sua transformação dessa em energia elétrica. Apesar do potencial que o tema nos permite abordar em termos de conceitos da Física, como velocidade de um fluido, potência elétrica, rotação de engrenagens, conservação de energia e outros, delimitaremos na sequência didática somente o conceito de indução.

Essas atividades procuram diversificar a linguagem ao apresentar o conceito de indução da forma mais variada possível, de modo a promover nos alunos o interesse e a interação com o objeto de estudo. Possibilitam também promover um espaço de pensamento e compartilhamento de ideias entre os alunos, permitindo que suas concepções a respeito do

assunto apareçam. Nesse processo o papel do professor, antes transmissor de conteúdo, é de interagir com as ideias dos alunos na possibilidade de abordar esses conceitos e construir novas ideias a partir da problematização.

Quando falamos em problematização devemos ter em mente quais as habilidades necessárias para que esse aluno possa resolver um problema. As habilidades listadas que estão associadas à competência 1 e a proposta dessa sequência didática no BNCC (BRASIL, 2017, p. 555) são:

- a) (EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
- b) (EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Desta forma podemos listar os objetivos específicos que queremos alcançar com a produção da sequência didática:

- Discutir a importância, aspectos sociais, econômicos e ambientais da energia eólica na geração de energia elétrica no Brasil;
- Compreender o conceito de indução eletromagnética na transformação de energia;
- Elaborar hipóteses e discutir soluções para problemas relacionados a esse tema em grupos de alunos e com o professor.

Essa dissertação é constituída pelos seguintes tópicos: eixo teórico-pedagógico, eletromagnetismo, descrição do produto pedagógico, aplicação do produto pedagógico, análise dos resultados e considerações finais.

No Capítulo 2 são discutidas as teorias que embasam essa dissertação, fazendo um levantamento de artigos na área da educação que dão uma base para entender a importância do trabalho em grupo, o uso de artigos de textos e revistas para o ensino de Física, a utilização de filmes que promovam a discussão do tema e a utilização de aparatos experimentais que possam levar os grupos de estudantes a levantar hipóteses a respeito de um fenômeno.

No Capítulo 3 é feito um resumo dos principais fundamentos do eletromagnetismo, como a corrente elétrica, campo magnético, força eletromotriz induzida, a lei de Faraday e outros, abordando os conceitos e expressões matemáticas que fornecem uma visão geral da teoria e suas aplicações tecnológicas.

No Capítulo 4 são mostradas as atividades que foram trabalhadas dentro da sequência didática, seus objetivos, conteúdo trabalhado, materiais usados, formas de avaliação e quais as motivações na aplicação dessas atividades para os alunos. É importante frisar como o eixo teórico também justifica a aplicação dessas atividades de modo a atingir os objetivos propostos.

Dando continuidade nesse capítulo, descrevemos o produto educacional como ele foi usado durante as aulas, a descrição de como as atividades foram realizadas e o modo como os alunos realizaram essas atividades. Serão listados os resultados, falas e escritas dos alunos durante a aplicação das atividades.

No capítulo 5 finalizamos o texto levantando algumas considerações finais a respeito do projeto, tecendo os últimos comentários a seu respeito, as dificuldades de sua aplicação e indicando melhorias e possibilidades de aplicações futuras.

Em anexo disponibilizamos para os professores interessados o produto educacional para aplicação em sala de aula, descrevendo como as atividades podem ser trabalhadas e apontando algumas sugestões que contribuam para o desenvolvimento do conteúdo.

Capítulo 2

EIXO TEÓRICO EDUCACIONAL

2.1 A TEORIA DE APRENDIZAGEM DE VYGOTSKY

Os trabalhos de Vygotsky têm grande influência até hoje na educação graças à sua pioneira visão de relacionar cultura e cognição. Essa relação é fundamental na construção do seu pensamento a respeito de como as crianças aprendem. Como é resumido por Lefrançois (2008), a interação social está fundamentalmente envolvida no desenvolvimento da cognição. Essa interação está relacionada com a cultura na qual essa criança está inserida e que será fundamental no seu desenvolvimento educacional. Dentro dessa visão, Vygotsky distingue as funções mentais elementares e as funções mentais superiores, trazendo aqui como a socialização possibilita sair de uma função para a outra, contribuindo para a aprendizagem. Essa transição ocorre num espaço chamado Zona de Desenvolvimento Proximal, espaço entre as funções que, a partir da interação da criança com o professor ou outra criança mais velha, é possível avançar o pensamento que será fundamental na resolução de problemas e nas atividades imaginativas.

Ao se encontrar nas funções mentais superiores a criança expressa seus pensamentos a partir da linguagem. Pela interação social, a partir dessa linguagem ocorre o seu desenvolvimento cognitivo que formará seu pensamento lógico. Desta forma fica claro como Vygotsky procurou reforçar a importância da linguagem como produto do pensamento e da articulação de ideias da criança. Assim, o desenvolvimento do pensamento é definido pela linguagem, bem como também pela experiência social e cultural do aluno. O seu desenvolvimento intelectual depende de como ele domina os meios sociais do pensamento.

Dentro desse trabalho procuramos elementos da teoria de Vygotsky que proporcionem uma base para justificar nosso trabalho. Dentro da proposta de se construir uma sequência didática, procuramos nessa metodologia de trabalho justificativas para compreender não somente como os alunos constroem seus conceitos, mas também como apresentam essas ideias. Diante disso, analisamos primeiramente as aulas de Física com essa perspectiva.

A Física é uma disciplina que tem como objetivo desenvolver nos alunos um pensamento científico. É papel do professor criar condições para isso apresentando seus termos e conceitos, as leis e equações, a história e o desenvolvimento do pensamento científico, ou seja, é função do professor apresentar uma cultura científica na qual esse aluno será ou está inserido. Logo, é fundamental que esse mesmo professor saiba que esse aluno traz para a sala conceitos espontâneos adquiridos da sua vivência do dia a dia e que é importante fazer uma relação entre o que ele sabe e como isso se relaciona ao pensamento cientificamente aceito. Como diz Oliveira (1993, pg 78):

Na concepção que Vigotsky tem do ser humano, portanto, a inserção do indivíduo num determinado ambiente cultural é parte essencial de sua própria continuação enquanto pessoa. É impossível pensar o ser humano privado do contato com um grupo cultural, que lhe fornecerá os instrumentos e signos que possibilitarão o desenvolvimento das atividades psicológicas mediadas, tipicamente humanas. O aprendizado, nesta concepção, é o processo fundamental para a construção do ser humano. O desenvolvimento da espécie está, pois, baseado no aprendizado que para Vigotsky, sempre envolve a interferência, direta ou indireta, de outros indivíduos e a reconstrução pessoal da experiência e dos significados.

Assim, dentro do que Vygotsky apresenta como teoria histórico-cultural, é importante que as aulas de Física proporcionem, a partir da interação social entre professor e aluno, uma cultura científica que possibilite construir conceitos cientificamente aceitos, de modo a desenvolver habilidades que modifiquem a realidade em que esse aluno se encontra.

Para o caso dos conceitos do eletromagnetismo as dificuldades dos alunos são evidentes, já que esses conceitos têm um alto nível de abstração. Para alguns autores (PAZ, 2007; NETO, 2013 e MOREIRA e KREY, 2006) é fato que muitos têm dificuldade de compreender o que é um campo elétrico e magnético, interação e comportamento de variáveis eletromagnéticas,

superfície gaussiana e fluxo de campo. Todos esses conceitos são pouco concretos e requerem uma dose de imaginação. A forma como esses conceitos são apresentados, com desenhos e fórmulas matemáticas, dificulta a compreensão e a construção mais elaborada do conceito.

Compreender a formação de conceito de um aluno está associado à forma como se relaciona a linguagem e o pensamento. Para Vygotsky é no significado da palavra que o pensamento e a linguagem se unem. Dentro da Física, compreender um conceito físico vai além de repetir uma lei ou decorar uma fórmula. Está na compreensão do sentido desse conceito e de toda sua estrutura e relação com outros conceitos. Nesse ponto reforçamos a importância da sua teoria para entender o porquê de trabalhar o sentido da palavra dentro de um contexto científico. Porém, esse trabalho somente é possível quando os conhecimentos prévios dos alunos se relacionam com o conhecimento científico, é a partir do trabalho do professor que esses conceitos vão se ajustando na mente do aluno, de modo que um conhecimento mais elaborado vá se formando.

Vygotsky se importou em relacionar os conceitos espontâneos com os não espontâneos, indicando que o desenvolvimento deste último tem de possuir os traços característicos ao pensamento da criança em cada nível de desenvolvimento, já que esses conceitos não são aprendidos de forma mecânica, mas resultado de uma intensa atividade mental por parte da criança (1999, p.74).

Outro elemento fundamental dentro da teoria de Vygotsky que contribui nesse processo de interação entre professor e aluno na formação da ideia de um conceito são os mediadores. Por mediação considera-se o uso de estímulos e signos que ajudem a modificar as atividades psíquicas do indivíduo. De acordo com Oliveira (1993, p. 26):

Enquanto sujeito do conhecimento o homem não tem acesso direto aos objetos, mas um acesso mediado, isto é, feito através dos recortes do real operados pelos sistemas simbólicos que dispõe. O conceito de mediação inclui dois aspectos complementares. Por um lado refere-se ao processo de representação mental: a própria ideia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supõe, necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, que representa os objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. Essa capacidade de lidar com representações que substituem o real é que possibilita que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referenciais concretos, imagine coisas jamais vivenciadas, faça planos para um tempo futuro, enfim, transcenda o espaço e o tempo presentes, libertando-

se dos limites dados pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. A operação com sistemas simbólicos – e o consequente desenvolvimento da abstração e da generalização – permite a realização de formas de pensamento que não seriam possíveis sem esse processo de representação e define o salto para os chamados processos psicológicos superiores, tipicamente humanos. O desenvolvimento da linguagem – sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – representa, pois, um salto qualitativo na evolução da espécie e do indivíduo.

Considera-se, nesse caso, o elemento mediador uma situação de trabalho que faça uma representação simbólica da realidade. Podemos dizer que esse tipo de trabalho coloca o aluno numa posição de encontrar uma solução para um determinado problema, desenvolver uma ideia que descreva o que vê ou o que entende. Ao propor uma atividade diferenciada numa situação escolar que permita que o aluno levante seus saberes de modo a realizar uma tarefa, estamos também proporcionando um início de modificação desses saberes. O mediador é um objeto simbólico entre o aluno e o professor, ele tem a característica de promover a cultura científica que coloca o aluno numa posição desafiadora. Essa posição permite não só a expressão do pensamento na forma de linguagem, mas a construção de novos saberes que possam colocar o aluno no estágio de desenvolvimento potencial.

Em nossa proposta de trabalho os mediadores são as atividades que estarão dentro de uma sequência didática. Ao propor trabalhar com textos jornalísticos, filmes, experimentos e questões contextualizadas, estamos nos apropriando de recursos que farão a mediação entre o professor e o aluno. Cada recurso desses tem uma particularidade, um objetivo e uma forma diferente, que coloca o aluno numa situação diferenciada. Mas essas atividades não estão isoladas, elas se conectam construindo uma rede de ideias que se interligam, possibilitando relações de conceitos que contribuem no desenvolvimento do aluno. Desta forma, construímos uma situação em que se desenvolve uma cultura científica, seja na presença de textos sobre ciência, na linguagem de um filme ou na compreensão de um fenômeno numa experiência.

Por fim, diante de uma proposta de se fomentar em sala de aula uma sequência de trabalho que visa mostrar como a Física está relacionada ao nosso dia a dia, não ficando somente preso a resolução de exercícios, fica evidente que a teoria histórico-social nos fornece alguns subsídios de análise para propor um trabalho diferenciado que possibilite também a aquisição de conceitos físicos que favoreçam uma melhor visão da nossa realidade.

A seção seguinte abordará sobre o entendimento da sequência didática adotada no trabalho e apresenta algumas ferramentas que serão utilizadas dentro dessa sequência.

2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Quando pensamos em uma sequência didática temos em mente um plano de aula que permite desenvolver uma série de atividades com um objetivo específico delimitado. Porém, de modo geral a sequência didática pode ter diversas características e formatos, passando de uma aula expositiva clássica até projetos de trabalho mais elaborados. Para Zabala (1998, p. 18) uma sequência didática é:

um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

A construção da sequência didática para abordar um determinado conteúdo ou tema depende de diversos fatores que passam por questões do tipo: por que é importante ensinar isso? O que eu quero que o meu aluno aprenda? Quais os objetivos que os alunos devem alcançar? Além disso, é preciso definir a forma de trabalho entre os alunos e o professor, de que modo espaço e tempo serão sistematizados para se alcançar os objetivos, como o conteúdo e as atividades serão organizadas, que recursos didáticos serão usados e como o aluno será avaliado.

A partir dessas questões e definindo o método de trabalho, é possível começar a dar corpo à sequência didática, definir como integrar o currículo e as habilidades que serão trabalhadas de modo a construir o conhecimento dos alunos e aperfeiçoando o processo de ensino e aprendizagem.

Falando da estrutura da sequência didática é necessário discutir cada elemento que a constitui. Ao se desenvolver uma sequência didática devemos inicialmente estipular os objetivos que devem ser atingidos. Esses objetivos devem estar de acordo com a capacidade dos alunos. Essas capacidades vão além das cognitivas e devem também contemplar a capacidade motora, de equilíbrio e autonomia pessoal, interpessoal e de inserção e atuação social.

Ao se definir os objetivos devemos ter em mente quais os conteúdos de aprendizagem estão atrelados aos mesmos. Para Zabala (1998) o conteúdo de aprendizagem não são somente contribuições das disciplinas e matérias, ou os saberes, conceitos, princípios e teoremas, mas aqueles que também proporcionam uma evolução motora, afetiva, de relação interpessoal e de inserção social. Os conteúdos de aprendizagem são agrupados em conceituais, procedimentais e atitudinais que estão associados às questões de "o que se deve saber?", "o que se deve saber fazer?" e "como se deve ser?" (Zabala, 1998, p. 30, apud Coll, 1986). Assim, o que ensinamos em cada conteúdo?

Nos **conteúdos conceituais** ensinamos os **conceitos e princípios** que são definições abstratas. Conceitos são fatos, objetos ou símbolos que tem características em comum, já os princípios são as relações e mudanças que ocorrem entre fatos, objetos e cenários. Ambos solicitam uma compreensão do significado e, portanto, são um processo de criação pessoal. Neste tipo de conteúdo são necessárias as interligações com conhecimentos prévios. Confirmar se um aluno aprendeu um conceito ou princípio não é observar se ele repete sua definição, mas que sabe utilizá-lo em outras situações em que eles são necessários.

Os **conteúdos procedimentais** ensinam o saber **fazer**, um conjunto de ações organizadas com a finalidade de se alcançar um objetivo. A escolha de atividades significativas é fundamental para esse propósito. Zabala (1998) indica que o que implica em uma aprendizagem de procedimentos é realizar ações que gerem aprendizagem, exercitar constantemente essas ações, refletir sobre a própria atividade e aplicar essas ações em contextos diferentes.

Por fim, nos **conteúdos atitudinais**, temos uma coleção de conteúdos que podem ser agrupados em **valores, atitudes e normas**. Quando dizemos que um aluno aprendeu um valor estamos afirmando que ele é capaz de elaborar critérios para ter uma postura diante de uma situação positiva ou negativa e uma avaliação moral perante si e de outros. No caso de aprender uma atitude, dizemos que o aluno age em situações perante um objeto, que pode ser intuitiva ou reflexiva. Na aprendizagem de normas, o aluno expressa sua aprendizagem a partir de graus que vão de uma aceitação simples com entendimento de cumpri-la, passando para um grau em que ocorre uma reflexão sobre o que significa essa norma, até um grau de interiorização das normas com aceitação das regras básicas de funcionamento de um grupo.

No planejamento da sequência didática precisamos de referências e critérios que nos permitam tomar decisões no planejamento, que auxilie diretamente no processo de ensino/aprendizagem e na avaliação. Para que isso ocorra precisamos de instrumentos que

desempenham essas funcionalidades. Os materiais curriculares são esses instrumentos que permitem desenvolver as atividades ou a exposição do conteúdo. O quadro negro, *data show*, um texto, filme, revistas ou um experimento são exemplos de materiais curriculares que possuem características e objetivos específicos dentro da sequência didática.

A avaliação é a ação que nos leva a averiguar se os objetivos estipulados inicialmente foram alcançados pelos alunos. Podemos avaliar o aluno no início das aulas, checando seus conhecimentos prévios a respeito do assunto. A avaliação não deve ser somente para o aluno, mas o professor deve constantemente se avaliar, refletir sobre sua atuação e seu plano de aula. É importante não somente avaliar a aquisição de um conceito, mas de forma global, as atitudes, o posicionamento, o saber fazer, uma nova forma de pensar e outros conhecimentos que estejam estipulados no plano de aula. Nunca devemos associar a avaliação como um instrumento de punição, mas de reflexão a respeito daquilo que podemos ou não fazer naquele momento. A avaliação deve ser um instrumento que permita olhar nossas respostas num processo de crescimento e de aprendizagem e não meramente um índice que mede aquilo que aprendeu.

É importante frisar também o quanto que a sequência didática contempla a relação conteúdo e realidade, que se introduza uma situação-problema ou uma temática social de modo a construir um conjunto de atividades que promova o desenvolvimento cognitivo do aluno. Pensando em termos de ciência, podemos reforçar como o conhecimento científico se alinha aos problemas do mundo real. Nessa abordagem epistêmica procuramos desenvolver um ensino mais focado em sentidos concretos, contrapondo ao ensino de Física clássico que criticamos.

Em sequência será abordado elementos teóricos que fundamentam as atividades que foram utilizadas na sequência didática aplicada.

2.2.1 O Uso de Textos Jornalísticos em Sala de Aula

Analisando primeiramente o uso de textos científicos dentro da ótica teórica de Vygotsky, é fato que esse tipo de proposta coloca o aluno em contato com um tipo de linguagem e situação que promovem uma familiaridade com uma cultura específica. A proposta de uso de textos e artigos jornalísticos se justifica pela linguagem jornalística ser um resumo da linguagem científica que procura ser acessível a diversos leitores que não estão acostumados com as expressões desse meio. Ao descrever um fenômeno ou uma descoberta científica, o autor procura, numa linguagem acessível e com uso de imagens, transcrever um conteúdo mais elaborado em um texto mais claro e acessível ao público leigo. Logo, como instrumento de introdução em sala de aula para um determinado conceito escolar, a utilização desses materiais

se torna uma estratégia mais interessante em atrair o aluno para a aula, assim como um mediador entre o professor e o aluno ou entre os alunos.

Na sala de aula o único contato com textos que os alunos têm geralmente é com o livro didático. Os objetivos desses livros-texto são a aprendizagem de um conteúdo de forma sistematizada e organizada, acompanhada de imagens e lista de exercícios. São comuns nesses livros, textos de caráter informativo, jornalístico e histórico como forma de aprofundar ou fazer relações entre o conteúdo e a realidade do aluno. Porém, nas aulas de Física é pouco comum a abordagem de textos de divulgação científica, aparentemente a disciplina fica à margem do que é produzido nos meios de comunicação (KAWAMURA e SALEM, 1996). Dificilmente um professor irá explorar uma notícia de jornal para abordar um tema atual e fazer uma ligação com a matéria, não é algo comum ler em disciplinas de exatas e promover discussões sociais do papel da ciência no mundo. Como Albagli (1996) aponta, a sociedade vem percebendo a atividade científica e absorvendo seus resultados a partir de diferentes tipos de canais de comunicação. A divulgação científica de caráter educacional vem a desempenhar esse papel de transmitir de uma forma mais acessível os trabalhos e resultados do conhecimento científico.

Em sua pesquisa, onde se analisa a utilização de textos científicos em sala de aula a partir da teoria de Vygotsky, Monteiro e Gaspar (2003) veem a necessidade de se observar indicadores que apontem a ocorrência de aprendizagem durante a realização das atividades:

- a) O desencadeamento de interações sociais verdadeiras durante a atividade, tanto entre professor e alunos, quanto entre os alunos;
- b) O surgimento de pseudoconceitos que marcam o início da aquisição de novos conceitos, a partir da continuidade das interações sociais que favoreçam a formação dos conceitos verdadeiros correlatos;
- c) A inter-relação entre conceitos científicos e espontâneos que evidenciam a continuidade do processo de ensino e aprendizagem de determinados conceitos científicos.

2.2.2 Filmes Como Recurso Didáticos

A utilização de filmes ou documentários em sala de aula é uma prática bastante comum em diversas matérias. Relacionado à disciplina de Física são comuns os filmes de ficção científica ou documentários a respeito de um tema da ciência.

Podemos afirmar que o uso de filmes em sala de aula é uma proposta de aplicação de tecnologia e da cultura a serviço da aprendizagem. A utilização de uma linguagem audiovisual

como forma de quebrar a rotina de sala de aula permite uma mudança de postura do aluno, mostrando uma interligação entre conteúdo e outros temas que seriam inviáveis de outras formas. A partir de um caráter mais lúdico, onde imagem e som se relacionam propondo um cenário mais concreto do que se quer trabalhar, a utilização de vídeos é uma estratégia diferenciada que, além do caráter informativo, cria condições para a realização de debates em sala de aula.

Morán (1995, p.27) descreve que a utilização do filme “aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana, e também introduz novas questões no processo educacional”.

Apesar de ser um recurso poderoso, especificamente na Física é pouco comum o uso de filmes para abordar um conteúdo da matéria. Muitas vezes os filmes são usados de forma isolada e sem relação com o conteúdo, apenas como um “tapa-buraco” ou para passar o tempo quando não se tem mais nada para abordar na aula (MORÁN, 1995, p. 3)

Porém, o potencial de utilização do uso de filmes e vídeos em sala de aula é muito grande, já que há possibilidades de se despertar a curiosidade ou introduzir novos assuntos, trazer cenários ou realidades desconhecidas, apresentar experimentos que não seriam possíveis em sala de aula ou laboratório, ou a produção de vídeos próprios dos alunos a respeito de um tema.

Por fim, há diversas possibilidades para que o mediador filme possa ser um recurso a mais no trabalho e na interação do professor com o aluno, pois ele pode inserir elementos adicionais às discussões, trazendo uma realidade nova que não seria possível apenas com aulas expositivas ou uso de livro didático.

2.2.3 Experimentos Nas Aulas de Física

Outras atividades que podemos associar a essa análise são as de experimentação. Diversos pesquisadores têm apresentado o uso de experimentos como forma de enriquecer as aulas de Física (ARAÚJO; ABIB, 2003). A utilização de procedimentos experimentais é uma alternativa metodológica que aproxima o aluno do pensamento científico. Ao se deparar com um fenômeno dentro de um experimento organizado, diversas questões podem ser levantadas. Essa prática contribui com discussões entre professor e alunos ou grupos de alunos. Expressar o pensamento diante de uma situação-problema é uma prática que contribui muito para a aprendizagem dos alunos, já que promove o levantamento de questões e formulação de

hipótese. Fica evidente o quanto a teoria histórico-social de Vygotsky contribui para compreender a importância da interação entre aluno e professor e entre os alunos na observação e discussão de resultados e procedimentos experimentais. A evolução cognitiva gerada por essa interação é parte do processo de aprendizagem que ocorre pela interação social. Gaspar e Monteiro (2005, p. 232) fazem uma análise de como a teoria de Vygotsky fundamenta a utilização de experimentos em sala de aula como forma de compreender um conceito e de promover a intersubjetividade de cada participante:

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade de simular no micro cosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sócio cultural em que vivem.

Diante das dificuldades que os alunos apresentam na compreensão de fenômenos da Física, a utilização de aparato experimental é um recurso motivador e ao mesmo tempo eficaz para trabalhar um conceito que não é de fácil visualização numa aula expositiva ou no livro didático. Porém, há várias formas de trabalhar com experimentos e dependem dos objetivos traçados pelo professor.

As potencialidades do uso da experimentação na escola vão além de meramente reproduzir um experimento de modo cartesiano na procura de um resultado correto. A exploração de suas particularidades está atrelada ao conhecimento que os alunos trazem para a escola, a forma como eles interagem com o produto experimental, o trabalho e o diálogo entre os membros do grupo e a interação com o professor. A oportunidade de explorar o experimento ou de desenvolver um novo experimento, discutir os erros e o que não deu certo, observar falhas e acertos, criar modelos e levantar hipóteses são particularidades que podem ser averiguadas num experimento, seja ele convencional ou de apenas uma situação-problema que coloque o aluno na posição de protagonista do seu conhecimento.

Em seu artigo onde aborda as pesquisas a respeito da utilização de experimentos em sala de aula, Higa e Oliveira (2012) indicam trabalhos onde o foco é centrado na interação do aluno com a atividade em que a ideia é a relação entre o experimento e o desenvolvimento cognitivo do aluno. Esse desenvolvimento somente ocorrerá se as atividades priorizarem a atuação do aluno na análise e discussão do experimento ou da problematização por trás dele. Outros artigos (CARMO e CARVALHO, 2009; PAZ, 2007; RODRIGUEZ e MACKEDANZ, 2018) priorizam a interação social onde a utilização de procedimento experimental possibilita a participação e discussão entre os alunos e entre os alunos e o professor, que nesse acaso atua como um orientador.

2.3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Nessa seção do trabalho serão apresentados alguns artigos encontrados na área do ensino de ciências e que possuem convergência temática ao que se trabalhou nessa dissertação. Para isso, revisaram-se as seguintes revistas: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista Brasileira de Ensino de Física, Ciência & Educação, Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Ensaio e Caderno Brasileiro de Ensino de Física, a partir dos seguintes termos de busca: didática, sequência didática, energia, eletromagnetismo, indução, plano de aula.

Foi possível encontrar 23 artigos, sendo que: 17 deles estão relacionados ao ensino de física; destes, um total de 14 artigos abordam sequências didáticas que contemplam diversas metodologias de ensino, dos quais 5 artigos trazem proposta experimentais, 2 propõem o uso de simuladores, um artigo discute o uso de textos de divulgação científica, e um outro usa a história da física. Diversas outras metodologias são citadas, como pesquisa, vídeos, uso de conhecimentos prévios, dramatização, jogos e aprendizagem ativa. Além dos temas dentro da física, foram separados também artigos que abordam a área de química e meio ambiente. Dentro da física diversos temas foram selecionados, como relatividade, óptica, física moderna, eletricidade, energia, robótica, cinemática e astronomia. Na área de eletricidade somente 3 artigos abordam esse tema, mas nenhum fala de indução eletromagnética. A amostragem seguinte, de 16 artigos, é aquela que mais se aproxima do nosso trabalho.

Esses artigos procuram descrever metodologias de ensino que convergem para a proposta desse trabalho. Mesmo considerando que esses trabalhos tenham temas variados, como, por exemplo, astronomia, a forma de trabalhar esses temas tem relação com a

metodologia dentro da sequência didática que propomos aplicar em sala de aula. Desta forma, procuramos trabalhos que fundamentem e qualifiquem essa sequência didática.

Após uma primeira análise sobre cada artigo, foi construída uma tabela com as principais informações dos trabalhos que escolhemos para um exame mais profundo. A tabela 2.1 abaixo lista os artigos.

TABELA 2.1– Levantamento de artigos para análise

AUTORES	TÍTULO	ANO	REVISTA
Francimar Martins Teixeira e Ana Carolina Moura Bezerra Sobral	Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso	2010	Ciência & Educação
Guilherme da Silva Lima e Marcelo Giordan	Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino	2017	Pesquisa em Educação em Ciências
Thiago de C. Gusmão, Julia de A. Valente e S. B. Duarte	A matéria escura no universo - uma sequência didática para o ensino médio	2017	Revista Brasileira de Ensino de Física
Midiã M. Monteiro e André Ferrer P. Martins	História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia	2015	Revista Brasileira de Ensino de Física
Antony M. M. Polito e Maria P. de Laia	Dinâmica de corpos rígidos em superfícies com atrito	2016	Revista Brasileira de Ensino de Física
Stenio Octávio de Oliveira Cardoso e Adriana Gomes Dickman	Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico	2012	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
Ricardo Avelar Sotomaior Karam, Sonia Maria S. C. de Souza Cruz e Débora Coimbra	Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula	2007	Revista Brasileira de Ensino de Física

Marco Aurélio Torres Rodrigues e Luiz Fernando Mackedanz	Produção de espelhos parabólicos e construção do conceito de função polinomial de 2º grau	2018	Revista Brasileira de Ensino de Física
Fabio F. Barroso, Silvânia A. Carvalho, José A. O. Huguenin e Alexandre C. Tort	Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie	2018	Revista Brasileira de Ensino de Física
A. V. R. de Araújo, E. S. Silva, V. L. B. de Jesus e A. L. de Oliveira	Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa	2017	Revista Brasileira de Ensino de Física
Maria Cândida Varone de Morais Capecchi, Anna Maria Pessoa de Carvalho e Dirceu da Silva	Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física	2000	Revista Ensaio
Neide Maria Michellan Kiouranis, Aguinaldo Robinson de Sousa, Ourides Santin Filho	Alguns aspectos da transposição de uma sequência didática sobre o comportamento de partículas e ondas	2010	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias
Fabiana Andrade de Oliveira e Rodolfo Langhi	Educação em Astronomia: investigando aspectos de conscientização socioambiental sobre a poluição luminosa na perspectiva da abordagem temática	2014	Ciência & Educação
Alex Bellucco do Carmo e Anna Maria Pessoa de Carvalho	Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física	2009	Ciência & Educação

José Roberto Lima e Helaine Ferreira	Contribuições da Engenharia Didática como elemento norteador no Ensino de Física: estudando o fenômeno de Encontro de Corpos com atividades da Robótica Educacional	2020	Revista Brasileira de Ensino de Física
Marcello Henrique da Silva Cavalcanti, Matheus Marques Ribeiro e Mario Roberto Barro	Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS	2018	Ciência & Educação

Após separar os trabalhos que mais convergiam com nossa proposta, foi construída uma sequência de questões como forma de orientar a investigação dos principais pontos de cada pesquisa. Essa investigação possibilitou compreender como esses pontos podem reforçar a escolha da metodologia apresentada nesse trabalho. As questões que orientaram essa investigação são:

- 1- Qual o objetivo ou motivação da pesquisa?
- 2- Qual o entendimento de sequência didática / Teoria de Aprendizagem usada?
- 3- Qual a sequência didática trabalhada e conteúdo?
- 4- Como foi aplicada essa sequência? Sala e escola.
- 5- Quais os resultados obtidos?
- 6- A que conclusão os pesquisadores chegaram?

A partir dessa análise foi montado um resumo de cada trabalho, que permitiu uma visão mais direcionada ao que queríamos. Essa visão tinha como propósito verificar o que motivou a pesquisa, qual o entendimento que essa pesquisa tinha sobre uma sequência didática e qual teoria de aprendizagem ele usava como eixo teórico, como essa sequência didática foi construída e trabalhada na sala de aula — além do tipo de sala e localidade, — os resultados que foram obtidos depois dessa aplicação e a conclusão que esses pesquisadores chegaram após esse trabalho.

Após a análise dessas pesquisas ficou evidente que há uma diversidade de grupos e pesquisadores que se propõem a olhar e trabalhar o ensino de física de uma forma menos tradicional e que esteja mais próxima da realidade do aluno. Construir um ensino de física baseado na ideia de que é possível ensinar conceitos científicos saindo da zona de conforto a que o ensino tradicional — quadro, giz e lista de exercícios — se propõem. A diversidade de metodologias que vão desde observar sua realidade, desenvolver experimentos, propor uma nova visão na formação do professor, revisar elementos históricos, propor discussões a partir de uma literatura científica, trabalhar com simuladores, além de outras possibilidades, nos fornece uma visão ampla de propostas que colocam o aluno em situações distintas que de modo geral permitiram um maior desenvolvimento de suas habilidades e competências.

Quando falamos primeiramente em levar para sala de aula textos que promovam a discussão de um determinado tema como proposta inicial de inserir o aluno num contexto, estamos indicando a importância da prática da leitura como forma de construção de uma linguagem científica mais consistente. Essa linguagem enriquece as discussões e o desenvolvimento de ideias, possibilitando uma melhor compreensão dos conceitos e dando subsídios de como o aluno constrói seu pensamento, ajudando o professor a avaliar. Desta forma, a pesquisa realizada por Lima e Giordan (2017), onde “foram feitas análises de quatrocentas sequências didáticas produzidas por professores de Ciências em um curso de especialização oferecido aos professores da rede estadual de ensino de São Paulo”, apontou para uma preocupação dos professores em inserir em suas sequências didáticas a divulgação científica. Porém, é fundamental reforçar que essa divulgação científica não fica apenas no campo textual, mas pode estar associada também à apresentação de documentários e visitas a centros de pesquisa. Além disso, a compreensão do trabalho desse material em sala de aula passa pelos objetivos traçados pelo professor no seu plano de ensino e a forma como o aluno interage e interpreta esse material.

Essa relação aluno/texto científico está muitas vezes relacionada à posição sociocultural em que ele — o aluno — se encontra (VIGOTSKI, 2009), e a construção de um entendimento mais homogêneo se passa pela interação e discussão em grupos de alunos com a presença do professor. Nesse caso, a função do professor é guiar o debate para a construção de um conhecimento mais sólido, atrelado aos objetivos estipulados em seu plano de aula, respeitando a linguagem coloquial do aluno:

Há que se considerar a dificuldade que os alunos têm em expressar suas ideias. Podemos depreender das falas, no sentido mais amplo, impregnadas de lacunas e repetições, que também é inegável a dificuldade do aluno em traduzir os conceitos próprios da ciência (saber científico) para uma linguagem não formal, de sala de aula. De maneira geral, essas falas denotam alguns aspectos comuns da linguagem coloquial, que devem ser levados em conta para que produzam sentidos, ou seja, devem ser remetidos às condições de produção do conhecimento científico. Este momento é fundamental no processo de transposição dos saberes e cabe ao professor, a tarefa de possibilitar a significação dos conhecimentos. (KIOURANIS et al., 2010, pg 217-218)

Dentro desse papel do professor de física em sala de aula também está o trabalho em apresentar a linguagem científica e suas formas. No que diz respeito à transformação entre a linguagem coloquial e científica, o artigo de Carmo e Carvalho (2009) descreve uma atividade utilizando os conceitos de calor e temperatura numa turma de 2º ano do ensino médio, onde o professor articula a linguagem dos alunos a respeito desses conceitos. Dentro de uma sequência didática é desenvolvida uma série de experimentos cujos dados são transformados em linguagem gráfica. Esses gráficos servem como ponte entre o professor e os alunos na articulação das ideias científicas que ele deseja que o aluno aprenda. Essa relação entre a forma como o aluno se expressa para explicar um fenômeno científico e o trabalho do professor nesse processo de transformação é fundamental para compreensão dos conceitos, já que não fica somente no campo matemático de aplicações de fórmulas sem aprofundamento teórico. A interpretação da linguagem gráfica com o apoio do professor fornece uma visão fenomenológica mais interessante para o aluno nas aulas de física.

No trabalho realizado por Oliveira e Langhi (2014) a partir de uma situação cotidiana, a falta de luz perto da escola, é desenvolvida uma sequência didática para abordar a poluição luminosa e trabalhar temas da astronomia em sala de aula. Nesse trabalho os autores descrevem a utilização de um texto de jornal local para introduzir o problema e discutir com os alunos soluções científicas para reduzir a poluição luminosa que impede a contemplação do céu noturno e os elementos astronômicos visíveis. Vemos nesse trabalho que a utilização de textos que remetem a problemas localizados ou temas nacionais são ótimos elementos de introdução e problematização em sala de aula, pois situa o aluno dentro de um contexto que ele não está acostumado a trabalhar. Ao abordar um texto sobre o uso da energia eólica no Brasil para a produção de eletricidade, estamos também apresentando um cenário onde não somente será abordado como os aerogeradores transformam essa forma de energia em energia elétrica, mas a importância de uma política de fontes alternativas de energia mais limpas e renováveis.

Diversificar a forma de trabalhar dentro de uma sequência didática também é uma estratégia eficiente de promover várias informações que complementam toda a discussão desenvolvida nas aulas. Isso é observado no artigo de Cavalcanti *et al.* (2018), em que o foco do trabalho é o ensino da produção de energia elétrica e os impactos ambientais associados a usinas hidroelétricas, no caso específico da localidade onde é aplicada a sequência, numa escola na região onde se encontra a usina de Furnas, no sul de Minas Gerais. Na sequência didática apresentada pelos autores é possível verificar a utilização de vídeos documentários, simuladores de experimentos e experimentos em sala de aula como estratégias de ensino. Essa variação de trabalho aliada a temáticas atuais confere à ciência um papel de importância social não somente

na compreensão dos fenômenos relacionados ao assunto, como nos impactos gerados na sociedade como um todo. Como os próprios autores concluem:

Sequências didáticas, na perspectiva CTS, que contemplem as dimensões epistêmicas e pedagógicas relacionadas aos conteúdos curriculares a ser ensinados possibilitam elaborações de planejamentos de ensino alternativos que possam proporcionar ao professor melhor percepção de ensino, explorando conceitos científicos a partir de temáticas relacionadas ao cotidiano dos alunos. (Cavalcanti et al., 2018, p. 871)

Sobre a utilização de experimentos em sala de aula, muitos dos artigos pesquisados (ARAÚJO *et al.*, 2017; RODRIGUEZ e MACKEDANZ, 2018; LIMA e FERREIRA, 2020; POLITO e LAIA, 2016; CARDOSO e DICKMAN, 2012; BARROSO *et al.*, 2018) procuram descrever como a utilização dessa metodologia de ensino melhora na compreensão não somente do fenômeno físico, mas também do fazer ciência. Esses artigos abordam sequências didáticas que procuram diversificar as atividades, introduzindo a metodologia experimental a partir de kits experimentais ou simuladores na internet. Boa parte dos resultados dessas sequências didáticas aponta para uma maior participação dos alunos nas aulas e melhora de resultados em pós-testes.

A presença das atividades experimentais, aliada a um conjunto de outras atividades dentro da sequência didática, enriquece o processo de aprendizagem. Dependendo de como essas atividades são organizadas, ajuda na reestruturação cognitiva, possibilitando dar suporte ao aluno nas atividades subsequentes.

A diversidade de temas e metodologias de trabalho abordados nos artigos pesquisados demonstra uma preocupação com o foco da aprendizagem em sala de aula. Monteiro e Martins (2015) reforçam a importância da história da física no ensino da inércia ao trazer diversos pensadores como Aristóteles, Galileu e Newton para a sala de aula. A sequência didática desenvolvida e analisada nesse trabalho promove uma reflexão sobre a natureza da ciência a partir do debate histórico.

No artigo de Teixeira e Sobral (2010), a forma de abordar ciências em sala de aula parte do conhecimento prévio dos alunos. Essa forma de trabalho reforça a importância do diálogo bilateral em sala de aula, focando a aula no conceito a ser aprendido e valorizando o que os

alunos trazem. Alguns artigos (GUSMÃO *et al.*, 2017; KARAM *et al.*, 2007; KIOURANIS *et al.*, 2010) trazem a área da Física Moderna para a sala de aula procurando a partir dos conhecimentos prévios, da metodologia de problematização, de visita a observatórios, colocar o aluno como protagonista da sua aprendizagem. Esse protagonismo pode ser observado nesses artigos a partir da socialização dos resultados apresentados pelos alunos dentro de uma proposta de participação ativa.

Esse é um ponto importante, já que a forma da sequência didática que propomos é de colocar o aluno como um elemento ativo durante as aulas, participando das discussões, procurando responder o que sabe sobre o tema, desenvolvendo soluções para alguns problemas e trazendo suas dúvidas a respeito. Essas interações discursivas, como aponta Capecchi *et al.* (2000) em seu artigo, não deseja substituir os conceitos prévios dos alunos por uma linguagem científica, mas saber aproveitar o potencial de cada conhecimento em determinadas situações, ou seja, “o estudante passa a apreciar o potencial das explicações científicas e saber como utilizá-las dentro dos contextos adequados, sem anular sua experiência anterior” (CAPECCHI *et al.*, 2002, p. 153).

Por fim, fica reforçado que boa parte dos trabalhos acadêmicos relacionados ao ensino de Física procura valorizar a participação ativa dos alunos. Essa participação pode ser em discussões abertas com os colegas e professor ou interagindo com atividades como textos, vídeos, experimentos, visitas a museus e interação com programas de computadores. Para que isso ocorra, o planejamento das aulas passa por sequências didáticas previamente construídas com seus objetivos gerais e específicos bem delineados. Essa preocupação de se organizar todo o processo de aprendizagem pelo qual o aluno deve passar tem respaldo na construção cognitiva que ele deve adquirir ao longo desse processo, de modo a alcançar uma aprendizagem significativa.

Capítulo 3

ELEMENTOS DE FÍSICA

3.1 TÓPICOS HISTÓRICOS DO ELETROMAGNETISMO

Historicamente é atribuído principalmente a Hans Christian Ørsted (Figura 3.1) a descoberta da relação entre a eletricidade e o magnetismo, devido ao seu clássico experimento de um condutor próximo a uma bússola percorrido por uma corrente. Dotado de uma concepção metafísica, Ørsted acreditava numa união entre eletricidade, calor, luz e magnetismo (MARTINS, 1986, p. 95) que seria a base para seus estudos experimentais, refutando a ideia de que sua descoberta tenha sido acidental. Acreditando que o caminho para encontrar uma relação do magnetismo com a eletricidade passava pelo estudo da corrente elétrica, Ørsted norteou seus trabalhos experimentais com condutores e uma bússola, de modo a encontrar essa relação.

Em 1820, após uma aula, resolveu mudar a direção do fio condutor que usualmente fazia, de modo que o condutor ficasse paralelo à bússola e observou, surpreso, uma oscilação da agulha em quase 90° . A partir disso mais experimentos foram realizados, permitindo concluir que um condutor percorrido por corrente elétrica gerava um campo magnético ao seu redor.

Figura 3.1: Hans Christian Ørsted



Fonte: <http://www.ghc.usp.br/ram-r30.htm>

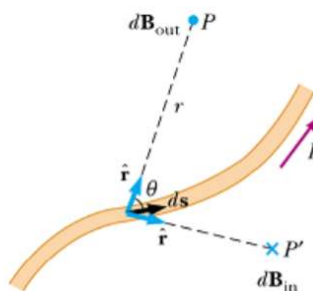
Acesso: 05/05/2020

A descoberta de Ørsted incentivou diversos cientistas a desenvolverem mais trabalhos na relação entre magnetismo e eletricidade, como Jean-Baptiste Biot, Félix Savart e André-Marie Ampère (Figura 3.3). Biot e Savart desenvolveram um formalismo matemático para essa relação, representada na equação:

$$d\vec{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0 I d\vec{s} \times \hat{r}}{4\pi r^2}. \quad (3.1)$$

A equação 3.1 é a forma atual da Lei de Biot-Savart, onde $d\vec{B}$ é a diferencial do campo magnético gerado no ponto localizado pelo vetor por $\vec{r} = r\hat{r}$, pelo elemento de corrente estacionária $I d\vec{s}$ posicionado na origem do sistema de coordenadas. A figura 3.2 esquematiza essa lei. Em seus trabalhos Ampère também concluiu que um fio percorrido por corrente também experimenta uma força na presença de um campo magnético e que dois fios percorridos por uma corrente elétrica se atraem ou se repelem mutuamente, dependendo do sentido da corrente.

Figura 3.2: O campo magnético $d\vec{B}$ em um ponto P devido a uma corrente I através de um elemento de comprimento $d\vec{s}$ é dado pela Lei de Bio-Savart.



Fonte: Serway (2004, pg. 836)

Figura 3.3: André-Marie Ampère

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/andremarie-ampere.htm>

Acesso: 05/05/2020

Outro cientista interessado pelos trabalhos de Ørsted foi Michael Faraday (Figura 3.4). O inglês desenvolveu uma série de estudos sobre trabalhos anteriores de eletromagnetismo, repetindo experimentos e buscando interpretações adequadas para os mesmos. A partir desses estudos e diante de diversas controvérsias encontradas por Faraday nesses trabalhos, ele passou a desenvolver uma série de experimentos inovadores onde conseguiu transformar energia elétrica em energia mecânica. Esses resultados aumentaram o prestígio de Faraday a ponto de manter correspondência com Ampère a respeito dos resultados de suas pesquisas (DIAS e MARTINS, 2004).

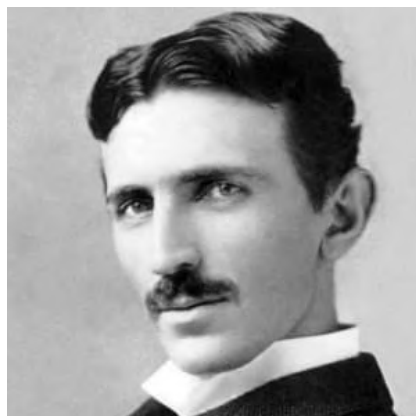
Figura 3.4: Michael Faraday

Fonte: <http://www.ghtc.usp.br/Biografias/Faraday/faradfim.htm>

Acesso: 05/05/2020

Partindo do conceito de simetria, Faraday acreditava que, se corrente elétrica podia causar efeitos em ímãs, então ímãs poderiam causar efeitos na corrente e logo passou a desenvolver uma série de experimentos usando um ímã introduzido num solenoide ligado a um amperímetro na procura desses efeitos. Apesar das dificuldades de se obter esses resultados inicialmente, ele conseguiu observar, em 1831, que uma corrente elétrica num circuito induzia corrente em outro circuito. Nesse mesmo ano, depois de mais experimentos, ele realiza seu experimento mais conhecido, conseguindo induzir corrente elétrica pela variação de um campo magnético. Era a confirmação do primeiro gerador (também conhecido como dínamo), que transforma a energia mecânica em energia elétrica. Faraday anunciou a formulação original que deu à lei da indução eletromagnética. Mas essa lei não foi apresentada através de uma equação matemática, como usualmente a conhecemos. Faraday não tinha suficiente formação matemática para representar suas ideias. Ele procurava, por exemplo, descrever o campo magnético como linhas de força, foi Maxwell posteriormente que, além de representar a indução eletromagnética na forma matemática, deu continuidade aos estudos das linhas de forças dando origem ao conceito de campo. Simultaneamente a Faraday, o americano Joseph Henry, utilizando-se de eletroímãs, descobre também o fenômeno de indução eletromagnética, além de ser o inventor do primeiro telégrafo prático.

A revolução científica ocasionada por essas pesquisas causou um impacto significativo na sociedade humana. A invenção do primeiro telégrafo, os primeiros projetos de motores elétricos e a possibilidade de geração de energia elétrica por meio de geradores mecânicos são exemplos dos resultados dessas pesquisas. Apesar disso, novos desafios surgiam, como a possibilidade de distribuição de energia para grandes distâncias e com a menor perda possível. A utilização de corrente contínua não era eficaz para esse propósito, já que a construção de geradores para esse tipo de corrente era complexa. A utilização de transformadores e da indução para a transmissão de energia para grandes tensões já havia sido testada nos trabalhos de Marcel Deprez. Nikola Tesla (Figura 3.5) propôs um motor de corrente alternada e fácil construção. Havia nesse período uma divisão entre cientistas na escolha do melhor tipo de corrente. Um grupo liderado por Thomas Alva Edison era a favor do uso de corrente contínua, enquanto outros estavam ao lado da corrente alternada, como George Westinghouse e Tesla. Com suas experiências inovadoras, Tesla possibilitou a vitória da corrente alternada (TESLA, 2012, p. 67).

Figura 3.5: Nikola Tesla

Fonte: <https://www.biography.com/inventor/nikola-tesla>

Acesso: 05/05/2020

Na próxima seção faremos uma análise sobre cada uma das equações de Maxwell para compreender suas particularidades.

3.2 AS EQUAÇÕES DE MAXWELL

A base da eletrodinâmica clássica pode ser definida por um conjunto de equações que sintetizam os principais trabalhos dessa área. Essas equações foram descritas por James Clerk Maxwell (Figura 3.6) e são fundamentais na relação da eletricidade e do magnetismo.

Maxwell nasceu na Escócia em 1831 e se formou na Universidade de Cambridge, onde obteve uma notável instrução em matemática. Ao ler “Pesquisas Experimentais em Eletricidade” de Faraday, ficou motivado com as suas ideias e passou a desenvolver uma série de equações matemáticas que pudesse descrever a linguagem inventada por Faraday (NUSSENZVEIG, 1997, p. 263).

Figura 3.6: James Clerk Maxwell



Fonte: <http://www.ghtc.usp.br/Biografias/Maxwell/Maxwelltrat.html>

Acesso: 05/05/2020

Da mesma forma, dentro dos seus estudos da eletrodinâmica clássica, ele pôde agrupar na forma de equações a Lei de Gauss, a Lei de Gauss para o magnetismo e a Lei de Ampère. Somente em 1884 as equações de Maxwell teriam a forma conhecida atualmente, mais simples, a partir do cálculo vetorial, graças aos trabalhos de Oliver Heaviside e Willard Gibbs. Na Tabela 3.1 estão representadas as quatro equações na forma diferencial e se utilizando dos Teoremas do rotacional e divergente a forma integral para o vácuo.

TABELA3.1– As Equações de Maxwell escritas na forma diferencial e integral

Forma Diferencial	Forma Integral	Nomenclatura
$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$	Lei de Gauss
$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$	Lei de Gauss para o magnetismo
$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt}$	Lei de Faraday
$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$	$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$	Lei de Ampère com correção de Maxwell

A Lei de Gauss, inicialmente proposta por Carl Friedrich Gauss, descreve na sua forma diferencial, a relação da divergência do campo elétrico \vec{E} com a densidade de carga ρ . Tais cargas geram o campo elétrico cujas linhas vão das cargas positivas para as cargas negativas.

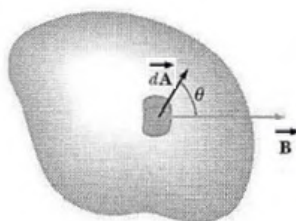
A forma integral da Lei de Gauss descreve a relação entre o fluxo do campo elétrico por uma superfície fechada e as cargas encerradas por esta. Aqui a distribuição de carga pode ser decomposta em cargas puntiformes e o campo resultante, pelo princípio da superposição, é a soma dos campos de cada carga. A partir dessa lei é possível a simplificação dos cálculos para determinar o campo elétrico de uma distribuição de carga (em relação ao método “direto”, pela lei de Coulomb). Tal simplificação exige, no entanto, um elemento de simetria para essa distribuição, de modo que se possa representar o fluxo elétrico total por essa superfície gaussiana.

A lei de Gauss para o magnetismo na sua forma diferencial prevê que a divergência do campo magnético \vec{B} em qualquer ponto do espaço é nula. Isto implica que as linhas de campo magnético são sempre fechadas em si mesmo. Portanto, essa lei afirma não ser possível a existência de monopolo magnético como ocorre com as cargas elétricas que são separadas em positivas e negativas. Os polos magnéticos nesse caso são inseparáveis, indicando que as linhas de campo não têm começo ou fim, mas que circulam ao redor do dipolo. Logo, o fluxo magnético em qualquer superfície gaussiana é zero como implica a forma integral.

O fluxo magnético ϕ_B pode ser definido com uma quantidade de linhas de campo magnético que atravessam uma determinada área. Seja um campo magnético \vec{B} sobre um elemento de área dA numa superfície qualquer como representado na figura 3.7, o fluxo magnético é definido como $\vec{B} \cdot \vec{dA}$, sendo \vec{dA} um vetor perpendicular à superfície com módulo igual à área dA . Desta forma o fluxo magnético total através da superfície é

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot \vec{dA}. \quad (3.2)$$

Figura 3.7: O fluxo magnético através de um elemento de área dA é dado por $\vec{B} \cdot \vec{dA} = B \cdot dA \cos\theta$, sendo \vec{dA} perpendicular a superfície.



A Lei de Faraday estabelece uma relação entre a variação temporal do fluxo do campo magnético numa superfície S , delimitada pela curva fechada C . Esse princípio foi fundamental para a construção dos motores elétricos. Essa lei será aprofundada num tópico posterior.

Por fim, a Lei de Ampère, estendida por Maxwell, é uma equação que descreve como um campo magnético pode ser gerado por uma corrente passando por um condutor e por um fluxo elétrico que varia com o tempo.

Assim, a partir do momento que sabemos que um campo magnético variando com o tempo produz um campo elétrico e vice-versa, o conjunto das Equações de Maxwell levou à evidência da natureza das ondas eletromagnéticas.

As equações de Maxwell são fundamentais no estudo do eletromagnetismo, já que não somente formam a base da relação entre a eletricidade e o magnetismo, como permitiram determinar teoricamente a velocidade da luz. Dentro desse projeto é importante abordar quantitativamente essas equações de modo que o aluno compreenda essas relações e como a unificação entre a eletricidade e o magnetismo foi primordial para o desenvolvimento tecnológico necessário na produção de energia elétrica.

3.3 ENERGIA EÓLICA E OS AEROGERADORES

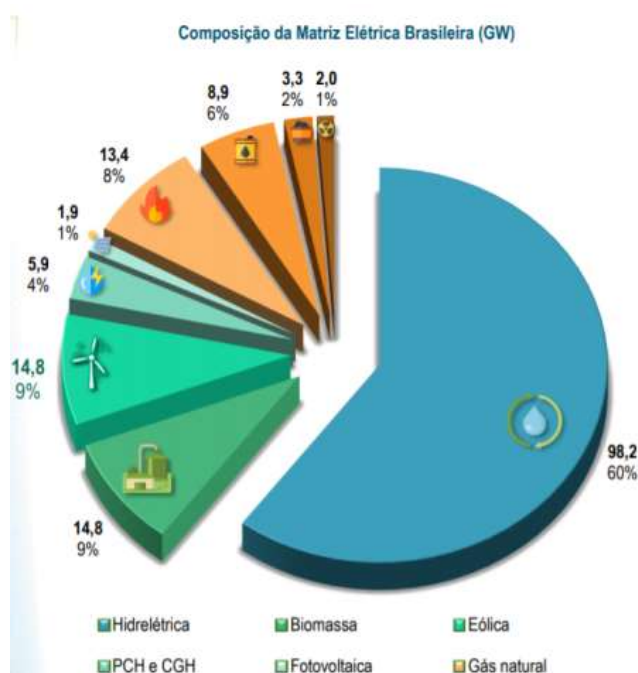
Nesse tópico abordaremos o desenvolvimento no Brasil dos parques eólicos, a natureza e propriedades da energia eólica e o funcionamento do aerogerador.

3.3.1 Produção de Energia Eólica no Brasil

Graças à crise do petróleo de 1973 o mundo viu a necessidade de procurar fontes alternativas de energia, de modo que a dependência ao combustível fóssil fosse minimizada (PINTO, 2018, p. 271). A energia eólica foi uma das alternativas apresentadas e com o passar dos anos, passou a desempenhar um papel importante como matriz energética. No Brasil, o projeto Debra (sigla para as iniciais Deutschland e Brasil) (PINTO, 2018, p. 271) é considerado o marco no uso da energia eólica na geração de energia elétrica. Esse projeto, desenvolvido em comunhão com o Centro Aeroespacial da Alemanha, tinha como objetivo o desenvolvimento de turbinas de 100 kW de potência que seriam instaladas na Região Nordeste do Brasil. O primeiro aerogerador foi instalado em 1992, na ilha de Fernando de Noronha.

Com as constantes crises hídricas e a necessidade de menos impactos ambientais devido à geração de energia elétrica, o país passou a adotar uma política de incentivo à concessão de áreas para exploração da energia eólica. Privilegiado com condições naturais favoráveis, o Brasil possui uma gama de matrizes energéticas como a biomassa, solar, hidráulica e eólica, que contribuem de forma conjunta na geração de energia elétrica. Na figura 3.8 vemos a contribuição de cada uma dessas matrizes em 2019.

Figura 3.8: Distribuição percentual das matrizes energética no Brasil apontando uma dependência considerável da energia hidroelétrica.



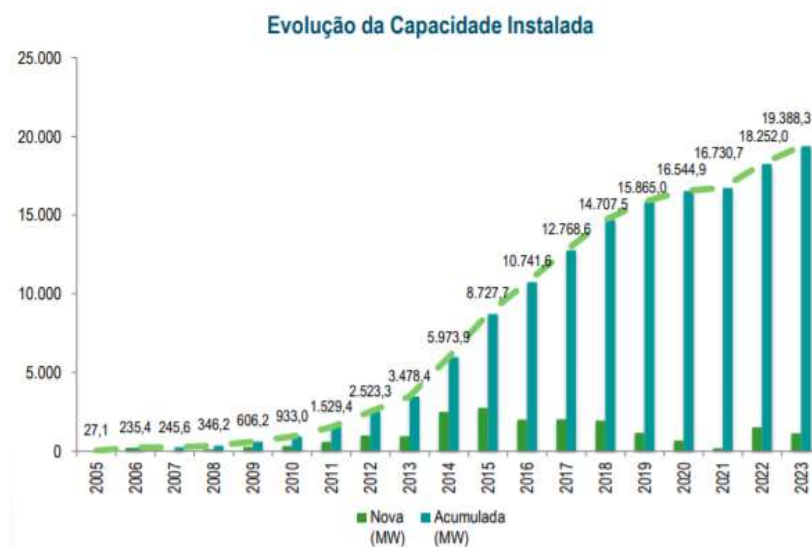
Fonte: <http://abecolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/N%C3%BAmeros-ABEE%C3%B3lica-02.2019.pdf>

Acesso: 05/05/2020

Como pode ser observado no gráfico 3.8, a energia eólica ocupa a segunda posição juntamente com a biomassa, mas ainda com uma participação bem menor que a hidroelétrica. Outras fontes listadas são as usinas hidroelétricas de pequeno porte (PCH e CGH)¹, telas fotovoltaicas e gás natural. Apesar disso, sua importância como matriz complementar ao regime hídrico e seus impactos ambientais menores vem justificando seu constante investimento com o passar dos anos, como vemos na figura 3.9 de capacidade instalada que também projeta o crescimento para os próximos anos.

¹ PCH e CGH são respectivamente as siglas para Pequenas Centrais Hidroelétricas e Centrais Geradoras Hidroelétricas.

Figura 3.9: A capacidade instalada de fonte eólica vem crescendo a cada ano, indicando sua importância na contribuição da geração de energia elétrica



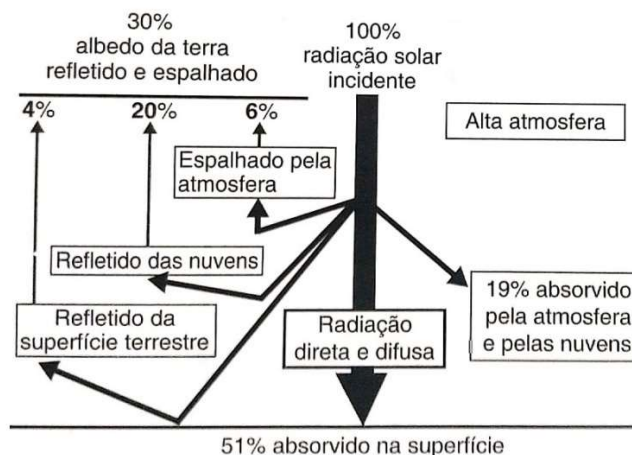
Fonte: <http://abecolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/N%C3%BAmeros-ABEE%C3%B3lica-02.2019.pdf>

Acesso: 05/05/2020

3.3.2 Energia Eólica

Como aponta Martins et al. (2008) o vento pode ser definido como o movimento de parcelas do ar na atmosfera tendo uma direção paralela à superfície do planeta. A geração desse movimento está associada à circulação de ar na atmosfera, ocasionada pelo aquecimento desigual no planeta. A energia solar incide mais intensamente na linha do equador do que nos polos. Dessa quantidade somente uma pequena porcentagem é convertida em energia cinética, que provoca o movimento do ar na atmosfera devido ao gradiente de temperatura, sendo base da formação de energia eólica. Da quantidade de energia solar que chega à Terra, 51% são absorvidas pela sua superfície, 19% é absorvida pela atmosfera e nuvens, e 30% é refletida e espelhada de volta ao espaço pela superfície terrestre (PINTO, 2018, p. 49), como vemos na figura 3.10.

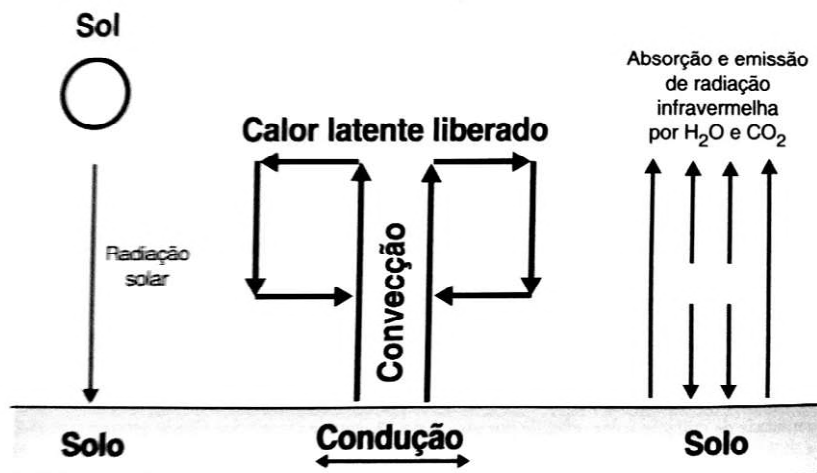
Figura 3.10: Destino da energia solar que chega à Terra



Fonte: Pinto (2018, p. 49)

Dessa quantidade que é absorvida pela superfície terrestre, parte contribui para diversos fenômenos, como a evaporação da água e o processo de fotossíntese; além disso, a partir do processo de condução, convecção e emissão de radiação infravermelha, representado na figura 3.11, parte dessa energia é transportada na forma de energia térmica para atmosfera inferior.

Figura 3.11: Aquecimento do ar por condução, convecção e radiação



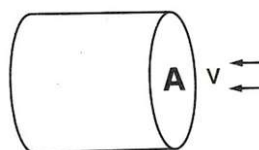
Fonte: Pinto (2018, p. 50)

O ar em movimento possui energia cinética, logo a quantidade de energia a ele associado depende da sua velocidade, mas essa velocidade é geralmente variável tanto no que diz respeito à intensidade quanto direção. Dada a sua evidente imprevisibilidade, dizemos que ele tem natureza estocástica. Para estimar a potência do vento, vamos considerar um modelo

simplificado em que uma quantidade Δm de massa de ar que passa por uma área transversal A , com velocidade v , conforme a figura 3.12. Considerando que tal travessia dura um intervalo de tempo Δt , então

$$\Delta m = \rho A v \Delta t.$$

Figura 3.12: Cilindro de área transversal A sob a ação de um fluxo de ar de velocidade v



Fonte: Pinto (2018, p. 69)

A energia cinética atribuída a massa de ar Δm com velocidade v que cruza a superfície A é dado por

$$\Delta E_c = \frac{\Delta m v^2}{2}.$$

A potência é a taxa de variação de energia cinética em função do tempo Δt . A potência associada a este transporte de energia é, portanto,

$$P = \frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta m v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2} \dot{m} v^2,$$

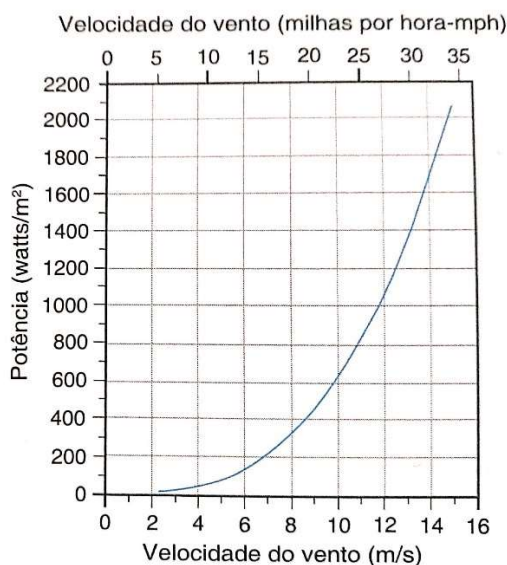
no qual $\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t}$ ou a vazão de massa fluindo através de A que pode ser representado por $\dot{m} = \rho v A$, em que ρ é a densidade do ar, v a velocidade do ar e A a área transversal do cilindro considerado na figura 3.12. Assim, temos a expressão

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \rho A v^3 \\ \frac{P}{A} &= \frac{1}{2} \rho v^3, \end{aligned} \quad (3.3)$$

em que $\frac{P}{A}$ é a densidade superficial de potência transportada pelo vento e podemos considerar que a densidade ρ seja dependente de vários fatores, como a altura em que se encontra o vento, sua temperatura, a pressão atmosférica e a gravidade local. A densidade superficial disponível pelo vento é diretamente proporcional ao cubo da velocidade do vento, a figura 3.13 mostra

essa relação indicando um crescimento cúbico da potência em relação a velocidade do vento. Isso indica que um pequeno acréscimo na velocidade do vento garante uma boa variação na potência fornecida ao aerogerador. Porém, somente uma parte dessa energia é aproveitada, devido às perdas geradas pela interação não otimizada do vento com as pás além de outros fatores mecânicos.

Figura 3.13: Potência no vento, por metro quadrado de seção transversal, a 15°C e 1 atm

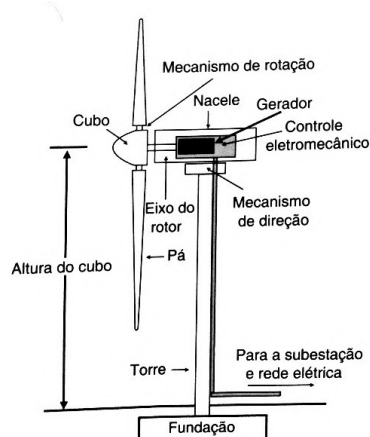


Fonte: Pinto (2018, p. 70)

3.3.3 Aerogeradores

Os aerogeradores são equipamentos que têm a função de transformar a energia que vem dos ventos em energia elétrica. A energia dos ventos movimentam as pás da turbina, transmitindo-a ao gerador que tem a função de converter essa energia mecânica em elétrica. Além da turbina o aerogerador também é constituído de torre, nacelle, caixa de engrenagem, cubo, gerador e pás, como esquematizado na figura 3.14.

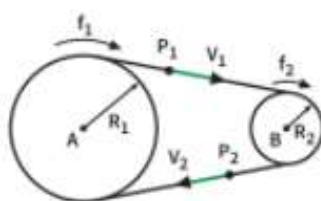
Figura 3.14: Principais partes de um aerogerador



Fonte: Pinto (2018, p. 157)

A torre é a estrutura que dá sustentação a todo o conjunto superior, podendo ser constituída de concreto e/ou aço. A nacele é a estrutura construída em cima da torre onde está contido o gerador e a caixa de acoplamento. As engrenagens contidas na nacele fazem o sincronismo da baixa velocidade da turbina com a alta velocidade do gerador. Esse conjunto de engrenagens forma a caixa multiplicadora que tem o objetivo de transmitir a energia mecânica fornecida pelo eixo do rotor até o gerador. Um sistema simplificado desse mecanismo complexo é representado na figura 3.15.

Figura 3.15: Sistema de duas polias ligadas por corrente. f_1 e R_1 são, respectivamente, a frequência de giro e o raio da roldana A, f_2 e R_2 são, respectivamente, a frequência de giro e o raio da roldana B, P_1 e P_2 são pontos fixos na correia, v_1 e v_2 são, respectivamente, as velocidades de P_1 e P_2 .



Fonte: <https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/cinematica-movimento-circular-uniforme/>

Acesso: 22/05/2020

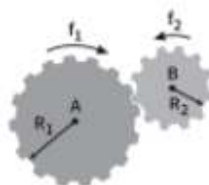
A partir da combinação de engrenagens de características distintas é possível fornecer movimentos e ampliar ou reduzir forças. A velocidade linear v da roldana está associada à velocidade angular. Como v_1 e v_2 são iguais podemos obter a equação 3.4, sabendo que a velocidade angular pode ser escrita em termos de frequência f :

$$v_1 = v_2$$

$$2\pi f_1 R_1 = 2\pi f_2 R_2$$
$$f_1 R_1 = f_2 R_2 . \quad (3.4)$$

A partir da equação 3.4, percebe-se que, para que ocorra um aumento da frequência da polia e, portanto, da velocidade angular, é imprescindível que ambas as polias tenham raios diferentes. Esse mesmo princípio também é observado em engrenagens acopladas diretamente, com a diferença de que o movimento das engrenagens é no sentido oposto, como observamos na figura 3.16. Nos aerogeradores esse princípio físico é usado em grande escala, como é representado na figura 3.17, onde engrenagens de vários tamanhos e modelos são configuradas de acordo com a potência pretendida.

Figura 3.16: Engrenagens acopladas diretamente. A partir de dimensões diferentes é possível transmitir movimentos e ampliar ou diminuir forças. f_1 e R_1 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana A, f_2 e R_2 são respectivamente a frequência de giro e o raio da roldana B



Fonte: <https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/cinematica-movimento-circular-uniforme/>

Acesso: 22/05/2020

Figura 3.17: Caixa Multiplicadora



Fonte: <https://fabricioengmec.blogspot.com/2017/>

Acesso: 22/05/2020

No cubo, constituído de aço ou liga metálica, são fixadas as pás. As pás são as componentes que se movimentam com a força dos ventos, construídas em fibra de vidro e reforçadas com epóxi e/ou madeira. As pás têm formato de aerofólios cuja potência requerida no gerador depende do comprimento e largura delas.

Figura 3.18: Forças sobre a hélice



Fonte: Cypriano e Imanishi (2014, p.13)

O vento, que é o ar em movimento, é considerado um fluido que gera uma força resultante sobre as pás quando está passando por elas. Essa força pode ser decomposta em duas forças perpendiculares, como vemos na figura 3.18, que são a força de arrasto F_D paralela ao movimento do fluido e a força de sustentação F_L perpendicular a esse movimento do ar. Tanto a força de sustentação como de arrasto dependem da velocidade ao quadrado do vento, como observado nas equações 3.5 e 3.6 (PINTO, 2018, p. 105):

$$F_L = \frac{1}{2} C_s \rho A v^2, \quad (3.5)$$

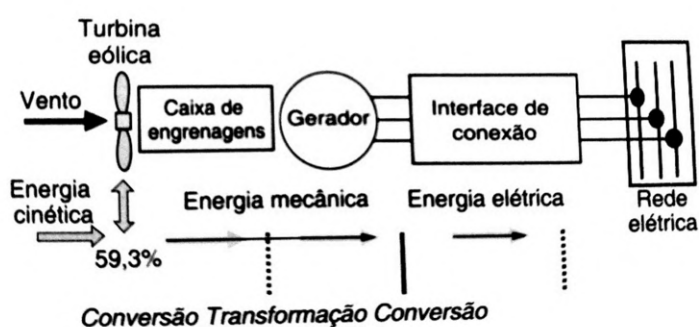
$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2, \quad (3.6)$$

onde C_s e C_D são, respectivamente, o coeficiente de sustentação e o de arrasto que são obtidos experimentalmente; ρ é a massa específica do ar e A é a área transversal. A força de sustentação, responsável pelo giro da pá, pode ser explicada pela diferença da velocidade do fluido nas duas faces do aerofólio, provocando uma diferença de pressão que dá origem a F_L . Essa relação de velocidade e pressão pode ser explicada pela equação de Bernoulli. Já a força de arrasto é uma força de oposição sobre um corpo quando submetido a um fluido com velocidade relativa entre eles.

O gerador é o coração do aerogerador já que é responsável pela produção de energia elétrica. Existem dois tipos usados, as máquinas síncronas e assíncronas. As primeiras são

conversores eletromecânicos rotativos que operam em velocidade constante quando em regime estável senoidal. As máquinas assíncronas são um motor elétrico de corrente trifásica, bifásica ou monofásica, cujo rotor está excitado pelo estator e a velocidade de rotação não é proporcional à frequência da sua alimentação; são máquinas de indução que trabalham com corrente alternada. A figura 3.19 apresenta um esquema simplificado do fluxo de energia desse equipamento.

Figura 3.19: O princípio da conservação da energia cinética do vento em energia elétrica



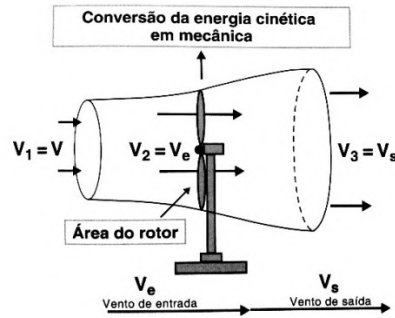
Fonte: Pinto (2018, p. 79)

Para determinar o máximo de potência aproveitada pela turbina eólica precisamos considerar a potência total fornecida e a potência útil utilizada, sabendo que há perdas devido a diversos fatores nesse processo. A potência total fornecida é dada pela equação 3.3 que deduzimos anteriormente. Já a potência útil (P_u) é a diferença da potência total (P) com a potência de saída (P_s), ou seja, a energia que não é utilizada para mover as pás, logo

$$P_u = P - P_s. \quad (3.7)$$

Uma quantidade de vento se desloca com velocidade de entrada v_1 em direção às pás do aerogerador, como representado na figura 3.20. Sua velocidade diminui para v_2 já que parte da sua energia cinética inicial é transferida para girar as pás. O vento de saída agora se move com velocidade v_3 e uma energia cinética menor que a de entrada.

Figura 3.20: Extração da energia do vento por uma turbina eólica. A



Fonte: Pinto (2018, p. 91)

Podemos reescrever a expressão 3.7 em termos de vazão da massa de ar e da velocidade do vento nos dois momentos:

$$P_u = \frac{1}{2} \dot{m} v_1^2 - \frac{1}{2} \dot{m} v_3^2 . \tag{3.8}$$

Considerando $\dot{m} = \rho v_2 A$ a vazão da massa de ar com velocidade v_2 interagindo com as pás da turbina, substituímos na expressão 3.8:

$$P_u = \frac{1}{2} \rho A v_2 (v_1^2 - v_3^2),$$

sendo $v_2 = \frac{v_1 + v_3}{2}$ a média aritmética chamada de limite de Betz, que é uma suposição razoável para a relação entre as velocidades (PINTO, 2018, p. 92), temos

$$P_u = \frac{1}{4} \rho A (v_1 + v_3) (v_1^2 - v_3^2).$$

Como o rendimento é a razão entre a potência útil com a potência total dada pela equação 3.2, temos:

$$\eta = \frac{\frac{1}{4} \rho A (v_1 + v_3) (v_1^2 - v_3^2)}{\frac{1}{2} \rho A v_1^3}$$

$$\eta = \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{v_3}{v_1} \right) \right] \left[1 - \left(\frac{v_3}{v_1} \right)^2 \right]$$

Substituindo $\frac{v_3}{v_1}$ por x, temos:

$$\eta = \frac{1}{2} [1 + x][1 - x^2]. \tag{3.9}$$

Calculando o ponto máximo dessa equação, $\frac{d\eta}{dx} = 0$, obtemos $x = 1/3$. Substituindo esse resultado na equação 3.9, chegamos a:

$$\eta = 0,5925 \cong 59,3\%.$$

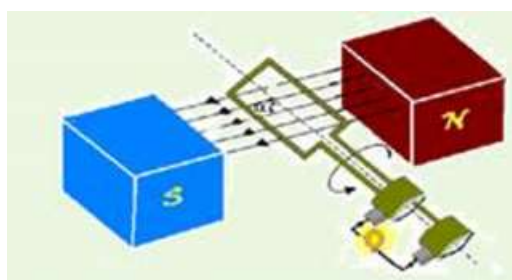
Esse resultado indica que, nesse modelo, no máximo 59,3% da potência fornecida pelo vento pode ser aproveitada pela turbina eólica. Essas limitações indicam que boa parte da energia que vem dos ventos vai ser perdida durante o percurso de transformação de energia até a geração de energia elétrica.

3.3.4 Indução Eletromagnética

Como já foi afirmado, o processo de conversão de energia no aerogerador ocorre em duas etapas. Na primeira, a energia cinética dos ventos é convertida em energia cinética rotacional e em seguida é convertida em energia elétrica. Essa parte final ocorre no gerador presente na parte interna da nacela. Para compreender como ocorre a transformação de energia mecânica em elétrica, podemos inicialmente pensar no que acontece com um circuito elétrico, imerso num campo magnético, que se move em função do tempo.

Na figura 3.21, uma espira retangular gira dentro de um campo magnético uniforme, esse movimento giratório provoca uma variação do fluxo magnético pela área dessa espira. De acordo com a Lei de Faraday essa variação do fluxo produz um campo elétrico por todo condutor do circuito gerando uma força eletromotriz (*fem*) induzida entre os terminais. A existência dessa *fem* (ϵ) permite o movimento ordenado dos elétrons livres nesse condutor, logo temos uma corrente elétrica induzida devido a essa variação de fluxo do campo magnético. Essa corrente oscila em consequência do movimento giratório da espira caracterizando esse tipo de corrente como alternada.

Figura 3.21: Esquema de um gerador de corrente alternada



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/eletricidade/eletromagnetismo/fluxo-magnetico/>

Acesso: 23/05/2020

Considerando inicialmente a equação 3.2, a força eletromotriz na espira pode ser determinada com a ajuda da Lei de Faraday,

$$\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}. \quad (3.10)$$

No lado direito, trocando apropriadamente a ordem das operações derivada e integração temos a variação do campo magnético em função do tempo para um elemento de área dA :

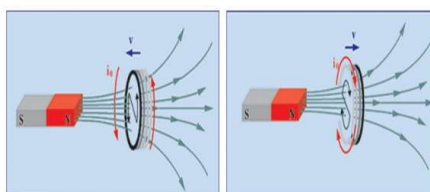
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}. \quad (3.11)$$

A equação 3.11 é a Lei de Faraday na forma integral que já havia sido apresentada no tópico das Leis de Maxwell, ou seja, indica que a variação do fluxo do campo magnético devido ao movimento relativo da espira em relação a esse campo gera um campo elétrico. Desta forma a maioria dos geradores se utilizam da lei da indução para que possa, a partir da energia mecânica, gerar corrente elétrica.

No caso dos aerogeradores o movimento das hélices transfere energia mecânica para que a espira rotacione dentro desse campo magnético. Esse movimento gera a corrente alternada, energia essa que depois será distribuída para residências e indústrias. A magnitude dessa corrente induzida depende da velocidade relativa entre a espira e o campo magnético, sendo que quanto maior essa velocidade, maior o pico de corrente.

Para finalizar, há uma explicação física para o sinal negativo que aparece na equação 3.11. Sabemos que, aproximando um ímã de uma espira, o fluxo magnético induz uma corrente nessa espira, de modo que um campo magnético é gerado devido a essa corrente induzida com polaridade tal que uma força de repulsão é sentida pelo ímã que se aproxima. Se o sentido for o contrário, ou seja, com o afastamento do ímã, a polaridade se inverte na espira, surgindo, nesse caso, uma força de atração no ímã que se afasta, como ilustrado na figura 3.22. Em resumo, a todo momento a mudança no sentido da corrente é uma oposição à variação do fluxo. Essa é a Lei de Lenz que permite explicar o sinal negativo que aparece na Lei de Faraday.

Figura 3.22: Lei de Lenz. O sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo magnético.



Fonte: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/lei-de-lenz-e-sua-importancia/>

Acesso: 24/05/202

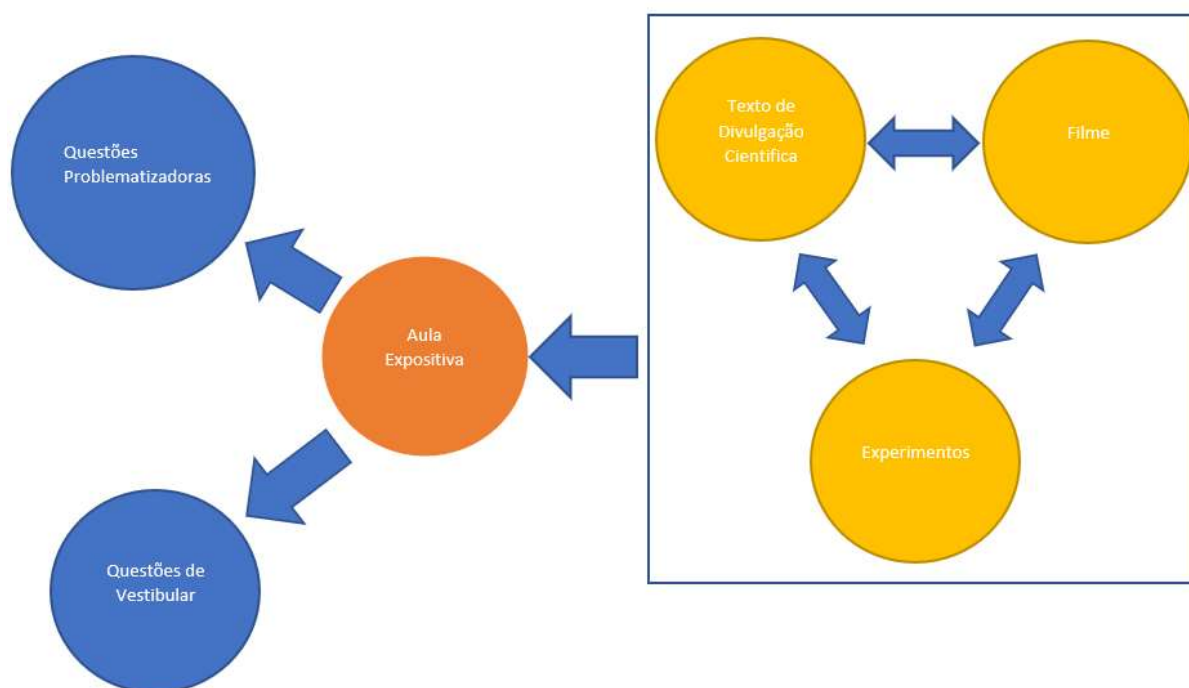
Capítulo 4

METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO

4.1 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A estrutura da sequência didática (SD) está organizada em uma série de atividades que procuram se relacionar entre si de modo que haja um complemento entre elas. Sua construção parte inicialmente do que os alunos sabem sobre o tema de energia eólica; depois apresentamos o tema a partir de uma reportagem de revista de divulgação científica que introduz alguns conceitos e o cenário brasileiro na adoção da energia eólica como fonte alternativa na geração de energia elétrica. Introduzidos esses fatores, partimos para a exposição de trechos de um filme, “O Menino que Descobriu o Vento”, onde ampliamos essa discussão e levantamos questões sobre conceitos físicos da geração de energia apresentados no filme. Aprofundamos esses conceitos a partir de uma sequência prática constituída por um experimento concreto e simulações. Entre essas atividades iniciais e a atividade final há uma aula expositiva onde organizamos os conceitos trabalhados nessas aulas. A figura 4.1 mostra um esquema de como essas atividades estão organizadas e como se relacionam. Finalizamos a SD introduzindo questões problematizadoras e de vestibular, observando se a mesma possibilitou melhorar o repertório e a compreensão dos alunos diante do conceito de indução eletromagnética.

Figura 4.1: Esquema da Sequência Didática



Fonte: Próprio Autor

Como dito anteriormente, o uso do tema da energia eólica nessa sequência didática constrói um contexto para o ensino da indução eletromagnética. Ao apresentar o cenário da produção de energia elétrica no Brasil a partir dessa fonte alternativa, estamos mostrando a relação do conteúdo escolar com a realidade. Essa sequência de atividades procura construir tal relação de modo que cada parte converse com a outra. Nos próximos tópicos procuramos descrever as características de cada atividade e suas relações com os objetivos específicos de cada uma.

4.1.1 Levantamento de conhecimentos prévios

As questões de conhecimentos prévios a respeito de um tema têm como objetivo conhecer o que o aluno sabe sobre o tema trabalhado e explorar esse conhecimento durante a aula. Muitas vezes esse levantamento pode indicar concepções erradas que esse aluno tenha a respeito do tema ou conceito.

Essa atividade foi construída na forma de questionário, onde as questões abordavam o que os alunos sabiam a respeito do tema da energia eólica. Essas questões procuravam saber o que eles entendiam a respeito dessa forma de energia, onde haviam ouvido falar sobre o tema,

se já tinham visto um aerogerador, e o que sabiam a respeito da transformação da energia eólica em outras formas de energia.

4.1.2 Atividade 1: Texto “Ventos Promissores a Caminho”

A atividade 1 se refere à utilização de um texto sobre energia eólica publicada na Revista FAPESP (ZAPAROLLI, 2019), com o título “Ventos Promissores a Caminho”. A utilização desse texto tem como objetivos: desenvolver a leitura e compreensão do tema a partir da discussão em grupo e com o professor, reconhecer elementos da Física em textos de divulgação científica e fazer relações entre ciência e informação jornalística.

O texto aborda a expansão da produção de energia elétrica no Brasil a partir da instalação de parques eólicos dentro da política de concessão e como essa produção e instalação vem crescendo a cada ano. Também é discutida a possibilidade de aumentar a potência dos aerogeradores como forma de aumentar a produção de energia e de que modo as pesquisas de empresas desse ramo vêm se empenhando em encontrar soluções para o aumento dessa potência. Além disso, o artigo discute outras pesquisas de universidades e empresas particulares no Brasil, que visam diminuir ou acabar com aspectos negativos associados com os aerogeradores, como a poluição sonora e a mortalidade de pássaros que se chocam com as hélices. O artigo finaliza relatando a redução de custos de investimentos para energia eólica, indicando que tanto o mundo como o Brasil tendem a aumentar a produção de energia elétrica a partir dessa fonte renovável.

Tal texto foi escolhido para essa atividade por se apresentar numa linguagem simples, fornecendo de forma atualizada informações sobre o assunto e abordando a importância da pesquisa no desenvolvimento científico. Além disso, apresenta gráficos a respeito do aumento de produção de energia por aerogerador no Brasil, da porcentagem de contribuição na geração de energia elétrica da matriz energética brasileira, dos líderes de produção de energia no mundo a partir da eólica e da presença de parques eólicos no Brasil. Outro fator importante são alguns termos físicos apresentados, como potência instalada — cujas unidades são MW e GW —, energia, rotação, velocidade, força e aerodinâmica. Esses conceitos são apresentados no texto sem nenhuma explicação ou definição direta de cada um. Em termos didáticos, apenas um diagrama mostrando em partes e de forma resumida o funcionamento do aerogerador é apresentado no texto. Apesar de não ter apelo didático, sua linguagem direta e informativa é uma ótima introdução ao tema da energia eólica, facilitando a discussão e permitindo o levantamento de dúvidas sobre os conceitos físicos ou de outras áreas do conhecimento

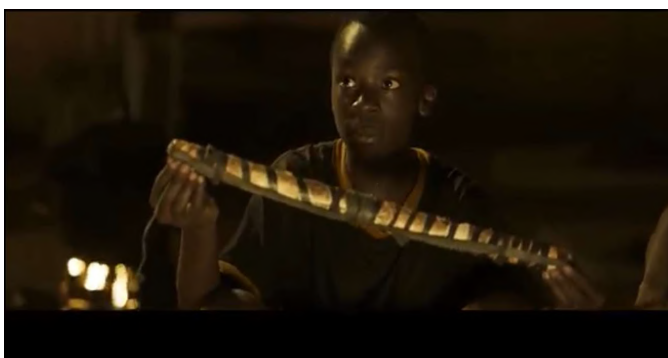
científico. Além do texto, a atividade também é composta de um questionário que auxilia na discussão dos grupos de alunos.

4.1.3 Atividade 2: Filme “O Menino que Descobriu o Vento”

Dando sequência à atividade anterior, foi preparado em formato de vídeo uma sequência de cenas do filme “O Menino que Descobriu o Vento”, do diretor Chiwetel Ejiofor, disponível no catálogo da Netflix. Nessas cenas procuramos focar os momentos mais importantes relacionados ao conhecimento da Física. Os objetivos dessa atividade são discutir os principais elementos do filme relacionados à produção de energia elétrica a partir da energia eólica e apontar outros elementos relacionados à eletricidade.

O filme conta a história real de um menino, William Kamkwamba, que vive numa pequena aldeia no Malawi, país central do continente africano. Prestes a entrar para a escola, sua família enfrenta dificuldades com a agricultura, fonte de alimento para aldeia e meio de subsistência, graças aos problemas climáticos ocasionados pelo desmatamento local devido à indústria do tabaco. Sem acesso à luz, ele procura no lixão formas de produzir energia elétrica para poder estudar à noite; além disso, os problemas financeiros dos pais impedem-no de pagar a escola, sendo expulso de lá. Apesar de todas as dificuldades, ele vê na ciência a possibilidade de mudar de vida quando conhece o dínamo usado na bicicleta do seu professor. A partir disso, passa a estudar e pesquisar uma forma de gerar eletricidade para poder irrigar a plantação da sua família e não ficar dependente das estações climáticas.

Figura 4.2: Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento



Fonte: Netflix

Essa história de superação mostra como a força de vontade e o estudo podem levar esperança a uma localidade carente. William constrói um rústico aerogerador a partir de material retirado do lixo e muda a realidade do local. Durante o filme é possível ver um pouco do conhecimento que ele tem sobre eletricidade, por exemplo, juntando pilhas para poder gerar mais eletricidade para ligar um rádio ou quando constrói um protótipo de um aerogerador para saber como ele funciona. Esses elementos presentes no filme trazem consigo diversas questões para discussão em sala de aula, não somente o exemplo de superação numa realidade nem tão distante do que ocorre no Brasil, mas também o conhecimento de Física na área da eletricidade. Um ponto chave disso é a descoberta do dínamo por William, pois é nesse momento que ele vê a possibilidade de levar água para o campo. Como funciona o dínamo é a questão-chave dessa atividade para que os alunos possam complementar a leitura da atividade anterior, já que não é explicado diretamente no texto da FAPESP como a energia mecânica é transformada em energia elétrica. No filme isso também não é explicado diretamente, mas aparecem os primeiros elementos, como ímã e campo magnético.

Figura 4.3: Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento



Fonte: Netflix

Figura 4.4: Cena do filme O Menino que Descobriu o Vento



Fonte: Netflix

A partir dessa história e do material fornecido por ele é possível levantar diversas discussões em sala de aula que vão se complementando com a atividade anterior e

possibilitando uma construção mais ampla do tema. Para essa atividade, além da exposição do filme foi confeccionado um questionário que auxilia na discussão entre os alunos e com o professor, um resumo do que os alunos entenderam das cenas apresentadas e uma pesquisa sobre o funcionamento do dínamo para casa.

4.1.4 Atividade 3: Experimentos de Eletromagnetismo

Após a exposição e discussão do filme e do trabalho com o artigo de divulgação científica, passamos a trabalhar na terceira atividade com uma série de experimentos que são divididos em duas partes: um experimento físico para apresentação em sala de aula e dois experimentos de simulação virtual. Esses experimentos têm em comum o conceito de indução eletromagnética que até esse momento não foi abordado em nenhuma das atividades anteriores. Aqui apresentamos o fenômeno pela primeira vez, sendo o foco desses experimentos mostrar a relação desse fenômeno com o processo de transformação de energia por movimento, além de entender que essa transformação ocorre a partir da variação do fluxo do campo magnético que induz uma força eletromotriz na bobina, gerando uma corrente elétrica. Além disso, os objetivos dessa atividade experimental são analisar as particularidades do experimento apresentado, levantar hipóteses a respeito do fenômeno e desenvolver uma explicação a partir de pesquisa.

O primeiro experimento é o pêndulo eletromagnético visto nas Figuras 4.5a e 4.5b, onde temos um ímã que oscila sobre uma bobina fixa a uma base. Essa bobina é ligada por meio de fios a dois LEDs e uma chave que permite selecionar o circuito aberto, fechado ou em curto. Ao deixar o ímã oscilando sobre a bobina, deixando-o cair de uma determinada altura, é observado que os LEDs se acendem exatamente no momento que esse ímã passa pela bobina.

Figura 4.5a: Pêndulo Eletromagnético. Constituído por um pequeno ímã que oscila pela força da gravidade sobre uma bobina feita por vários enrolamentos de fio de cobre, esses fios se ligam a uma caixa constituída de uma chave e dois LEDs. É possível selecionar numa chave agregada a opção de circuito aberto, fechado ou em curto-circuito.



Fonte: Próprio Autor

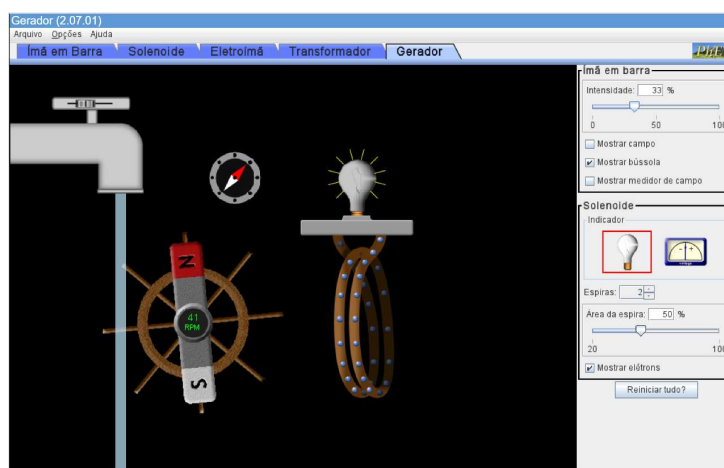
Figura 4.5b: Pêndulo Eletromagnético. Constituído por um pequeno ímã que oscila pela força da gravidade sobre uma bobina feita por vários enrolamentos de fio de cobre, esses fios se ligam a uma caixa constituída de uma chave e dois LEDs. É possível selecionar numa chave agregada a opção de circuito aberto, fechado ou em curto-circuito.



Fonte: Próprio Autor

Para os experimentos virtuais é utilizado o site do PHET², onde trabalhamos com dois experimentos específicos: gerador e solenoide. No primeiro temos um ímã que gira a partir da força da água que sai de uma torneira. Podemos controlar a vazão da água para que o ímã gire mais rápido ou não; além disso, há as opções de controlar a intensidade do ímã, mostrar as linhas de campo, bússola, medidor de campo e aumentar e diminuir o número de espiras ou sua área. A passagem de corrente induzida por conta do movimento giratório do ímã acende uma lâmpada, sendo possível observar um aumento ou diminuição da sua luminosidade de acordo com as mudanças de algumas dessas variáveis. No experimento com o solenoide a interface de comando é parecida, ou seja, as opções de mudança são as mesmas do experimento do gerador, a diferença agora é que o aluno movimenta o ímã ou a bobina uma em relação à outra para acender a lâmpada e ver como essa interação afeta a sua luminosidade.

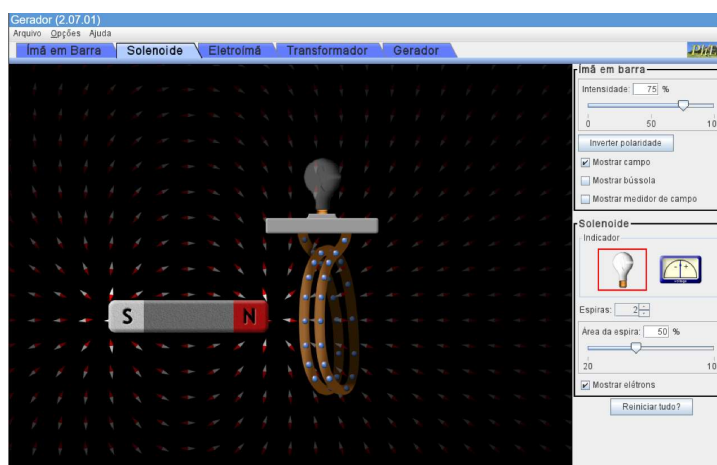
Figura 4.6: Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Gerador



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

Acesso: 26/09/2020

² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator. Acesso em 26/09/2020

Figura 4.7: Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Solenoide

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

Acesso: 26/09/2020

A sequência das atividades experimentais foi montada de modo que inicialmente os alunos tivessem contato com o experimento do pêndulo magnético, analisando o fenômeno a partir de discussões em grupo e preenchendo um guia de observação e pesquisa sobre o fenômeno. Depois é realizada a atividade na sala de informática com os simuladores virtuais que também contam com um guia de trabalho. Esses guias contêm questões a respeito desses experimentos com indicações de mudanças das variáveis e o que o aluno está observando. Durante a utilização desses experimentos, tanto o real como o virtual, o professor interage com os alunos procurando entender o que eles pensam e como formulam suas respostas a respeito do que estão vendo.

4.1.5 Atividade 4: Problemas de Indução Eletromagnética

A atividade 4 é constituída de duas questões contextualizadas que têm como objetivo apresentar duas situações diferentes do tema, mas com relação ao conceito de indução eletromagnética. O aluno deve se utilizar do que aprendeu nas aulas precedentes para poder encontrar a solução que é pedida nesses problemas.

O primeiro problema fala a respeito da necessidade de uma grande produção de energia elétrica para alimentar nossas casas e as indústrias, e para isso é preciso encontrar na natureza grandes fontes de energia mecânica. Então é apresentada a usina hidroelétrica e como ela converte a energia da queda da água represada em energia elétrica, sem entrar em detalhes de como essa transformação é feita. No primeiro tópico desse problema o aluno deve associar os

tipos de energia a cada etapa que aparece no desenho do problema, ou seja, ele deve reconhecer nesse esquema onde está a energia potencial gravitacional, cinética e elétrica. No segundo tópico é pedido que ele explique como é possível transformar a energia rotacional na turbina em energia elétrica. Nesse caso o aluno deve explicar o princípio da indução eletromagnética, já que o giro da turbina movimenta a bobina dentro do campo magnético, induzindo nessa bobina uma força eletromotriz que fará gerar uma corrente elétrica.

No segundo problema é apresentado um vídeo do YouTube³ onde dentro de um recipiente de plástico é colocado um ímã; ao redor do recipiente é possível ver vários enrolamentos de fios de cobre que estão ligados a dois pequenos LEDs. Ao chacoalhar rapidamente o recipiente, os LEDs se acendem. É então perguntado nesse problema o que gera a força eletromotriz nesse circuito, o que poderia ser modificado nesse experimento para ele poder acender uma lâmpada e de onde é extraída a energia para poder acender esses LEDs.

Essas duas questões têm relação com as duas experiências realizadas nas atividades passadas, mas também com elementos do texto da Revista FAPESP, pois alteramos a forma de gerar energia elétrica por aerogeradores para outras fontes, mas o princípio físico é o mesmo, mudando somente a fonte de energia e a engenharia das usinas. Até mesmo no filme da atividade 2 encontramos a cena em que o menino, ao encontrar o dínamo na bicicleta do professor, relaciona a velocidade da roda com o aumento de luz da lâmpada. Relacionar essas observações a esses problemas pode mostrar o potencial dessas atividades na construção do conceito de indução e a possibilidade de usar esse conceito em outras situações.

4.1.6 Atividade 5: Questões de Vestibular

A parte final da SD visa realizar um teste com questões de vestibulares e do ENEM cujo tema tenham relação com energia eólica e indução eletromagnética. O teste contém 10 questões de alternativas, sendo uma correta.

A primeira questão é do vestibular da UFMG, que aborda a relação da corrente gerada a partir do fluxo do campo magnético, sendo que quando esse campo é constante a corrente é nula; já a segunda questão, da FAAP, fala exatamente da mesma coisa, porém aqui o campo magnético varia, o que gera uma corrente no condutor.

³Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DOD7ia-MXDg>. Acesso em: 08/09/2020

Na terceira questão da UEMT, temos a situação de um ímã se aproximando de um núcleo de ferro em que é ligado, por um enrolamento de fios, um galvanômetro. Aqui o aluno deve associar a aproximação, o afastamento e a permanência em repouso do ímã com o movimento do ponteiro do galvanômetro, indicando que há uma mudança no sentido da corrente dependendo de como esse fluxo do campo magnético aumenta ou diminui, e que não há corrente quando o ímã se encontra parado.

A questão seguinte, da Universidade Federal de Viçosa, também aborda o movimento relativo do ímã ou da espira como forma de geração de corrente nessa espira. No caso de ambos se movendo com velocidade constante e iguais na mesma direção, não há variação de fluxo, pois não há movimento relativo, conseqüentemente não gera corrente na espira.

A quinta questão é do ENEM e fala de fontes de energia que possibilitam a redução de emissão de gases de efeito estufa, sendo a opção da energia eólica a correta, já que esse tipo de fonte não produz como resíduo o CO₂, um dos gases que aumenta o efeito estufa. Já a sexta questão da UPF relaciona o surgimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor à variação do fluxo magnético.

As questões seguintes também do ENEM são contextualizadas; a sétima traz uma das aplicações da indução eletromagnética, a leitura a partir de dispositivos de radiofrequência de etiquetas inteligentes. O fato dessas etiquetas não usarem pilha está relacionado à geração de corrente nelas pelo campo magnético presente no sinal de rádio usado no dispositivo de leitura. Já a oitava aborda a ampliação na produção de energia por aerogeradores no estado da Bahia, indicando que a escolha desse tipo de fonte está relacionada com a expansão das fontes renováveis.

A nona aborda o custo de produção da energia eólica em relação à energia hidroelétrica, que é mais presente no país. Essa questão é mais matemática do que conceitual, sendo que o aluno deve observar que o investimento por kilowatt na construção de parques eólicos é 20 vezes maior do que na construção de hidroelétricas.

Na décima e última questão o aluno deve escolher a melhor fonte para um país com características que apontam para uma carência de rios e reservatórios de petróleo, mas com excesso de ventos, sendo a opção mais adequada nesse caso a utilização de energia eólica nessa localidade.

De modo geral as questões apresentadas estão relacionadas com todo o trabalho desenvolvido anteriormente, desde o conceito da indução eletromagnética até o uso da energia eólica como fonte de energia limpa e renovável.

4.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A SD descrita nos tópicos anteriores foi aplicada em duas escolas da cidade de Campinas, durante os meses de agosto e setembro, de forma virtual devido às restrições causadas pela pandemia de coronavírus. Na escola E. E. Professor Messias Gonçalves Teixeira a SD foi aplicada numa turma de 3º ano do Ensino Médio, no turno da manhã, e na escola E. E. Elvira de Pardo Mêo Muraro, numa turma também de 3º ano do Ensino Médio, no turno da noite. A escolha de duas escolas tinha como objetivo ter o maior número possível de alunos participando, já que muitos deles não tinham acesso à internet, celular ou computador para acompanhar as aulas. No total participaram 5 alunas na parte da manhã e 9 alunos na parte da noite. As aulas foram ministradas uma vez na semana, inicialmente às segundas-feiras no mês de agosto e às terças-feiras no mês de setembro. A maioria dos alunos participou ativamente das aulas, não sendo registradas faltas no período da manhã e poucas faltas no período noturno. A maioria das atividades foram feitas fora das aulas virtuais, ou seja, os alunos em casa respondiam às questões e socializavam suas respostas nas aulas com o professor e seus colegas.

Toda SD foi feita de forma virtual, se utilizando das ferramentas Google *Meet* para a exposição das aulas e interação com os alunos, *Whatsapp* para mensagens rápidas e transferência de atividades, Google *Form* para elaboração de questionários e atividades, e Google *Classroom*, que auxiliou na organização do curso e acesso às atividades do Google *Form*. Dessa forma essa estrutura virtual permitiu a aplicação da SD, que foi adequada para esse modelo de ensino, sem prejuízo aos alunos em termos de qualidade e possibilitando o desenvolvimento da proposta na íntegra.

Apesar dessa adequação da SD para essa forma de trabalho, sua estrutura no Apêndice A foi mantida para um ensino presencial, já que, apesar das restrições, a SD se mostrou possível de ser trabalhada de outra forma quando necessário.

A descrição que será feita nos próximos tópicos detalha como cada atividade foi realizada com os alunos. Transcrevemos as respostas dadas por eles durante as aulas que foram gravadas, além das respostas das atividades do Google *Form*. Alguns trabalhos realizados em casa foram mandados pelo *Whatsapp* na forma de fotos. Cada aula teve a duração média de 50 minutos. As respostas transcritas foram reproduzidas do Google *Form* a partir das atividades entregues, da fala dos alunos, já que as aulas foram gravadas, ou das respostas do chat do Google *Meets*. As aulas realizadas foram organizadas segundo o quadro abaixo.

Tabela 4.1: Cronograma das aulas virtuais

Dia da aula	Descrição
Aula 1 - 10 / 08	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do projeto. • Aplicação do questionário de conhecimentos prévios.
Aula 2 - 17 / 08	<ul style="list-style-type: none"> • Análise com os alunos sobre as respostas do questionário de conhecimentos prévios. • Discussão do texto: Ventos Promissores a Caminho.
Aula 3 - 31 / 08	<ul style="list-style-type: none"> • Análise com os alunos das respostas da Atividade 1. • Exposição de trechos do filme: O Menino que Descobriu o Vento.
Aula 4 - 08 / 09	<ul style="list-style-type: none"> • Análise com os alunos das respostas da Atividade 2 e da pesquisa sobre o dínamo. • Apresentação do vídeo sobre geradores. • Apresentação do vídeo apresentando o experimento do pêndulo eletromagnético.
Aula 5 - 15 / 09	<ul style="list-style-type: none"> • Análise com os alunos das respostas da Atividade 3: Parte I • Realização dos experimentos virtuais e continuidade da Atividade 3: Parte II
Aula 6 - 22 / 09	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva • Realização da atividade 5: Questões de vestibular e ENEM

Aula 7 - 29 / 09	<ul style="list-style-type: none">• Correção da Atividade 4• Correção da Atividade 5• Fechamento
------------------	--

4.2.1 Conhecimentos prévios

O questionário de conhecimentos prévios foi fornecido aos alunos através do Google *Form* de modo que suas respostas fossem registradas automaticamente para análise. Foi pedido que esse questionário fosse feito em casa antes da primeira aula virtual e incentivado que as respostas fossem sobre o conhecimento de cada um, não sendo recomendada a pesquisa sobre as questões. Depois de recebidas as respostas, na primeira aula virtual realizada foi feita uma análise dos resultados com os alunos, procurando apontar algumas incoerências e colocações positivas que tinham relação com o tema. Essas questões, presentes no Apêndice A, tinham o objetivo de analisar o que os alunos traziam de conhecimento a respeito do tema de energia eólica. Fundamentalmente a partir dessas respostas poderíamos ter uma noção do que os alunos sabiam ou não sobre esse tema, de onde vinham essas informações, e algumas particularidades que auxiliariam nas aulas posteriores. Os relatos abaixo foram transcritos exatamente como os alunos responderam às questões.

A primeira questão foca exatamente no que os alunos sabem sobre energia eólica, a ideia era saber que tipo de energia seria essa e suas características. Abaixo, vemos as respostas dadas pelos alunos:

Aluno 1: Eu sei que ela é gerada a partir da força dos ventos que tem um potencial para a geração de energia elétrica.

Aluno 2: A energia eólico é transformação da energia do vento em energia útil, mais conhecido como moinho de ventos para gerar energia mecânica.

Aluno 3: A energia eólica é gerada a partir da força dos ventos e tem um enorme potencial para a geração de energia elétrica.

Aluno 4: Que essa energia é gerada através do vento.

Aluno 5: *A Energia Eólica é a energia que usufrui do vento para torná-la em energia útil por meio de aerogeradores.*

Aluno 6: *A energia eólica no Brasil tem capacidade instalada atual de 15GW distribuídos por 601 parques eólicos,o equivalente a 9,2% da potência energética instalada no país ocupando a 5º posição no ranking mundial em 2019.*

Aluno 7: *Energia Eólica é a transformação do vento em energia.*

Aluno 8: *Energia eólica é a transformação dos ventos em energia através de parques eólicos que utilizam o moinho de vento.*

Aluno 9: *A energia eólica e uma energia totalmente renovável porém contruir e manter um aerogerador e um parque eólico exige muito espaço e um capital muito alto.*

Aluno 10: *O grande equipamento, que comparamos a um catavento, transforma a energia eólica em energia elétrica que é distribuída aos lares de milhares de famílias.*

Aluno 11: *Sei que é um tipo de energia que vem através dos ventos.*

O que frequentemente vemos nas respostas dadas pelos alunos é que eles relacionam a energia eólica aos ventos, mas constantemente trazem o conceito de transformação de energia e dos aerogeradores, como se a energia eólica fosse algo somente observado na geração de energia elétrica e não uma forma de energia que pode ser observada em outras situações. Os Alunos 11 e 4 foram o que mais perto chegaram de uma resposta ideal, já o aluno 6 aparentemente não entendeu a pergunta, já que a resposta não traz nenhuma informação relacionada à natureza da energia eólica e aparenta ter sido copiada de alguma fonte. Durante a aula virtual foi reforçado que a energia eólica é importante sim na geração de energia elétrica, mas que é uma energia totalmente independente desse processo, ou seja, energia eólica é a energia do ar em movimento.

Na segunda questão o interesse era saber de onde os alunos obtiveram informações sobre esse tema. As respostas foram:

Aluno 1: *Rio Grande do Norte, com 3.722 MW e 137 parques. Piauí com 1.443 MW e 52 parques. Pernambuco, com 781 MW e 34 parques.*

Aluno 2: *Só na aula de física e internet*

Aluno 3: *Nunca ouvi falar*

Aluno 4: *Na televisão, e em reportagens de revistas escolares*

Aluno 5: *Na escola e em jornais de televisão.*

Aluno 6: *Televisão, Wikipédia, Uol etc...*

Aluno 7: *Televisão e Internet*

Aluno 8: *Programas de televisão e internet*

Aluno 9: *Na escola e em documentários*

Aluno 10: *Não lembro ao certo quando foi a primeira vez que ouvi falar sobre, mas em TV, reportagens.*

Aluno 11: *Na tv , em livros*

Nas respostas transcritas acima, 63% dos alunos tiveram contato com o tema de energia eólica a partir da televisão, a internet é citada por 36% dos alunos e a escola por 27%, o que indica a TV como a fonte de informação mais frequente sobre o tema. Somente o Aluno 1 não entendeu a pergunta e o Aluno 3 não havia ouvido falar sobre esse tipo de energia. Questionados na aula virtual sobre onde haviam ouvido sobre o tema na escola, muitos alunos responderam que na aula de Geografia e Ciências, o que indica que mesmo no ambiente escolar esse tema se faz presente em outras disciplinas. Já na televisão o tema foi visto em programas de notícias.

Na terceira questão nosso objetivo é avaliar se os alunos sabem em quais formas de energia a energia eólica pode se transformar. As respostas foram:

Aluno 1: *Energia cinética, em energia mecânica.*

Aluno 2: *Energia cinética e energia mecânica*

Aluno 3: *Desculpe, eu não sei..*

Aluno 4: *Energia elétrica, energia térmica.*

Aluno 5: *Ela é renovável se tratando de combustíveis fósseis.*

Aluno 6: *Não sei*

Aluno 7: *Em energia mecânica*

Aluno 8: *Pode ser transformada em qualquer forma de energia, por exemplo, em eletricidade (numa bateria) e em energia cinética (nos músculos ou nos motores a gasolina). também pode se transformar em outros tipos de energia, como a energia térmica*

Aluno 9: *Energia Elétrica.*

Aluno 10: *Não sei*

Aluno 11: *Mecânica, elétrica.*

A maioria das respostas aponta para a transformação da energia eólica em energia elétrica e mecânica, o que reforça a relação dessa forma de energia com os aerogeradores no processo de produção de energia elétrica. Quando questionados sobre o que seria a energia mecânica, muitos alunos usaram o termo movimento, especificamente o movimento das hélices.

Os alunos 1 e 2 indicam que a energia eólica se transforma em energia cinética, mostrando que desconhecem que a própria energia eólica é uma forma de energia cinética. Os alunos 4 e 8 comentam sobre a transformação da energia eólica em térmica, mas durante a aula

não souberam explicar ou dar exemplos dessa transformação. Já os alunos 3, 6 e 10 não sabiam sobre o processo de transformação de energia, mas o aluno 10, na questão 1, comenta sobre a transformação de energia eólica em elétrica, indicando que a resposta tenha sido pesquisada em alguma fonte. O aluno 8 lista algumas formas de energia, mas apresenta dificuldades de entender o que é a energia cinética, já que os exemplos citados por ele não estão de acordo com o conceito em questão.

Durante a aula virtual foi reforçado que a energia eólica pode se transformar em vários tipos de energia. Nos aerogeradores ocorre transformação em energia mecânica no movimento das hélices, em energia térmica devido ao atrito no funcionamento dos equipamentos internos do aerogerador, em energia sonora, já que esse tipo de equipamento gera poluição sonora, e energia elétrica, que é a energia útil a que se destina o equipamento. Também foi reforçado que parte da energia eólica é convertida em elétrica e que as energias térmica e sonora são energias dissipadas pelo sistema e não têm utilidade nesse processo, o que indica que o aparelho tem uma eficiência em conversão de energia, e quanto maior sua eficiência menos energia é dissipada nas formas térmica e sonora.

Na última questão foi pedido que os alunos dissessem onde já viram esses tipos de aerogeradores e os pontos positivos e negativos desses equipamentos. As respostas foram:

Aluno 1: Eles são equipamentos que aproveitam a energia do vento, energia eólica e a converte em energia elétrica de fonte renovável.

Aluno 2: O ponto mais negativo dos aerogeradores são poluição sonora e visível produzida por eles próprios (aerogeradores)

Aluno 3: Sim, positivos: -> hoje em dia é a energia mais barata no mercado. -> não há emissão de gases poluentes. -> as turbinas não precisam de muita manutenção. -> a sua fonte é inesgotável. negativos: -> poluição sonora (quando os ventos batem nas partes nela) -> poluição visual (principalmente para os moradores perto da região) -> muitas vezes, aves são mortas, pois durante o voo elas podem bater nas pás.

Aluno 4: Sim eu já vi imagens mas não sei listar pontos positivos e negativos

Aluno 5: Sim, já vi. Pontos positivos: não emite gases poluentes, diminui a emissão de gases efeito estufa; Pontos negativos: ele faz um ruído que acaba incomodando e

atrapalhando quem está perto, mas a solução encontrada para isso, tem sido construí-los em locais mais altos.

Aluno 6: Sim, vantagens: é inesgotável, não emite gases poluentes nem gera resíduos, diminui a emissão de gases de efeito de estufa Desvantagem: a intermitência,ou seja,nem sempre o vento sopra quando a electricidade é necessária,tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração,pode ser ultrapassados com as pilhas de combustível (H2) ou com a técnica da bombagem hidroelétrica.

Aluno 7: Sim, uma ponto positivo é que não causa poluentes e um negativo é o impacto é o impacto animal.

Aluno 8: Sim, é uma fonte inesgotável, não prejudicial ao meio ambiente, porém não se pode construir um parque eólico em qualquer lugar pois ele exige que seja distante de civilizações por se tratar de um grande espaço, e com características específicas de condições climáticas para que os ventos consigam ser captados pelos aerogeradores.

Aluno 9: Sim. Um ponto positivo é que é uma fonte infinita de energia ,um ponto negativo é que um parque eólico ocupa mto espaço e é muito caro para mante-lo

Aluno 10: Já vi em fotos, já vi carretas nas estradas carregando as pás e já vi em reportagens. Ponto positivo é trazer a energia para dentro dos lares, apesar que nem todos possuem esse privilégio de ter energia elétrica em casa e ponto negativo é que pássaros, morcegos, e outros animais que voam possam se machucar ao passar pelas pás sem perceber, aliás acredito que na maioria das vezes eles morrem.

Aluno 11: Sim, seu ponto positivo é que ela não causa tanto impacto ambiental como a energia elétrica ,e sai bem mais barato , já seu ponto negativo é que causa poluição sonora e visual produzida pelos seu aerogeradores e a irregularidade dos ventos podem comprometer a energia elétrica

Analisando as respostas acima, registramos que 81% dos alunos já viram um aerogerador; questionados durante a aula virtual onde tinham visto essas imagens, eles indicaram a TV, programas de notícias e fotos em livros didáticos. Nas respostas relativas aos

pontos positivos e negativos do uso de aerogeradores os alunos apontaram diversos pontos, como ser uma fonte renovável e limpa entre os fatores positivos, e os impactos ambientais como a poluição sonora, poluição visual e a morte de pássaros por choque com as hélices como fatores negativos. Esses elementos foram reforçados durante a aula, mas ficou claro que os alunos obtiveram essas informações com pesquisas, o que não era a proposta da atividade, mas que eles indicassem se sabiam sobre essas informações sem a necessidade de pesquisar sobre elas.

Desta forma podemos dizer que a atividade permitiu uma visão geral do que os alunos sabem sobre o tema; em resumo, alguns deles reconhecem que a energia eólica é uma forma de energia que provém dos ventos e que pode se transformar em outras formas de energia como a energia elétrica, e alguns deles já tinham visto e ouvido falar sobre os aerogeradores e parques eólicos. Logo, temos uma situação inicial que nos levou a avançar no curso. No final dessa aula virtual foi passado aos alunos o texto “Ventos Promissores a Caminho”, da Revista FAPESP, e foi pedido a leitura para discussão na próxima aula; além disso, foi reforçado que procurassem apontar suas dúvidas sobre o texto para procurarmos responder na próxima aula.

4.2.2 Atividade 1

A segunda aula virtual foi destinada à discussão do texto sugerido da Revista FAPESP, que tinha como tema principal a discussão das pesquisas sobre o aumento da potência dos aerogeradores e outras particularidades desses equipamentos. Foi pedido uma leitura em casa para a discussão durante a aula. Os objetivos desse trabalho eram:

- Reconhecer o panorama da produção de energia elétrica a partir da eólica no Brasil;
- Observar termos da física na literatura jornalística.

Houve diferenças na postura dos alunos para cada turno. Os alunos da noite participaram mais da aula, com questões e comentários do texto, do que os alunos da manhã, porém os alunos da manhã tiveram mais respostas corretas para as questões apresentadas durante a aula do que os da noite.

Inicialmente foi desenvolvida uma aula expositiva de modo que houvesse uma interação do professor com os alunos para que eles pudessem expor o que acharam do texto, quais dúvidas eles haviam levantado sobre o tema e se queriam fazer alguma consideração a respeito do

assunto. A aula procurou explorar particularidades das informações contidas no texto, de modo a averiguar não somente o cenário da exploração da energia eólica no Brasil a partir da política de incentivo de fontes alternativas renováveis, mas do esforço realizado no país no sentido de melhorar essa exploração do potencial eólico juntamente com as pesquisas em universidades e empresas para diminuir os efeitos negativos dos aerogeradores. Além disso, também foi importante abordar alguns tópicos da física que apareciam no texto, como a unidade de Watt relacionado com a potência, que é muito comum aparecer em artigos de jornais que abordam a temática de energia. Foi também debatida a importância das fontes de energia renováveis para o meio ambiente e o desenvolvimento do país. A aula buscou na pluralidade dos assuntos abordar diversos pontos relacionados ao tema energia elétrica. Listamos abaixo algumas questões levantadas pelos alunos durante a aula que contribuíram para a compreensão do texto e aprofundamento do tema:

Questão 1: *Todas as cidades do Brasil usam energia eólica?*

Questão 2: *O que é biomassa?*

Questão 3: *Quais os tipos de pássaros que são afetados pela presença dos aerogeradores?*

Questão 4: *É verdade que o Brasil vai construir seis novas Usinas Nucleares? Qual sua opinião professor de como esses recursos poderiam ser usados na geração de energia?*

Questão 5: *Por que as lâmpadas de LED são mais econômicas?*

Questão 6: *Quanto tempo durou o apagão no Brasil em 2001?*

Questão 7: *Como o aerogerador transforma energia eólica em elétrica?*

Questão 8: *Qual a diferença entre Watt e Volt?*

As questões apresentadas pelos alunos durante a aula têm uma relação com a importância econômica da energia, assim com o conhecimento físico presente no tema. O contexto em que elas ocorrem durante a aula é bem diversificado. A Questão 1, por exemplo,

surgiu quando discutíamos a distribuição dos parques eólicos no Brasil, já as Questões 2 e 4 foram levantadas pelos alunos a respeito da distribuição da matriz energética no Brasil. A Questão 3 foi levantada quando discutíamos os pontos negativos do uso dos aerogeradores que no caso seria a mortandade de pássaros ao se chocarem com a hélice. Já as Questões 5 e 8 ocorreram quando discutíamos o conceito de potência e o professor usou o exemplo de potências de lâmpadas para discutir o gasto de energia por aparelhos elétricos. A Questão 6 ocorreu quando o professor narrou sua experiência com o apagão de 2001, que levou o Brasil a pensar em alternativas para diversificar sua matriz energética e não ficar dependente somente das hidrelétricas, e a Questão 7 foi levantada por uma aluna quando discutíamos a respeito de uma imagem que se encontra no texto, descrevendo as partes de um aerogerador.

O uso desse tipo de texto possibilita não somente trabalhar com o seu tema principal, mas abre margem para discutir e dialogar com outros assuntos relacionados. Aqui tivemos a oportunidade de trabalhar o aspecto econômico relacionado à produção de energia, mas também alguns elementos da física, como a potência elétrica, velocidade dos ventos, transformação de energia, tensão elétrica, tipos de lâmpadas e seu funcionamento, equipamentos resistivos, trabalho e tipos de energia.

Além das questões levantadas pelos alunos, também houve questões levantadas pelo professor durante a aula como forma de incentivo ao diálogo e para compreender como o aluno estava aprendendo o conteúdo. Algumas questões eram a respeito do próprio texto, como:

Professor: *Por que uma das propostas de aumento de produção de energia por aerogeradores passa pelo aumento da altura de sua estrutura?*

Aluno: *Pois os ventos são mais rápidos lá em cima.*

Professor: *Então há uma relação entre a velocidade do vento e a energia produzida?*

Aluno: *Acho que sim.*

Outras questões tinham a ver com a discussão de conceitos físicos como a potência:

Professor: *Eu tenho uma lâmpada de 100 W ligada por 5 horas e outra de 50 W ligada por 10 horas, qual delas gasta mais energia?*

Aluno 1: *A de 100 W*

Professor: *Por quê?*

Aluno 1: *Porque a potência dela é maior.*

Aluno 2: *Eu acho que é a mesma coisa.*

Professor: *E por que você acha isso?*

Aluno 2: *A de 100 W tem potência maior, mas a de 50 W fica ligada mais tempo e quanto maior o tempo maior o gasto de energia.*

Professor: *Então o tempo influencia no consumo de energia?*

Aluno 2: *Sim, a gente tinha visto na aula a fórmula para calcular isso.*

Essa questão foi usada quando era trabalhado o conceito de potência, já que o texto indica as unidades de Gigawatt (GW) de capacidade instalada ou potencial de energia eólica e Megawatt (MW) para diferenciar a potência de tipos de aerogeradores. Os alunos já tinham estudado o conceito de potência e aqui ele aparece no texto, mas poucos reconheceram essa unidade.

Depois da exposição da aula e discussões a respeito do texto, foi pedido que os alunos respondessem um questionário que completaria a Atividade 1 em casa para a correção e discussão na próxima aula. Faremos agora uma análise de algumas respostas que mais se aproximam da maioria:

A primeira questão perguntava qual o tema principal do texto lido:

Aluno 1: *Energia Eólica*

Aluno 2: *Como é que funciona os aerogeradores*

Aluno 3: *Um projeto que esta em andamento para melhorar as turbinas que geram energia eólica*

Aluno 4: *Fontes renováveis*

Aluno 5: *O potencial eólico brasileiro.*

Basicamente as respostas são bem diretas e indicativas apenas do tema principal, sem uma exploração de que na verdade o texto procura relatar o esforço brasileiro em ampliar a potência dos aerogeradores para aumentar a geração de energia, além de toda a logística de instalação e desafios para implementar essas mudanças. Além disso, aborda pesquisas para redução de ruído e choque de pássaros nas hélices dos aerogeradores, como também os fatores econômicos relacionados a instalações e produção de energia por parques eólicos. Somente o aluno 3 chega a falar sobre a pesquisa de aumento de potência.

Já a segunda questão pedia para indicar uma alternativa apresentada no texto para aumentar essa produção de energia a partir dos aerogeradores e se o potencial energético da energia eólica seria suficiente para substituir as hidrelétricas:

Aluno 1: *Ampliar a potência dos aerogeradores, adquirindo turbinas duas vezes mais potente sendo possível dobrar a energia gerada em um espaço físico. Não seria suficiente.*

Aluno 2: *A alternativa citada é a de usar uma turbina duas vezes mais potente, fazendo com que seja possível dobrar a energia gerada em um espaço físico semelhante e reduzir custos operacionais. Sim, caso aumente o potencial de aerogeradores, as hidroelétricas não terão chance no ramo.*

Aluno 3: *Para aumentar a produção, é necessário que os aerogeradores atuais sejam substituídos por aerogeradores com comprimentos e pás maiores para que as turbinas aproveitem de uma melhor maneiras os ventos mais intensos. Sim pois os parques eólicos possuem capacidade de até 500 GW e as industrias hidrelétricas possuem 98,3 GW.*

Aluno 4: *Um gerador com melhor potência e um aproveitamento do vento mais efetiva, seria até possível substituir as usinas hidrelétricas já que a energia eólica chegaria até 3 vezes mais que a demanda energética do atual do Brasil.*

Aluno 5: *Com uma turbina duas vezes mais potente é possível dobrar a energia gerada em um espaço físico semelhante a reduzir custos operacionais. Não sei*

As respostas apresentadas pelos alunos se referem a um trecho retirado do texto que responde à questão. É muito comum essa reprodução quando se trabalha com questão diretas cuja resposta está no texto; incentivar o aluno a desenvolver sua resposta é fundamental no processo de construção do conhecimento. Na parte em que se questiona se o potencial eólico é suficiente para substituir a matriz hidrelétrica, três das cinco respostas selecionadas indicam que sim, resposta mais frequente do total de alunos, já que o potencial brasileiro gira em torno de 500 GW e a hidroelétrica hoje corresponde a 98 GW de potência instalada. Apenas um aluno não respondeu por não saber e um apenas disse que não, sem dar uma justificativa para a resposta.

A questão 3 pede os problemas acarretados pelo aumento da potência dos aerogeradores e as possíveis soluções:

Aluno 1: *A fadiga dos materiais, a logística, a viabilidade econômica, o custo e a montagem.*

Aluno 2: *Esses problemas operacionais são os ruídos causados pelos aerogeradores e a colisão de pássaros e morcegos com o mesmo. Uma possível solução é dimensionar uma seção estreita do aerofólio da pá de forma a gerar a emissão de um som tonal, um assobio, na faixa de 1 a 3 kHz, capaz de alertar pássaros sem impactar significativamente o ruído total do rotor para a audição humana.*

Aluno 3: *As torres que comportam as turbinas de 2,2 MW possuem 120m de comprimento, mas precisariam ser reforçadas para suportar as máquinas de 4 MW. Ocorre que os guindastes necessários para realizar a montagem das torres não operam com estruturas maiores.*

Aluno 4: *Um deles é a montagem dos aerogeradores. "Estamos definindo o reforço de aço e concreto para que as torres com tamanhos atuais SUPORTEM o esforço que será exigido".*

Aluno 5: O problema seria a montagem desses geradores com 120m de comprimento que precisariam ser reforçadas para suportar os novos geradores de 4MW e também os guidastes não operam com estruturas maiores. outro problema é com a mortalidades de aves que morrem ao chocarem com as pás dos geradores, uma solução foi proposta para que nas pás fossem feito uma seção estreita do aerofólio da pá para que fosse emitido um som que alerta os pássaros, também aponta o alto barulho vindo dos geradores e esta em desenvolvimento um projeto de pás mais silenciosas.

A maioria das respostas estão direcionadas para o conteúdo do texto, ou seja, a solução para o funcionamento dos novos aerogeradores se resume na modificação da sua estrutura de sustentação e alteração dos materiais que constituem as hélices, além da logística de montagem desses aparelhos. Alguns alunos confundiram a resposta apontando as soluções para problemas como o choque de aves nesses equipamentos.

Analisando agora a quarta questão, nela é perguntado o porquê da maioria dos geradores serem instalados em regiões do nordeste e sul do país. Algumas das respostas foram:

Aluno 1: Tem mais capacidade de ventos

Aluno 2: Por conta das condições do vento.

Aluno 3: A localização dos aerogeradores se dá pelas regiões que possuem um maior fluxo de vento, com mais intensidade, geralmente, em regiões próximas ao litoral; além de ser necessário que seja um lugar distante das casas devido aos ruídos produzidos pelos parques

Aluno 4: Por ser um tipo de energia mais barata em relação à energia hidrelétrica.

Aluno 5: A região concentra a maioria desses geradores por causa dos bons ventos ali, o vento brasileiro está predominantemente localizado na parte setentorial do Nordeste, com potencial de 300 GW.

Essa não é uma questão em que a resposta está colocada diretamente no texto, mas que foi discutida com os alunos na aula anterior. Tirando a resposta do aluno 5, que aponta ser cópia

por apresentar um dado a respeito do potencial eólico da região, e da questão 4, que não tem relação com a pergunta, as outras respostas demonstram que a maioria está de acordo com o que foi trabalhado em sala de aula.

Na questão 5 é pedido uma explicação dos dois gráficos presentes no texto. Eis algumas das respostas:

Aluno 1: O primeiro gráfico, "Matriz elétrica", tem como objetivo mostrar ao leitor a quantidade de potência instalada, e os tipos usados de energia no Brasil, mostrando que o número de usinas hidrelétricas ainda é o que predomina no país; Já o segundo gráfico, "Em ritmo crescente", mostra o quanto vem crescendo o uso da geração de energia eólica no Brasil, mostrando até mesmo uma estimativa de quanto será esse uso até o ano de 2022.

Aluno 2: Os gráficos mostram como é cada parte dos aerogeradores e como funcionam

A resposta do aluno 1 é um resumo da maioria das respostas dada pelos alunos que entenderam que o primeiro gráfico foca em mostrar como nossa matriz energética é diversificada, mas desequilibrada em termos de produção, já que a fonte hidroelétrica prevalece perante as outras. Já no segundo gráfico a resposta é bem colocada, apontando para uma estimativa da produção de energia elétrica pela matriz eólica nos próximos anos. O aluno 2 não compreendeu a pergunta, já que citou a imagem da estrutura do aerogerador como resposta para a questão.

Na questão 6 é perguntado como o aerogerador converte a energia eólica em elétrica. Algumas das respostas foram:

Aluno 1: As pás se movimentam com a força do vento e acionam o rotor, gerando assim uma força mecânica. Com o apoio da caixa multiplicadora, o rotor faz girar o eixo do gerador junto com o conversor de potência, o gerador transforma a energia mecânica em eletricidade.

Aluno 2: A força dos ventos faz as pás se movimentarem, com a movimentação é acionado o rotor dos aerogeradores que geram uma força mecânica, o rotor faz girar o eixo mecânico que através dele, transforma a energia mecânica em eletricidade.

Essa questão foi respondida com base nas informações dadas pela figura presente no texto que explicava como o aerogerador converte energia mecânica em elétrica. As duas respostas estão corretas, mas incompletas, pois não se aborda o que ocorre dentro do gerador para haver essa conversão. Isso foi apontado na aula, que essa questão era muito importante, mas o texto não dava uma resposta completa. Foi reforçado com os alunos durante a aula que nas próximas atividades seria explorado esse processo, já que ele é fundamental para entender a geração de energia elétrica a partir da energia mecânica, princípio fundamental de boa parte dos geradores elétricos. Dois alunos não conseguiram achar a resposta e acabaram não respondendo a essa questão.

A penúltima questão abordava os pontos positivos e negativos do uso dos geradores e as respostas foram novamente direcionadas aos elementos do texto que indicam a poluição sonora e a mortandade de pássaros como fatores negativos, e o fato da energia eólica ser limpa e renovável como fatores positivos. Todos os alunos compreenderam esses fatores.

Na última questão os alunos listaram os termos relacionados à física que eles observaram no texto. 42% dos alunos citaram a transformação de energia como um elemento relacionado à física que aparece no texto, já 33% dos alunos indicaram a unidade de potência usada no texto (MW e GW); outros elementos citados foram a eletricidade, energia mecânica, força e frequência (kHz).

Em geral os alunos consideraram que o texto estava numa linguagem bem acessível e que as discussões nas aulas ajudaram muito a entender as questões e desenvolver as respostas pedidas.

Voltando aos objetivos estipulados para essa atividade, entendemos que a dinâmica da aula ajudou os alunos a enxergarem a atual situação da política de fontes alternativas no país e a importância que a energia eólica tem desempenhado nesse processo. As questões levantadas por eles e as discussões promovidas em aula a partir do texto forneceram um cenário mais realista e atual; além disso, permitiu a compreensão de que a Física é uma área importante para o entendimento da dinâmica na geração da energia elétrica num país.

4.2.3 Atividade 2

Ao finalizar na terceira aula virtual a análise das respostas dos alunos e a discussão do texto, foi apresentado a eles alguns trechos do filme “O Menino que Descobriu o Vento”, disponível no serviço de *streaming* Netflix. Alguns alunos já tinham visto o filme e optamos

por apresentar somente algumas cenas em que o foco fosse o desenvolvimento do conhecimento do personagem principal na procura da solução do problema da sua comunidade. Esse processo foi importante, pois a ideia principal era apresentar o dínamo e como ele foi fundamental para o personagem principal chegar na solução do problema. Além disso, há momentos nessas cenas que outros aspectos relacionados ao tema eletricidade podem ser trabalhados, como a associação de geradores e o motor elétrico, que aparecem em algumas cenas.

A dinâmica da aula se resumiu à apresentação de algumas cenas do filme, discussão a respeito da história, indicação de pesquisa do dínamo, resumo do filme e a resolução de algumas questões baseadas no filme. Os objetivos dessa aula foram:

- Levantar ideias sobre o funcionamento do dínamo;
- Observar elementos relacionados à eletricidade e eletromagnetismo;
- Reconhecer a importância da pesquisa científica como solução de problemas sociais.

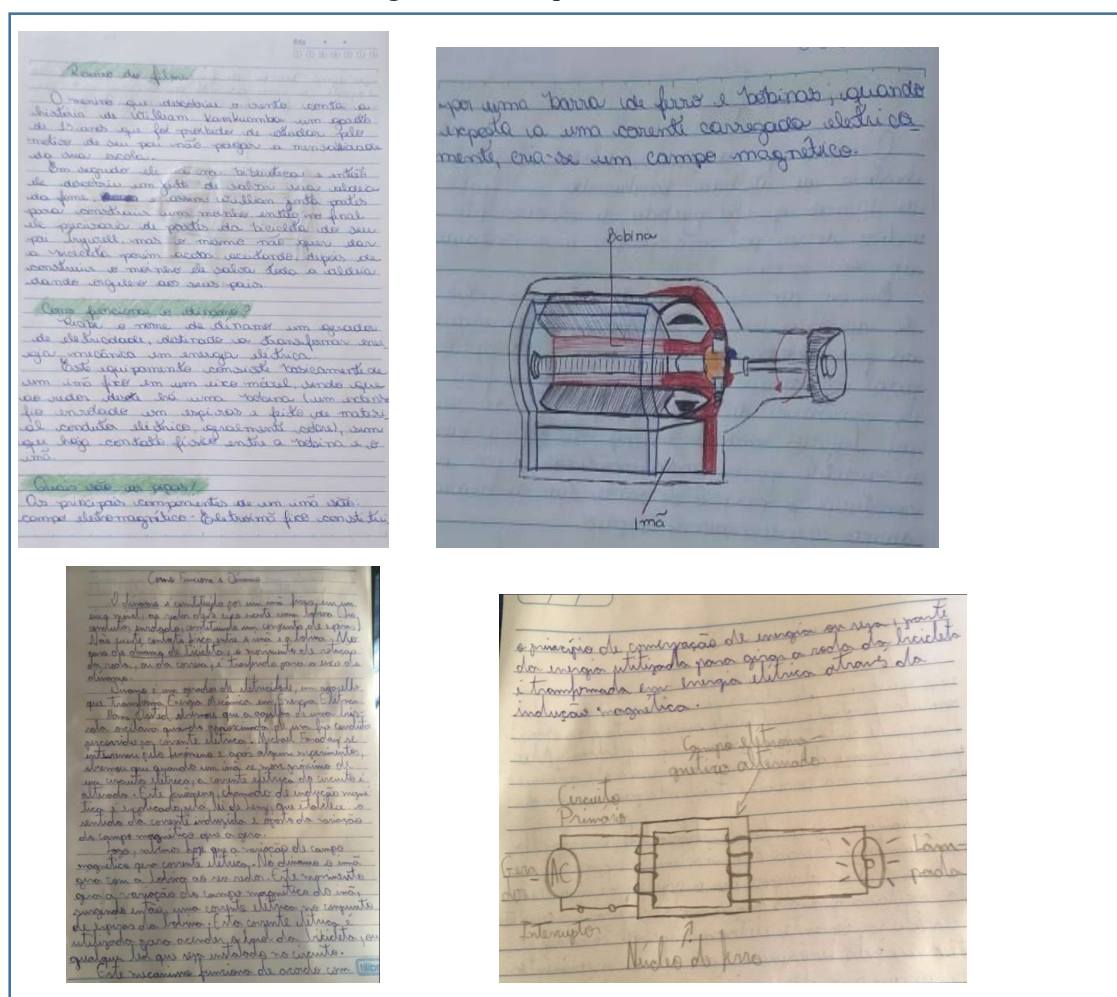
A seleção das cenas tinha como objetivo abordar conceitos importantes da Física que ajudariam a começar a compreender como podemos transformar a energia eólica e mecânica em energia elétrica. Assim, foram selecionadas as cenas em que o personagem principal usa uma série de pilhas para fazer um rádio funcionar, e desta forma foi possível discutir com os alunos a ligação em série de geradores. A cena em que ele descobre sobre o dínamo, dispositivo usado pelo professor para acender a lâmpada da bicicleta e que o levou a pesquisar sobre como era possível gerar eletricidade a partir da energia mecânica, é muito importante, já que o dínamo funciona graças à indução eletromagnética, conceito que não havia sido ainda trabalhado na aula anterior, mas que explica como ocorre essa transformação. Também foi selecionada a cena em que ele desenvolve um protótipo de aerogerador para ligar um rádio e a cena em que o personagem principal discute com o pai pela correia da bicicleta, para construir o aerogerador que ajudaria sua família a irrigar a plantação a partir de uma bomba d'água. As cenas contribuíram para uma visão mais didática do filme, focando na importância do conhecimento científico para se encontrar a solução de um problema social.

Após a exposição do filme, o professor dialogou com os alunos a respeito do que tinham achado do filme e se eles podiam ver a presença da Física nas cenas. Boa parte dos alunos disseram que foi a partir da escola e dos estudos em ciência que o personagem conseguiu superar suas dificuldades; na fala dos alunos foram destacados os termos superação, inteligência, força de vontade e esforço. Ao final da aula foi pedido que os alunos respondessem

ao questionário relativo ao filme, um resumo de pontos que acharam interessantes nas cenas apresentadas e uma pesquisa a respeito de como funciona o dínamo. Essa pesquisa tinha como propósito levar os alunos a entrarem em contato pela primeira vez com o conceito de indução eletromagnética e de como é possível transformar energia mecânica em eólica, já que isso não ficou explicitado no texto trabalhado na segunda aula.

Na quarta aula virtual foi realizado um *feedback* com os alunos a respeito da pesquisa realizada sobre o dínamo. Todos os alunos da manhã entregaram o trabalho, porém somente alguns alunos do noturno realizaram a pesquisa. Em termos de conteúdo a pesquisa condizia com a descrição correta do funcionamento do dínamo.

Figuras 4.8: Pesquisa sobre o dínamo



Fonte: Próprio Autor

Os alunos foram questionados se haviam compreendido o funcionamento do dínamo, sendo que a maioria explicou bem o funcionamento do dispositivo, identificando os elementos que o compõe, como a bobina e o imã para um caso e o uso de um transformador em outro; já os que não fizeram não tinham noção do funcionamento interno, mas reconheciam que o dispositivo convertia energia mecânica em elétrica. Outros alunos tiveram dificuldade de

explicar em palavras o que entenderam, demonstrando uma dificuldade de visualizar o que ocorre no processo de geração de corrente induzida pela variação do fluxo magnético. Para melhorar a visualização do que ocorre, o professor se utilizou de um vídeo do YouTube ⁴ para explicar o funcionamento do dínamo a partir de uma animação.

Depois da abordagem do dínamo passamos a analisar as respostas dos alunos na atividade sobre o filme. Escolhemos algumas respostas que permitem uma visão geral do que eles entenderam.

A primeira questão abordava qual a principal mensagem passada pelo filme. As respostas dos alunos foram relacionadas à força de vontade, valorização do estudo, do conhecimento, da ciência e da escola como forma de mudar de vida.

A segunda questão pedia que se indicasse elementos da Física que aparecem no filme. Algumas respostas foram:

Aluno 1: campo magnético, eletricidade, transformação de energia.

Aluno 2: Na turbina eólica, o vento movimentava as pás e faz girar o rotor que manda a rotação ao gerador, que converte essa energia mecânica em energia elétrica

Aluno 3: Dínamo, baterias elétricas, fios elétricos, entre outros.

Essas respostas sintetizam o que os alunos observaram no filme e indicam que conseguiram absorver em parte a proposta de mostrar alguns elementos que muitas vezes são estudados em sala de aula. Aqui o filme trabalha mesmo sem uma didática explícita, com esses elementos mostrando como o conhecimento científico pode ajudar a encontrar uma solução para um determinado problema.

Na terceira questão era pedido que os alunos indicassem qual a motivação inicial do personagem principal na procura de eletricidade. Somente 28% dos alunos indicaram que a motivação inicial era arranjar um jeito de se obter luz para estudar à noite. Já a maioria apontou a motivação de ajudar sua aldeia. Isso indica uma dificuldade em entender parte da história ou o que pedia a questão.

⁴ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=wpMicCKWbJc>. Acesso em 08/09/2020

A quarta questão abordava o funcionamento do dínamo usado no filme. Algumas respostas foram:

Aluno 1: No dínamo o ímã gira ao seu redor, este movimento gera a variação no campo magnético do ímã, surgindo então, uma corrente elétrica na bobina e esta corrente elétrica é utilizada para acender o farol da bicicleta ou qualquer led que esteja instalada no circuito

Aluno 2: O ímã que existe no meio do dínamo gira ao redor de bobinas de cobre, isso gera variação no campo magnético causando uma corrente elétrica nas bobinas.

Aluno 3: O dínamo é responsável por transformar energia de movimento em energia elétrica, assim como vimos no filme quando a roda da bicicleta era girada, um aparelho era acionado e o mesmo gerava a luz da lanterna da Frente, o aparelho era o dínamo.

Aluno 4: Quando ele começa a girar, os ímãs que estão dentro dele fazem com que a energia seja transformada e transferida.

Os dois primeiros alunos descrevem bem o funcionamento do dínamo, indicando o movimento do ímã e a variação do campo magnético como responsáveis pela indução de uma corrente. A maioria dos alunos tiveram respostas parecidas. Já o aluno 3 fez uma descrição mais superficial do que viu no filme, sem aprofundar a explicação. O aluno 4 cita o ímã e escreve sobre energia transformada e transferida, mas não explica o que é essa energia transformada e por que é transferida; questionado na aula, o aluno falou que era a eletricidade, mas não soube explicar sobre a transformação. Sabendo dessa dificuldade, revimos novamente como funciona o dínamo durante a aula.

Já a quinta questão perguntava qual a solução encontrada pelo personagem principal para resolver o problema da irregularidade da chuva que afetava a plantação local. Algumas respostas foram:

Aluno 1: Ele construiu um moinho de vento que podia produzir eletricidade e bombear água. Chegou a isso após se interessar pelo assunto lido em um livro que havia encontrado na biblioteca da escola.

Aluno 2: *A solução de William foi criar um produto que de certa forma fizesse chover, afinal, era de chuva que se precisava. Um belo dia, William e um colega de escola supostamente iriam roubar a luz de uma bicicleta, para que assim William pudesse estudar durante a noite. William não roubou, e apenas observou como aquele processo de acender a luz da bicicleta ocorria, visto isso, ele passou a frequentar a biblioteca, buscar conhecimentos, ir ao ferro velho e realizar experimentos para ver se iria dar certo. E deu certo, ele desenvolveu o que hoje chamamos de aerogeradores, energia vinda do vento (energia eólica).*

Aluno 3: *A solução de William foi fazer um moinho para produzir energia com o intuito de ajudar a produção agrícola, ele chegou a essa solução estudando, e fazendo experimentos, como com a bicicleta, o rádio e o mini gerador eólico que ele fez.*

Aluno 4: *Fazer um gerador para funcionar uma bomba d'água para irrigar a terra e conseguir plantar.*

Os alunos 1, 2 e 3 compreenderam bem a história, apontando o desenvolvimento de um aerogerador como forma de gerar eletricidade para que uma bomba d'água pudesse irrigar a plantação e assim fornecer alimento à população. Já o aluno 4 expõe uma dificuldade maior de descrever em palavras o que aconteceu, sintetizando a resposta e não usando os termos energia eólica, aerogerador e energia elétrica.

Na última questão foi perguntado como o filme ajudaria a sanar as dúvidas sobre o texto trabalhado na aula passada. Algumas respostas dadas foram:

Aluno 1: *Mostrando de uma forma mais dinâmica o uso de um gerador de energia*

Aluno 2: *Não acho que tirou dúvida mas sim veio pra somar com o texto*

Aluno 3: *O filme me ajudou um pouco sobre como um gerador de energia eólica transforma o vento em energia elétrica.*

Aluno 4: *explicando de maneira mais simplificada como é o funcionamento de um aerogerador, e como é " possível construir um " de porte menor para, no caso do filme,*

resolver situações sociais/ explicar a importância do dínamo no processo de transformação de energia

Aluno 5: Mostrando de forma interativa como funciona alguns conceitos da física.

As respostas apontam que o filme ajudou os alunos a visualizarem de forma mais lúdica o funcionamento do aerogerador e como ocorre a transformação de energia mecânica em elétrica. Foi possível, nessa atividade, ver que os alunos passaram a compreender mais a respeito da ciência como elemento de transformação social e como a pesquisa e o conhecimento podem resolver problemas. Algumas colocações dos alunos no final da discussão do filme apontam para essa observação:

Aluno 1: O William é muito inteligente e tem muita força de vontade de aprender, gostei do filme me fez ver a ciência de outra forma.

Aluno 2: Na aula de física a gente só faz conta, estou gostando de aprender assim.

Aluno 3: Nunca pensei que ciência pudesse ajudar as pessoas assim como foi mostrado no filme.

Analisando a partir dos objetivos dessa aula, vimos que boa parte dos alunos passaram a compreender o funcionamento do dínamo e começaram a ter contato com o fenômeno de indução eletromagnética. Puderam ver vários elementos sobre eletricidade e magnetismo no filme e na pesquisa, observando de forma mais direta a importância do conhecimento físico para encontrar soluções de problemas, e reconheceram o quanto a ciência é importante na procura de respostas para problemas sociais

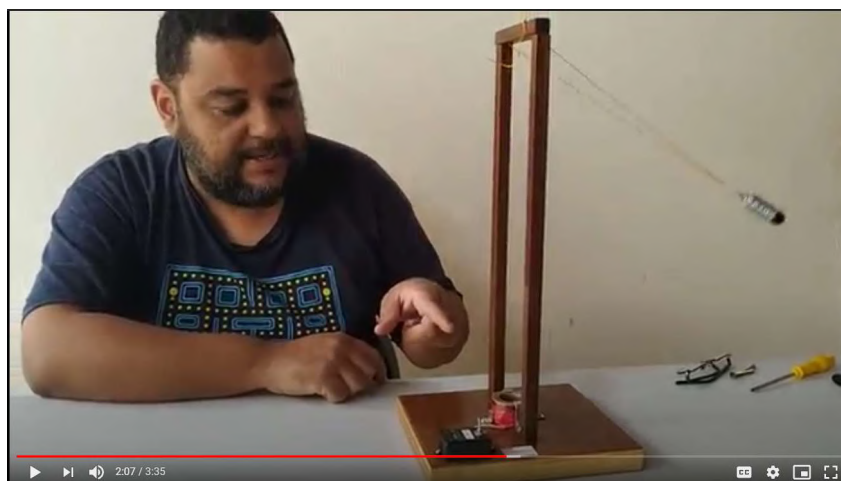
4.2.4 Atividade 3

No final da quarta aula foi passado um vídeo onde o professor apresenta aos alunos o experimento do pêndulo eletromagnético. Esse vídeo é usado não somente para se observar as particularidades do experimento, mas também o fenômeno de indução eletromagnética. A parte experimental foi dividida em duas partes, a primeira sendo esse vídeo com a demonstração

desse experimento, e a segunda com os experimentos virtuais de geradores no site do Phet. Os objetivos dessas atividades são:

- Observar e levantar hipóteses a respeito do fenômeno apresentado;
- Fazer relações entre o fenômeno e o conhecimento adquirido em aulas anteriores.

Figuras 4.9: Apresentação do experimento Pêndulo Eletromagnético



Fonte: Próprio Autor

Após a exposição do experimento foram colocadas algumas questões para os alunos:

- Por que os LEDs acendem quando o ímã passa sobre a bobina?
- Que fenômeno físico está relacionado a esse experimento?
- Qual a relação da velocidade de oscilação do ímã com a intensidade da luz nos LEDs?
- Qual a relação desse experimento com o aerogerador dos parques eólicos?

Como estávamos no final da aula, foi pedido que os alunos pensassem sobre essas questões e respondessem a Atividade 3: Parte I para a próxima aula. O professor reforçou que esse fenômeno ainda não havia sido nomeado durante as aulas e que era fundamental que os alunos descobrissem e comesçassem a fazer a relação desse experimento com o que haviam visto no filme sobre o dínamo, e com a pergunta de alguns alunos sobre como o aerogerador transforma energia mecânica em elétrica. Dessa forma estávamos começando a finalizar as três atividades e fechando o ciclo entre elas, de modo que o conceito de indução eletromagnética comesçassem a fazer sentido.

Na aula seguinte, ou seja, a quinta aula, antes de começar a analisar as questões respondidas pelos alunos no Google Form relativas a esse experimento, foi perguntado aos alunos que fenômeno estava relacionado ao experimento apresentado na última aula. Todos os alunos da turma da manhã responderam corretamente o fenômeno, como registrado na figura 4.10.

Figuras 4.10: Transcrição da resposta das alunas da turma da manhã

```
00:01:12.849,00:01:15.849
A : Lei de faraday

00:01:13.284,00:01:16.284
F : Lei de Faraday indução eletromagnética

00:01:13.837,00:01:16.837
j : indução eletromagnética

00:01:14.156,00:01:17.156
L : Indução eletromagnética

00:01:14.210,00:01:17.210
L : Lei de Faraday
```

Fonte: Próprio Autor

Já a maioria dos alunos do período da noite não fizeram a relação do fenômeno do experimento com o conceito de indução eletromagnética, somente uma aluna conseguiu associar. Em geral, as respostas das questões relacionadas ao vídeo da demonstração experimental por parte dos alunos do período noturno estiveram abaixo dos alunos do período da manhã. Aparentemente eles não compreenderam o fenômeno e apresentavam muitas dúvidas. Abaixo transcrevemos algumas das respostas dos alunos, separadas por turnos. Os dois primeiros são dos alunos da turma matutina e os dois posteriores do noturno, para as questões da Atividade 3: Parte I:

Na primeira questão é perguntado o que o aluno observa no experimento:

Aluno 1: *Como a movimentação do pêndulo, juntamente com o campo magnético é capaz de gerar eletricidade.*

Aluno 2: *Pode se observar que há uma estrutura e uma base de madeira, e no meio dessa estrutura há um pêndulo com alguns pesos de metal e um ímã na ponta. Na base*

há em um ponto fixo uma bobina com vários enrolamentos de fio de cobre e um fio que liga a bobina a um seletor de opções, que varia basicamente entre circuito aberto e circuito fechado. Enfim nota-se que dada uma velocidade alta ao pêndulo que passa por cima da bobina, os leds do seletor de opções ascendem, ocorrendo assim um fenômeno.

Aluno 3: Quando pêndulo está numa velocidade baixa a luz não acende, mas quando a velocidade aumenta a luz acende

Aluno 4: No experimento desenvolvido, é possível observar uma estrutura de madeira, em sua base possui uma bobina com diversos fios de cobre, pendurado sobre a estrutura á um pendulo com um imã em sua ponta e ao canto inferior um seletor de opções. Quando a linha que segura o pendulo e o imã ganha uma determinada velocidade, passando sobre a bobina, automaticamente o seletor acende.

Na primeira resposta dada pelos alunos percebemos que a maioria fez observações pontuais, alguns sendo bem diretos na explicação e outros dando mais detalhes a respeito da montagem e do que ocorria. Não houve muitas diferenças nas respostas entre os turnos nessa questão.

Na segunda questão da atividade solicita-se que os alunos levantem uma hipótese a respeito do porquê os LEDs acenderem quando o imã passa sobre a bobina com uma determinada velocidade. Eis algumas das respostas:

Aluno 1: Os leds ligam pois quando o imã entra em contato com a bobina há uma variação no campo magnético gerando assim uma corrente elétrica, e quando o imã sai do alcance dessa bobina essa corrente elétrica e cortada novamente.

Aluno 2: A minha hipótese para esse fenômeno é que o pêndulo com o imã na ponta ao passar encima da bobina cria uma corrente elétrica decorrente desse movimento de variação desse fluxo magnético.

Aluno 3: A passagem de uma corrente elétrica pela bobina cria um forte campo magnético

Aluno 4: Com a velocidade do balanço da corda que segura o pendulo e o imã ao passar pela bobina se ganha energia elétrica. É possível observar que com pouca velocidade o seletor não acende, ou seja, a intensidade do campo magnético varia de acordo com a distância que se toma referente ao ponto em que se encontra o fio condutor, nesse experimento foi preciso distanciar mais o imã da bobina, para que assim a corrente elétrica se fizesse presente e desta forma acender o seletor de opções.

Aqui alguns alunos apresentam os conceitos de corrente elétrica e campo magnético, indicando a variação desse campo como responsável pela geração da corrente. Essa construção só foi possível porque em aulas anteriores já havia sido trabalhado esse conceito na explicação do funcionamento do dínamo. Porém, ainda se observa alguns equívocos nas respostas, como “*imã entra em contato com a bobina*”, dando a entender que há necessidade de contato para se gerar corrente nesse circuito. A resposta do aluno 3, por exemplo, como comentário não está errada, mas não tem relação com o que ocorre no experimento, já que a passagem de corrente na bobina gera sim um campo magnético, mas não forte, porém não é o motivo para acender os LEDs.

Na terceira questão é pedido que os alunos procurem pesquisar na internet uma teoria ou explicação para o funcionamento do experimento. Algumas respostas foram:

Aluno 1: Lei de Faraday, que determina que a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica.

Aluno 2: Com base nas minhas pesquisas o funcionamento pode ser explicado a partir do Eletromagnetismo, mais especificamente pela indução eletromagnética que foi descoberta a partir de um experimento realizado por Michael Faraday, ele descobriu que uma corrente elétrica era gerada ao posicionar um imã no interior de uma bobina de fio condutor, e deduziu que se movesse a bobina em relação ao imã obteria uma corrente elétrica contínua, o princípio desse fenômeno é também a base do funcionamento de eletroímãs (equipamentos que geram campos eletromagnéticos apenas enquanto uma corrente elétrica produz o efeito de indução) e é isso que vemos no experimento, no começo quando os dois estão parados tanto a bobina quanto o eletroímã e não há nenhuma corrente elétrica ligada os leds não ligam, e mesmo quando a corrente elétrica é ligada os leds também não ligam pois não houve nenhuma variação no campo eletromagnético do eletroímã, mas quando passamos a movimentar

o imã ocorre uma alteração no seu campo eletromagnético o qua faz os leds serem ativados toda vez que o elétoimã entra em contato com a bobina.

Aluno 3: Este experimento visa mostrar o movimento pendular associado à carga e descarga de um capacitor alimentado por um circuito elétrico. O objetivo do experimento é de que o pendulo oscile com a bobina, conduzindo a carga, dando “fluxo” ao circuito elétrico.

Aluno 4: O princípio da indução eletromagnética é a base de funcionamento dos eletroímãs, equipamentos que geram campos magnéticos apenas, enquanto uma corrente elétrica produz o efeito de indução. Uma vez desligados perdem suas propriedades, ao contrário dos imãs permanentes.

Observando as duas primeiras respostas vemos que elas tomaram um caminho correto para a explicação do que ocorre nesse experimento, mas na resposta do aluno 2 há alguns equívocos, como o uso do termo eletroímã, isso porque a aluna na aula afirmou achar que um eletroímã era usado na ponta do pêndulo. Foi explicado que era apenas um imã de campo magnético constante, mas que ao passar sobre a bobina sem entrar em contato com esta, o fluxo das linhas de campo variava sobre a bobina. O aluno 3 cita o uso de um capacitor no experimento, mas durante o vídeo e a aula foi explicado que não é usado nenhum tipo de pilha ou dispositivo armazenador de carga; logo foi explicado novamente que não foi feito o uso de capacitor nesse experimento. O aluno 4 também cita o eletroímã na resposta, mas agora fazendo uma descrição desse dispositivo acreditando que ele é usado no experimento.

Aqui cabe uma reflexão sobre essa atividade, já que o uso do vídeo durante a aula mostrando o experimento, mesmo com uma explicação mais detalhada da sua constituição, não foi suficiente para os alunos verem esse fenômeno de uma forma completa. Acreditamos que a exposição dele em sala de aula seja mais efetiva, não considerando que algumas dessas respostas não poderiam aparecer, mas a possibilidade de interagir mais e dialogar ao mesmo tempo em que se visualiza e interage com o experimento na hora seria mais efetivo.

Na quarta questão pedimos que os alunos dessem uma definição final ao fenômeno, de modo a articular tudo que haviam aprendido e pesquisado sobre ele. As respostas foram:

Aluno 1: Os materiais utilizados no experimento são capazes de conduzir eletricidade, no entanto, com a necessidade de um meio para que essa eletricidade chegue aos

condutores, o ímã e a bobina são essenciais pois através da movimentação do ímã (de acordo com a intensidade), o fluxo do campo magnético sofre uma variação que, ao passar pela bobina, transforma a energia mecânica em energia elétrica, tornando-se um circuito fechado de corrente induzida; quanto maior a movimentação do ímã/bobina (ou pela influencia da sua quantidade de espirais), maior capacidade de gerar eletricidade.

Aluno 2: Quando soltamos o ímã de certa altura ela transforma energia potencial em energia cinética e assim as led acende no momento exato q o ímã passa em cima da bobina. O ímã passa por cima da bobina com determinada velocidade que depende da altura em que ela foi solta

Aluno 3: Movimentando o ímã dentro da bobina, uma corrente elétrica aparece no fio condutor. Essa corrente cria um campo magnético que possibilita que as luzes do led se acendam

Aluno 4: O ímã contém dois polos: Norte e Sul. Ao seu redor contém um campo magnético. Quando o ímã entra no campo de um fio de cobre, que possui elétrons, que são correntes elétricas, ele gera energia eletromagnética

Analisando essas respostas podemos perceber que o aluno 1 organizou bem as ideias e conseguiu desenvolver um texto que explica satisfatoriamente o que ocorre, já o aluno 2 faz uma boa descrição inicial de transformação de energia, mas não completa usando os conceitos de variação de fluxo magnético, força eletromotriz e corrente induzida na bobina. Já as respostas dos alunos 3 e 4 parecem bem confusas, com o uso de termos jogados sem uma relação lógica com o fenômeno.

Na última questão foi solicitado que os alunos fizessem uma relação do experimento com as aulas anteriores. Algumas das respostas foram:

Aluno 1: Assim como no experimento, o dínamo utilizado no filme, necessita da variação e do campo magnético. Já os aerogeradores possuem relação pelos espirais que são utilizados em suas hélices e que através da movimentação pelos ventos. Todos são capazes de gerar eletricidade através de uma força mecânica.

Aluno 2: O eletromagnetismo esta muito ligado hoje com os geradores de eletricidade que é um assunto tratado tanto no texto como no filme, pois em ambos o dínamo é citado e o mesmo é um gerador de eletricidade que usa a indução eletromagnética, pois nele o movimento de uma bobina em relação a um ímã fixo faz com que se origine uma corrente elétrica gerando assim eletricidade.

Aluno 3: A relação é a energia gerada através de movimentações

Aluno 4: A relação que vejo é a velocidade, quanto maior a estrutura dos aerogeradores maior será a velocidade do vento, que se transformara em energia elétrica. No experimento ao deslocar o pendulo de uma altura maior foi possível observar o seletor acendendo, e assim que a velocidade diminui ele se apaga.

Os alunos 1 e 2 conseguiram fazer uma boa relação entre as atividades, focando no conceito de indução eletromagnética e campo magnético. O aluno 3 apenas citou a energia elétrica gerada pelo movimento, porém a resposta não diz se ele compreendeu como esses movimentos fazem tais conversões. Já o aluno 4 focou na velocidade do movimento como fator de produção de energia; essa citação é bem interessante, pois indica que pelo menos alguns elementos começam a fazer parte do repertório de respostas e que há relações entre as situações.

A segunda parte da atividade se refere ao uso do simulador. Essa atividade foi feita durante a aula virtual, com o professor manipulando o programa em tempo real e interagindo com os alunos. A utilização dos simuladores foi uma forma de melhorar a compreensão do fenômeno de indução eletromagnética, já que a partir de suas animações era possível visualizar elementos como o campo magnético e sua interação com os objetos do experimento.

O primeiro simulador usado foi o do solenoide, onde, na tela, podemos interagir com um ímã e uma bobina ligada à lâmpada. Foi perguntado aos alunos o que eles observavam, e muitos apontaram que o movimento do ímã fazia a lâmpada acender. O professor perguntou se, se mantivéssemos o ímã parado e movimentássemos a bobina, a lâmpada ligaria também? Um dos alunos afirmou que sim, outros acharam que não, o professor moveu somente a bobina e foi visto que a lâmpada acendia também. Isso deixou claro para o grupo que o movimento relativo era necessário para que houvesse energia elétrica. Uma das falas registradas por uma aluna foi:

Aluno: *Um dos dois precisa se mover*

Professor: *Correto, não é possível ver aqui, mas se movermos ambos um em direção ao outro ou afastarmos um em relação ao outro também teremos energia elétrica na bobina e a lâmpada irá acender, é importante que haja uma velocidade relativa para que isso ocorra.*

Após essa observação o professor questiona os alunos sobre a relação entre esse experimento virtual com o experimento do pêndulo eletromagnético, e a maioria dos alunos afirma que tanto no simulador como no experimento do vídeo tem que haver movimento para se gerar energia elétrica. Nesse momento o professor indica que a mudança da intensidade do imã pode ser alterada, mas reforça que aquele não é um eletroímã, e sim, era como se fôssemos substituir um imã mais fraco por outro, e os alunos viram que, quanto maior a intensidade do campo, maior é a energia elétrica, já que a lâmpada brilha mais forte. Nesse momento um dos alunos questiona sobre a variação do fluxo magnético:

Aluno: *Não entendo essa variação que o senhor fala*

Professor: *Você pode ver essas linhas ao redor do imã, é uma representação do campo magnético, quando passamos o imã por dentro da bobina essas linhas também atravessam essa área circular, esse fluxo varia com o tempo devido a esse movimento e isso gera a força eletromotriz, ou tensão elétrica, a voltagem induzida para que haja a corrente.*

Com o intuito de mostrar que a quantidade de espiras na bobina também influenciava no brilho da lâmpada, o professor alterou as quantidades de espiras, primeiro para 1 e depois para 3, e perguntou o que acontecia com o brilho da lâmpada, no que a maioria afirma que aumenta a intensidade. Em seguida o professor pergunta aos alunos o que seriam as bolinhas na espira; depois de um tempo um dos alunos diz que são os elétrons. No simulador essas bolinhas representam os elétrons presentes no condutor, mas o professor reforça com os alunos que esses elétrons não estão parados como aparecem no simulador, e sim num movimento desordenado, sendo necessária a força eletromotriz para a organização desse movimento e o surgimento da corrente elétrica. O professor questiona aos alunos por que o aumento do número de espiras faz a lâmpada acender mais forte quando aproximamos ou afastamos o imã? Os alunos apontam que há mais elétrons nos enrolamentos de cobre e que isso deve gerar mais corrente elétrica. Transcrevemos algumas respostas:

Aluno 1: *O brilho aumento, pois a corrente elétrica é maior e tem mais elétrons.*

Aluno 2: *A luz brilha mais forte. E essa intensidade é decorrente porque há mais elétrons, ou seja, mais corrente (no caso do solenóide corrente alternada).*

Aluno 3: *Quando aumentamos a quantidade de espiras a intensidade da luz aumentou. isso ocorre porque ao aumentar as espiras tem mais eletrons, com mais eletrons obtemos mais corrente elétrica*

Aluno 4: *Mais espiras aumentam a claridade da lâmpada por conta de ter mais elétrons*

Em uma das respostas aparece o conceito de corrente alternada que surge na aula após o professor indicar que, com a aproximação ou o afastamento do imã, podemos observar uma mudança de direção da corrente. Nesse momento falamos também da lei de Lenz, em que a corrente na bobina também gera um campo magnético que ora repele a aproximação do imã e ora atrai o imã quando ele se afasta. A corrente alternada é um resultado da oscilação desse movimento, indicando a alteração do sentido da corrente em função do tempo. Aqui o professor explica que esse é o tipo de corrente que chega nas nossas casas e que a corrente contínua que não se altera com o tempo é geralmente gerada por pilhas e baterias.

Após trabalhar com o solenoide o professor passou a usar o simulador na parte do gerador. Aqui foi trabalhado o uso de um elemento para realizar o movimento do imã no caso de uma torneira aberta cuja vazão da água fazia girar um imã; questionados sobre quem fazia o papel da água no aerogerador, dois alunos responderam que era o vento. Isso indicou que uma parte da turma começava a fazer as relações necessárias para entender como todo esse processo se relaciona, ou seja, a ideia de variar energia para haver movimento de um imã ou bobina na geração de eletricidade. As respostas de alguns alunos na atividade apontam para isso:

Aluno 1: *No experimento foi preciso da água para haver variação de fluxo e gerar uma corrente elétrica para ligar a lâmpada , e nos aerogeradores esse movimento e feito pelo vento, que movimenta a bobina do dínamo e produz energia.*

Aluno 2: A força da água faz o imã girar e produzir um fluxo de campo magnético, assim como o vento em relação ao aerogerador, que movimenta as pás e em um desses processos por sua vez, converte energia mecânica em energia elétrica.

Aluno 3: Assim como os aerogeradores esse experimento depende da força do movimento. Os aerogeradores da força do vento e o experimento da força da água.

Esses experimentos conseguiram, de certa forma, explicar como funciona o gerador das usinas eólicas, permitiram fazer com que os alunos fizessem as ligações necessárias para compreender esse processo de transformação de energia, incentivaram a turma a levantar hipóteses e pesquisar a respeito do que acontecia. Passaram a usar os conceitos da física de uma forma mais organizada para explicar o fenômeno de indução eletromagnética.

4.2.5 Atividade 4

A atividade 4 foi realizada pelos alunos em casa durante a semana das Aulas 5 e 7. Devido à quantidade de trabalhos em outras disciplinas, foi fornecido um tempo maior para entrega das questões. Assim, na Aula 6 foi feita uma revisão de todos os conceitos a partir de uma aula expositiva que se utilizou de todas as atividades feitas anteriormente, de modo a organizar os conceitos e o entendimento das aulas.

É importante afirmar que a aula expositiva não constituiu da exposição de conteúdo direto ao aluno, mas um diálogo entre professor e alunos buscando rever tudo que havia sido feito anteriormente e reforçando os conceitos e situações trabalhadas.

A Atividade 4 é um conjunto de dois problemas que saem do tema energia eólica para entender se eles conseguem usar os conceitos aprendidos nas aulas anteriores em situações diferenciadas. A figura 4.11 mostra algumas respostas de alunos que fizeram essa atividade. Logo, o objetivo dessa atividade é que o aluno expresse seu conhecimento na resolução de problemas abertos.

A primeira questão aborda o problema da usina hidrelétrica onde inicialmente o aluno deve reconhecer os tipos de energia presentes em cada processo nesse tipo de usina, e depois descrever como a energia elétrica é gerada. Em geral eles conseguiram associar as etapas de transformação de energia corretamente, verificando que a concentração de água nas barragens se refere à energia potencial gravitacional, a corrente de água quando as comportas são abertas

é a energia cinética, o giro da turbina é a energia rotacional, e a energia elétrica como resultado desta no gerador. Algumas respostas relativas à questão são listadas abaixo:

Aluno 1: O eixo da turbina esta unido ao gerador elétrico que ao girar converte a energia de rotação em eletricidade

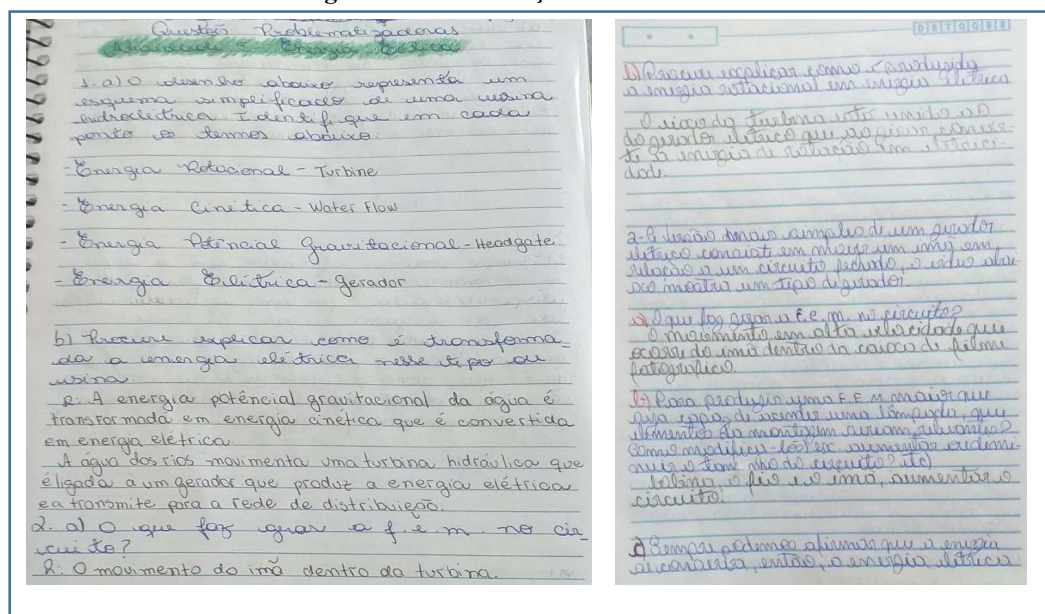
Aluno 2: A energia potencial gravitacional da água é transformada em energia cinética que é convertida em energia elétrica. A água dos rios movimentada uma turbina hidráulica que é ligada a um gerador que produz a energia elétrica e a transmite para a rede de distribuição.

Aluno 3: Nas hidrelétricas, a energia potencial gravitacional da água é transformada em energia cinética de rotação, que depois , é convertida em energia elétrica.

Aluno 4: A conversão da energia hidráulica em elétrica é feita em duas etapas. A 1º, a energia hidráulica é transformada em mecânica rotacional da turbina e a 2º ocorre a conversão mecanoelétrica, isto é, essa energia mecânica é convertida em energia elétrica.

Observando atentamente essas respostas vemos que o foco dos alunos foi descrever as etapas de transformação de energia na usina hidroelétrica, sem procurar explicar como isso ocorre na turbina e no gerador onde o conceito de indução eletromagnética deveria aparecer. Logo fica evidente que os alunos ainda não conseguem ver esse conceito em situações em que devem explicar a geração de energia elétrica sem que seja através dos aerogeradores. Na última aula em que discutimos essas questões o professor pontuou com os alunos a falta dessa observação que era fundamental na resposta.

Figuras 4.11: Resolução da Atividade 4



Fonte: Próprio Autor

Na segunda questão, os alunos deveriam analisar o vídeo de um experimento caseiro de um gerador elétrico. No primeiro tópico foi perguntado o que fazia gerar a força eletromotriz no circuito do vídeo. Algumas respostas foram:

Aluno 1: *A variação do fluxo magnético.*

Aluno 2: *O movimento do ímã dentro da turbina.*

Aluno 3: *O movimento em alta velocidade que ocorre do ímã dentro da caixa de filme fotográfico.*

Aluno 4: *o movimento que o homem faz balançando o ímã dentro da bobina.*

As respostas de forma simplificada indicam elementos que têm relação com o que ocorre no vídeo, mas que não explicam de forma completa a geração de energia para acender os LEDs, de modo que os alunos procuram explicar focando apenas no movimento, mas sem explicar por que esse movimento gera eletricidade e como esse fluxo magnético gera corrente. Foi reforçado

na última aula a falta dessas explicações, que são importantes para se compreender como se explica completamente esse experimento.

No tópico b dessa questão foi questionado com os alunos o que seria necessário para se produzir uma força eletromotriz maior? As respostas selecionadas foram:

Aluno 1: *Bobina, o fio e o imã, aumentar o circuito*

Aluno 2: *Colocar um imã de potencia maior capaz de aumentar a corrente e também aumentar o circuito.*

Auno 3: *Aumentar a corrente a partir de um imã mais potente, tambem uma bobina e um fio condutor. Aumentando o tamanho do circuito.*

Aluno 4: *Teria de aumentar o circuito para modificar a claridade desta lâmpada, se fosse o oposto, teria que diminuir o tamanho do circuito.*

A maioria das respostas se concentra na alteração das dimensões do circuito no caso de o experimento aumentar a área da espira enrolando num recipiente maior; esse fator altera a intensidade da luz e está relacionado com o aumento da *fem* induzida, como foi visto no experimento virtual. Dois alunos afirmaram a possibilidade de colocar um imã mais potente, mas não se aprofundaram sobre como isso aumenta a força eletromotriz; podem ainda não ter entendido sobre a intensidade das linhas de campo e do aumento do fluxo de linhas em função do tempo. Outra possibilidade que não foi citada por nenhum aluno que fez essa atividade era realizar movimentos mais rápidos com imã, de modo a diminuir o tempo e fazer o fluxo magnético variar mais rapidamente.

O último tópico dessa questão perguntava de onde era extraída a energia para fazer esse gerador funcionar. Algumas respostas foram:

Aluno 1: *A energia elétrica é extraída do VENTO ou da AGUA, depende da fonte que ela foi produzida, que se converteu em energia elétrica.*

Aluno 2: *Esses geradores elétricos são feitos para produzir energia elétrica a partir de alguma outra fonte de energia, como por exemplo o gerador mecânico que utilizava a energia mecânica e a converte em energia elétrica.*

Aluno 3: Geradores elétricos são feitos para produzir energia elétrica a partir de alguma outra fonte de energia. nesse caso é utilizada a energia mecânica.

Aluno 4: Dos rios

As respostas se focaram em explicar a geração de energia de uma forma geral sem especificar o experimento do vídeo da questão. Os alunos reconhecem que há a necessidade de uma fonte de energia para conversão de energia elétrica. Essa fonte pode ser dos ventos, da água, dos rios ou de outro tipo, mas no caso do experimento do vídeo a energia de movimento do braço, que no caso tem a ver com a energia química de dentro do corpo humano, é o fator fundamental para explicar o experimento. As respostas dos alunos não estão erradas, mas não contemplam o que se pede nessa questão, ou seja, não citam especificamente a energia mecânica de movimento do braço.

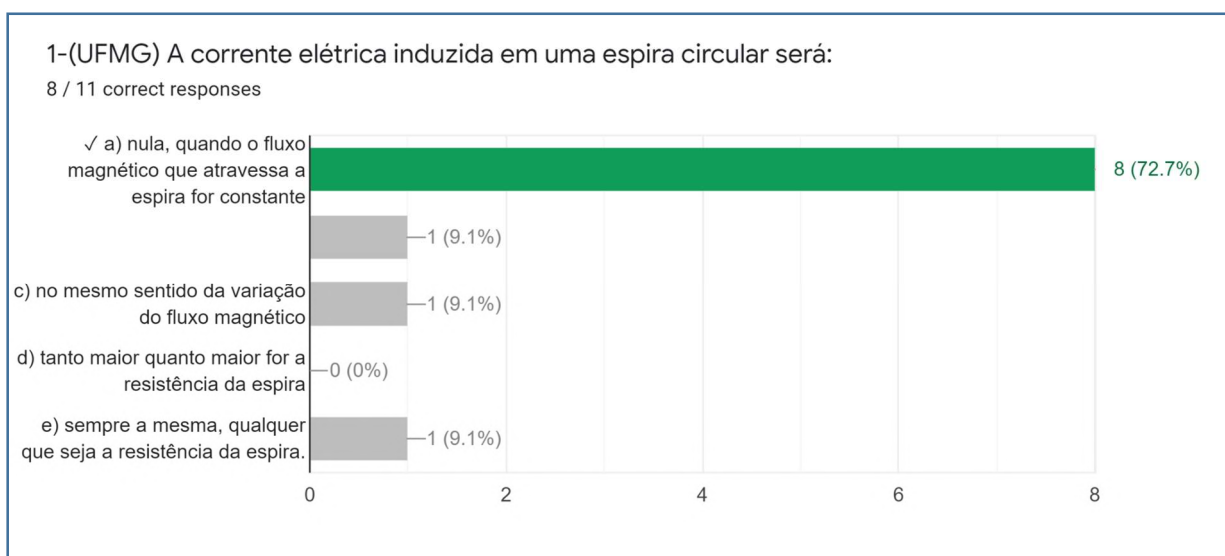
Na última aula realizada essas questões foram discutidas com os alunos de modo que eles pudessem reconhecer os equívocos e corrigir algumas respostas. De modo geral as respostas apresentam, em partes, termos estudados em aulas passadas e uma certa compreensão geral do processo de geração de energia elétrica, faltando se aprofundar mais na explicação de como a indução eletromagnética explica essa transformação.

4.2.6 Atividade 5

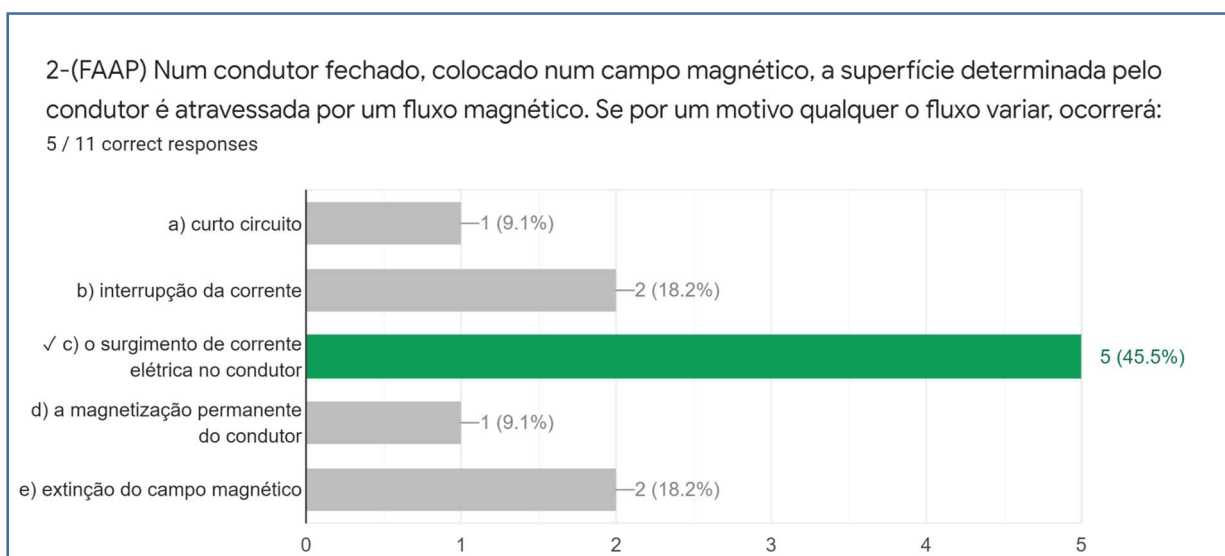
As questões de vestibulares e ENEM foram focadas no conteúdo relacionado a indução eletromagnética e fontes de energia eólica. O objetivo dessa atividade era averiguar se a SD fornecia também elementos teóricos para a compreensão dessas questões que são frequentemente exigidas em provas externas. Além disso, algumas dessas questões permitem que se trabalhe em sala de aula de uma forma contextualizada, como as questões do ENEM, que abordam situações diversificadas a respeito desse conteúdo.

Abaixo são apresentados na forma gráfica os resultados dessa atividade realizada pelos alunos durante a Aula 6.

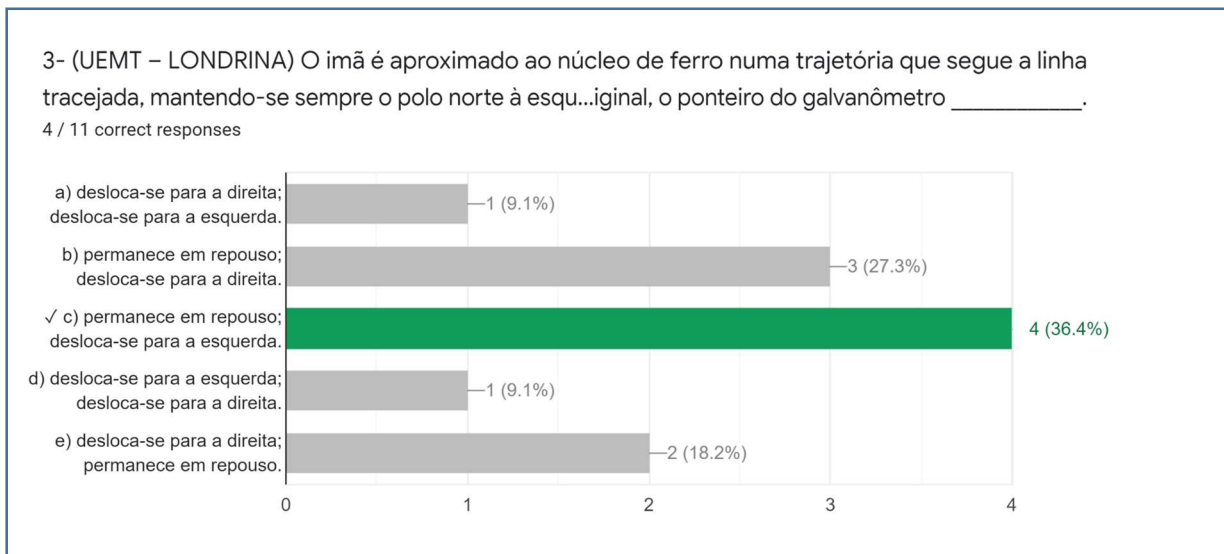
Figuras 4.12: Gráfico dos resultados da Questão 1 da Atividade 5



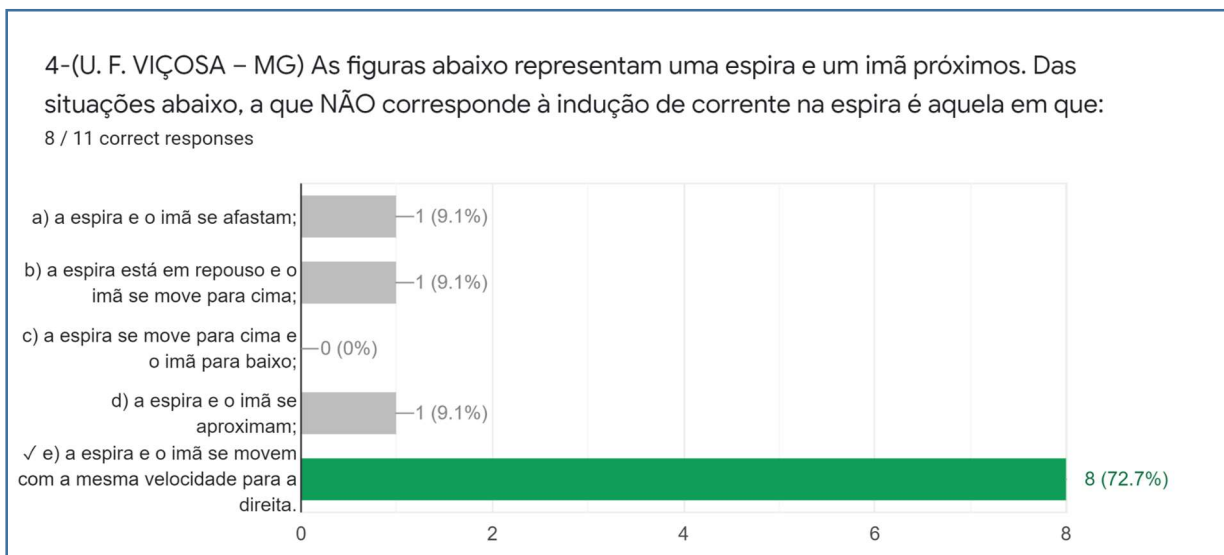
Figuras 4.13: Gráfico dos resultados da Questão 2 da Atividade 5



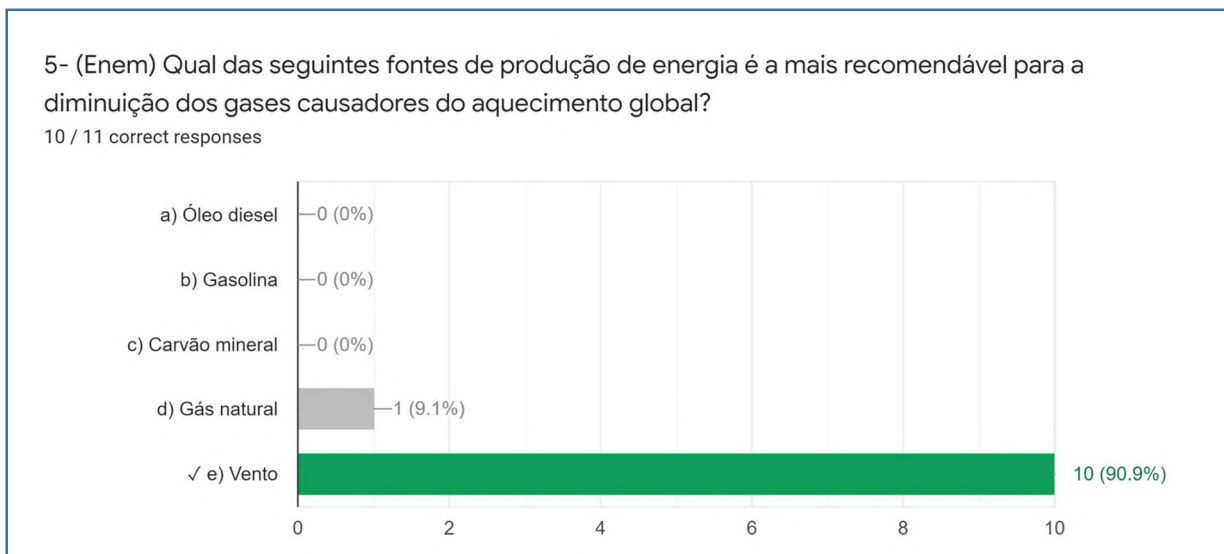
Figuras 4.14: Gráfico dos resultados da Questão 3 da Atividade 5



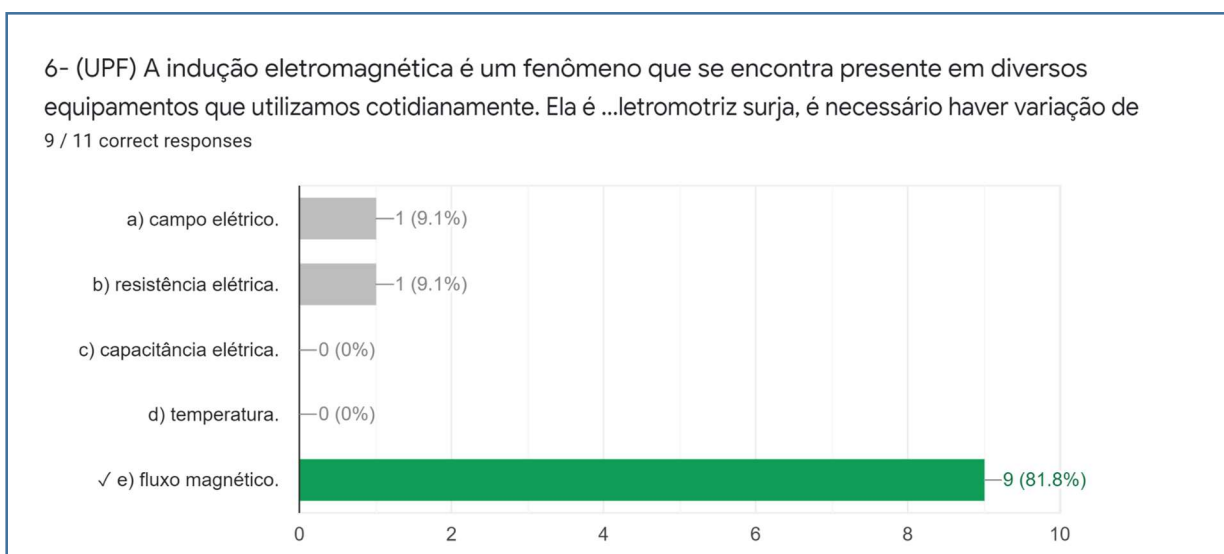
Figuras 4.15: Gráfico dos resultados da Questão 4 da Atividade 5



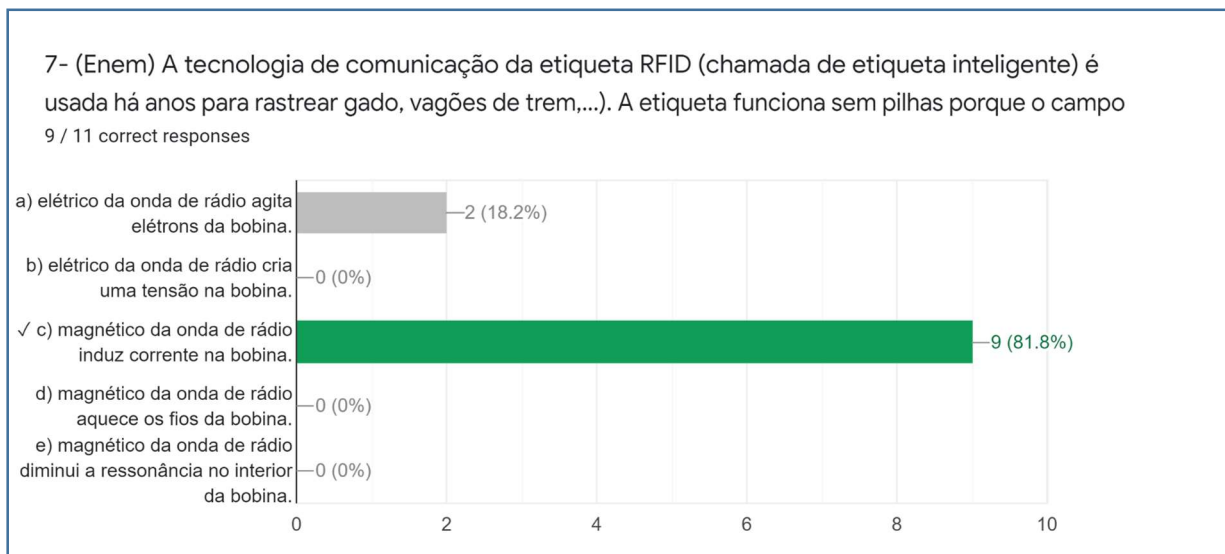
Figuras 4.16: Gráfico dos resultados da Questão 5 da Atividade 5



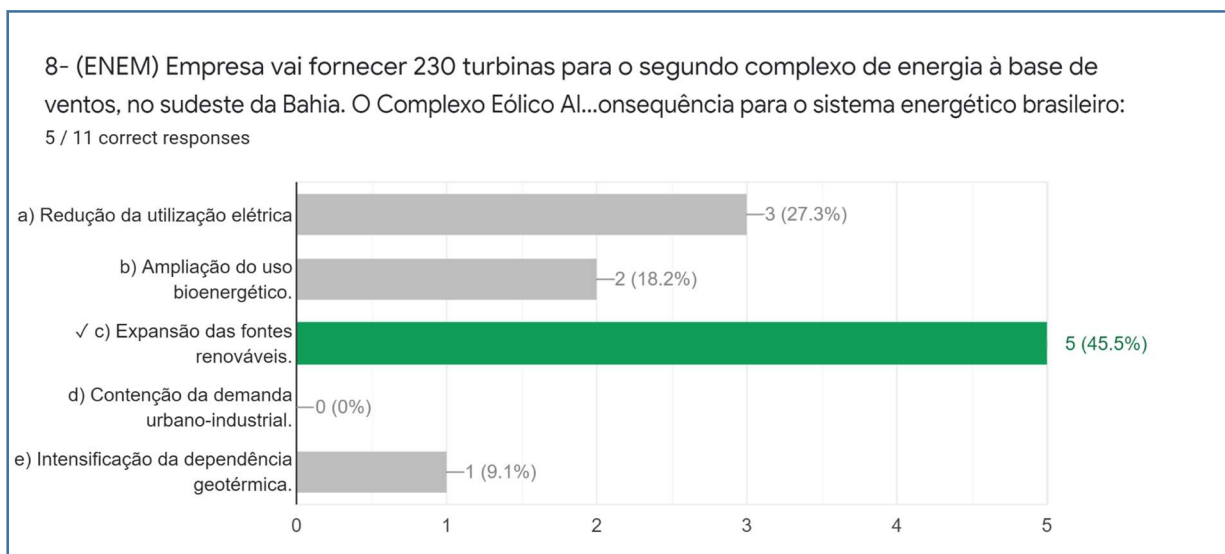
Figuras 4.17: Gráfico dos resultados da Questão 6 da Atividade 5



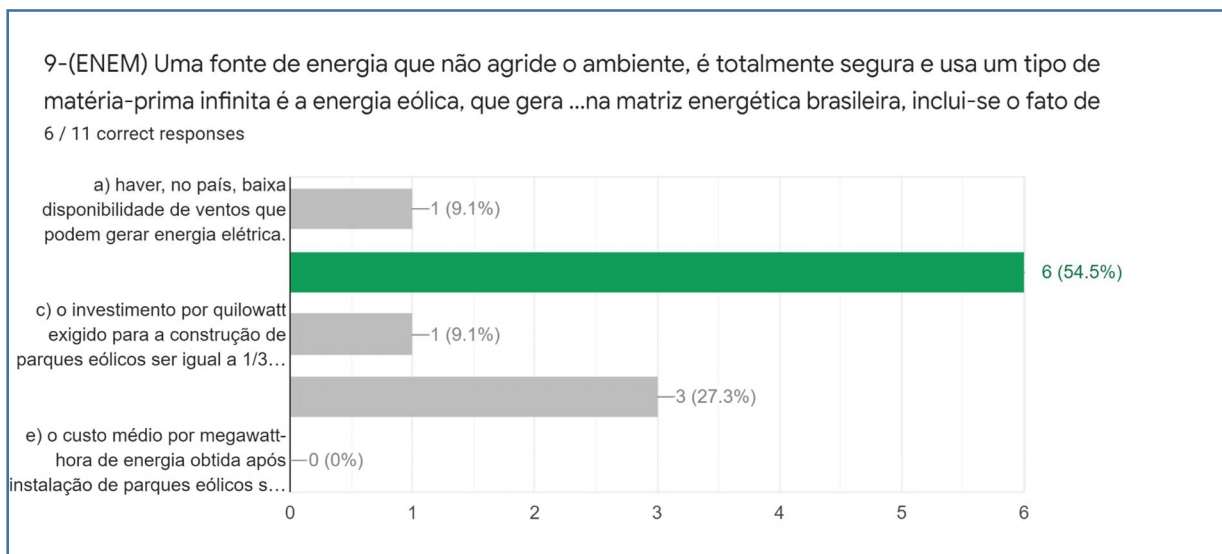
Figuras 4.18: Gráfico dos resultados da Questão 7 da Atividade 5



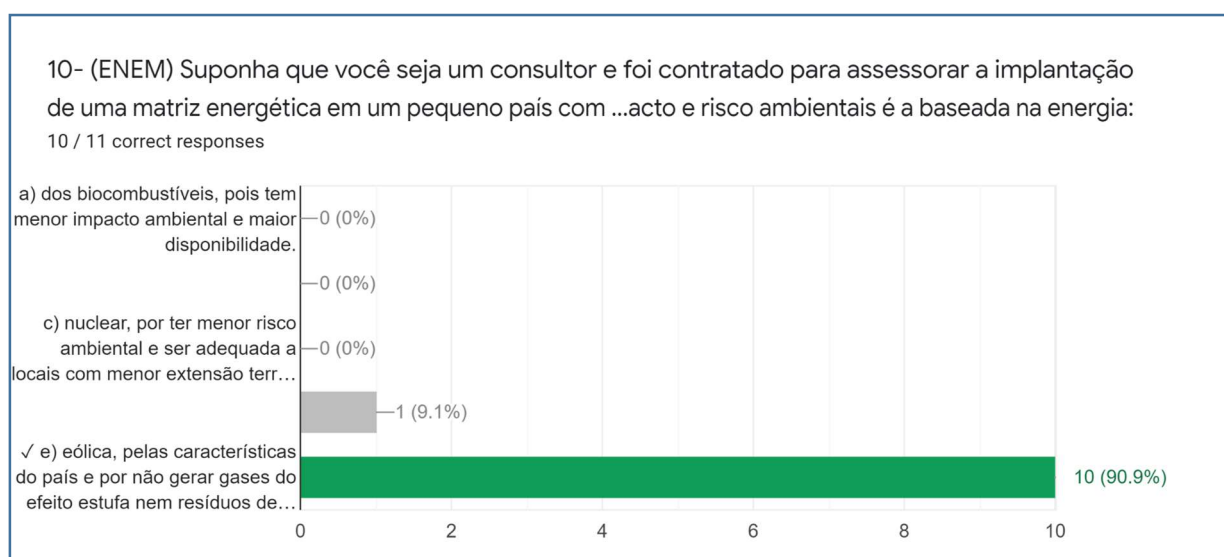
Figuras 4.19: Gráfico dos resultados da Questão 8 da Atividade 5



Figuras 4.20: Gráfico dos resultados da Questão 9 da Atividade 5



Figuras 4.21: Gráfico dos resultados da Questão 10 da Atividade 5



Os alunos tiveram mais dificuldades nas questões 2, 3 e 8. Na questão 2 vemos um elemento central do que foi discutido em sala de aula, que é a variação do fluxo magnético e como isso acarreta o surgimento de uma corrente no condutor fechado. Reforçamos novamente isso na aula final utilizando uma vez mais o simulador usado na Atividade 3.

Na questão 3 as respostas se concentraram na permanência em repouso do ponteiro do galvanômetro e no deslocamento deste de acordo com o afastamento e aproximação do ímã. Os

alunos disseram ter dificuldade, tanto nessa questão como na questão 2, de entender o que se era pedido. No caso da questão 3 uma leitura atenta já permitia descobrir a resposta lembrando que, ao usar o simulador, foi mostrado aos alunos que a aproximação e afastamento de um ímã mudava a direção de um galvanômetro usado no lugar da lâmpada.

A questão 8 tinha como propósito relacionar a energia eólica às fontes renováveis, mas mais da metade dos alunos escolheram outras opções que não tinham essa relação; alguns indicaram achar que a escolha da opção eólica tinha relação com economia de energia.

De modo geral foi possível observar que boa parte dos alunos teve um resultado bom nessas questões, indicando que a SD, além de ter promovido um debate diferenciado para a aula de física, também contribuiu para uma abordagem em relação a questões de vestibulares e ENEM.

Capítulo 5

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação desse produto educacional possibilitou um trabalho diferenciado no ensino de física, pois permitiu ir além do tipo de ensino praticado nas escolas, ou seja, desenvolver um conceito dentro de uma temática fundamental nos dias de hoje, que é o uso de fontes renováveis na produção de energia.

Dentro da perspectiva da abordagem da interação social entre professor e aluno e entre os próprios alunos, como propõe Vygotsky a partir do uso dos mediadores que diversificaram o trabalho, possibilitando a discussão e a narrativa de saberes, foi possível a construção de uma fala mais articulada de conceitos físicos relacionados ao tema na explicação de situações.

Devido às dificuldades de se levar o trabalho para sala de aula, por conta da pandemia que assola o mundo, a utilização de ferramentas computacionais que possibilitaram a comunicação e troca de ideias desempenhou um papel satisfatório no desenvolvimento das aulas e análise das respostas dos alunos.

A participação dos alunos foi um ponto alto desse trabalho, pois, apesar das limitações de interação que algumas vezes a tecnologia propicia em comparação à interação em sala de aula, houve um empenho no desenvolvimento das atividades, nos momentos de discussão e no levantamento de dúvidas durante as aulas.

É possível averiguar nos dados registrados essa participação e esforço em procurar explicar, mesmo com algumas limitações, o que era pedido. A participação nas aulas em termos de exposição de ideias e interação com o professor de modo a explicar determinadas situações também contribuiu para alcançar os objetivos estipulados.

Quando falamos desses objetivos estamos nos referindo à possibilidade que a SD favoreceu na discussão da fonte eólica como fonte de energia renovável e limpa em termos de aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Também contribuiu na apresentação do conceito de indução eletromagnética dentro de um contexto atual a partir de um cenário social e tecnológico, seja a partir de um artigo de revista ou um filme mostrando uma realidade onde a ciência faz diferença. Também se utilizou de experimentos que complementam essa discussão, trazendo outro olhar para esse fenômeno que somente com quadro e giz não seria possível descrever.

Por fim, favoreceu o diálogo, a troca de ideias, as afirmações ora corretas e ora equivocadas, mas sempre valorizadas para mostrar que é possível a partir dos erros entender o porquê de algo não fazer sentido para determinada situação.

Como foi possível ver a partir da fala dos alunos, uma Física além das equações e cálculos, que são também fundamentais para interpretar o mundo, mas que da forma como são trabalhadas limita as discussões.

Apesar das contribuições satisfatórias trazidas pela SD no ensino do conceito de indução eletromagnética dentro do tema de energia eólica, se faz necessário uma revisão a respeito da forma como a SD pode ser trabalhada de forma mais eficaz, já que as respostas em problemas que fogem do tema principal ficaram longe das expectativas. Organizar melhor as aulas, trazendo outras situações em que o aluno seja incentivado a usar os conceitos aprendidos, pode contribuir para melhorar a organização dessas ideias com o tempo, já que a lei de Faraday apresenta um desafio pedagógico significativo na sua compreensão por parte dos alunos.

Reverendo esses elementos e modificando esses pontos é possível tornar essa SD mais adequada para o ensino de Física, tanto na área do eletromagnetismo, como dando novas ideias para outras áreas e conteúdos de Física dentro de uma realidade mais significativa para o aluno.

REFERÊNCIAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? Brasília, 1996.

ARAUJO, A. V. R. de et al. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo , v. 39, n. 2, 2017.

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, v.25, n.2, p.176-194, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em 22 de junho 2019.

BARROSO, FÁBIO F. et al. Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo , v. 40, n. 2, 2018.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
Acesso em: 20 de abril de 2020.

CAPECCHI, MARIA CÂNDIDA VARONE DE MORAIS; CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE; SILVA, DIRCEU DA. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 152-166, 2000.

CYPRIANO, M.A; IMANISHI, R.M.M. Estudo das Forças Gerada por uma Hélice. 47. Dissertação (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 891-934, 2012.

CARMO, ALEX BELLUCCO DO; CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. Ciência e Educação, Bauru, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.

CAVALCANTI, MARCELLO HENRIQUE DA SILVA; RIBEIRO, MATHEUS MARQUES; BARRO, MARIO ROBERTO. Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. Ciência e Educação, Bauru, v. 24, n. 4, p. 859-874, 2018.

DIAS, VALÉRIA SILVA ; MARTINS, ROBERTO DE ANDRADE. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. Ciência e Educação, Bauru, v.10, n. 3, p.517-530, 2004.

GASPAR, A. e MONTEIRO, I. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky, 2005.http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf. Acesso em 5 de junho 2019.

GUSMAO, THIAGO DE C.; VALENTE, JULIA DE A.; DUARTE, S. B.. A matéria escura no universo - uma sequência didática para o ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 39, n. 4, 2017.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Educar em Revista, n. 44, p. 75-92, 2012.

KARAM, RICARDO AVELAR SOTOMAIOR; CRUZ, SONIA MARIA S.C. DE SOUZA; COIMBRA, DÉBORA. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 105-114, 2007.

KIOURANIS, N. M. M; SOUSA, A. R. D; FILHO, OURIDES SANTIN. Alguns aspectos da transposição de uma sequência didática sobre o comportamento de partículas e

ondas: subtítulo do artigo. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 9, n. 1, p. 199-224, 2010.

LEFRANÇOIS, G. R. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: Cengage. 2008.

LIMA, GUILHERME DA SILVA; GIORDAN, MARCELO. Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 19, 2017. <https://www.scielo.br/pdf/epec/v19/1983-2117-epec-19-e2932.pdf>. Acesso em 10 de agosto 2020.

LIMA, JOSÉ ROBERTO; FERREIRA, HELAINE. Contribuições da Engenharia Didática como elemento norteador no Ensino de Física: estudando o fenômeno de Encontro de Corpos com atividades da Robótica Educacional. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 42, 2020.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, p.1304-1 a 1304-13, 2008.

MARTINS, R. de A. Orsted e a Descoberta do Eletromagnetismo. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, v. 10, p. 89-114, 1986. Disponível em: <http://ghc.ifc.unicamp.br/pdf/ram-30.pdf>. Acesso em: 15/05/2020.

MONTEIRO, M. A.; MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A. Textos de divulgação científica em sala de aula para o ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL235.pdf>. Acesso em 22 de junho 2019.

MONTEIRO, MÍDIÁ M.; MARTINS, ANDRÉ FERRER P.. História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 4501-1-4501-9, 2015.

MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. Comunicação & Educação, v. 2, p. 27-35, 1995. http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/desafios_pessoais/vidsal.pdf. Acesso em 22 de junho 2019

MOREIRA, M. , Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 4, p. 293 - 295, 2004. <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a02v26n4.pdf>. Acesso em 22 de junho 2019

MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de Física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson Laird. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

NETO, BRENO DRÖSE. Aprendizagem de conceitos físicos relacionados com circuitos elétricos em regime de corrente alternada com o uso de placa Arduino. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

NUSSENZVEIG, MOYSÉS H. Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.

OLIVEIRA, FABIANA ANDRADE DE; LANGHI, RODOLFO. Educação em Astronomia: investigando aspectos de conscientização socioambiental sobre a poluição luminosa na perspectiva da abordagem temática. Ciência e Educação, Bauru, v. 20, n. 3, p. 653-670, 2014.

OLIVEIRA, MARTA KOHL DE. Vigotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993.

PINTO, MILTON DE OLIVEIRA. Fundamentos de Energia Eólica. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2018.

PAZ, A. M. Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições Para o Ensino de Eletromagnetismo. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina Programa

de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2007. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/teses/ativ_ex_per_infor_magnetism.pdf - Acesso em 10/03/2020.

POLITO, ANTONY M.M.; LAIA, MARIA P. DE. Dinâmica de corpos rígidos em superfícies com atrito. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 38, n. 2, 2016.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251- 266, 2007.

RODRIGUES, MARCO AURÉLIO TORRES; MACKEDANZ, LUIZ FERNANDO. Produção de espelhos parabólicos e construção do conceito de função polinomial de 2 o grau. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 40, n. 1, 2018.

SALEM, S; KAWAMURA, M R D. Texto de divulgação e o texto didático: conhecimentos diferentes. **Anais**. São Paulo: SBF, 1996.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. S.; PIETROCOLA, M (Org.). Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-27, 2010.

SERWAY, RAYMOND A. e JEWETT JR, JOHN W., Princípios de Física Volume 3 Eletromagnetismo, Ed. Thomson São Paulo, 2004.

SILVA, J. A. da; KAWAMURA, M. R. D. A. Natureza da Luz: uma atividade com Texto de Divulgação Científica em sala de aula. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v.18, n. 3, p.316-339, Ago. 2001. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6667/14045>. Acesso em 22 de junho 2019

SILVA, H. C. Discursos escolares sobre gravitação newtoniana: textos e imagens na física do Ensino Médio. Tese (Doutorado em Educação). Campinas, SP: Faculdade de Educação/Unicamp, 2002.

TEIXEIRA, FRANCIMAR MARTINS; SOBRAL, ANA CAROLINA MOURA BEZERRA. Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 16, n. 3, p. 667-677, 2010.

VILLANI, A. Reflexões sobre o Ensino de Física no Brasil. *Revista de Ensino de Física*. v. 6, p. 9, 1984. <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf> .Acesso em 15 de maio 2019

VYGOTSKY, L., S. A Formação Social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

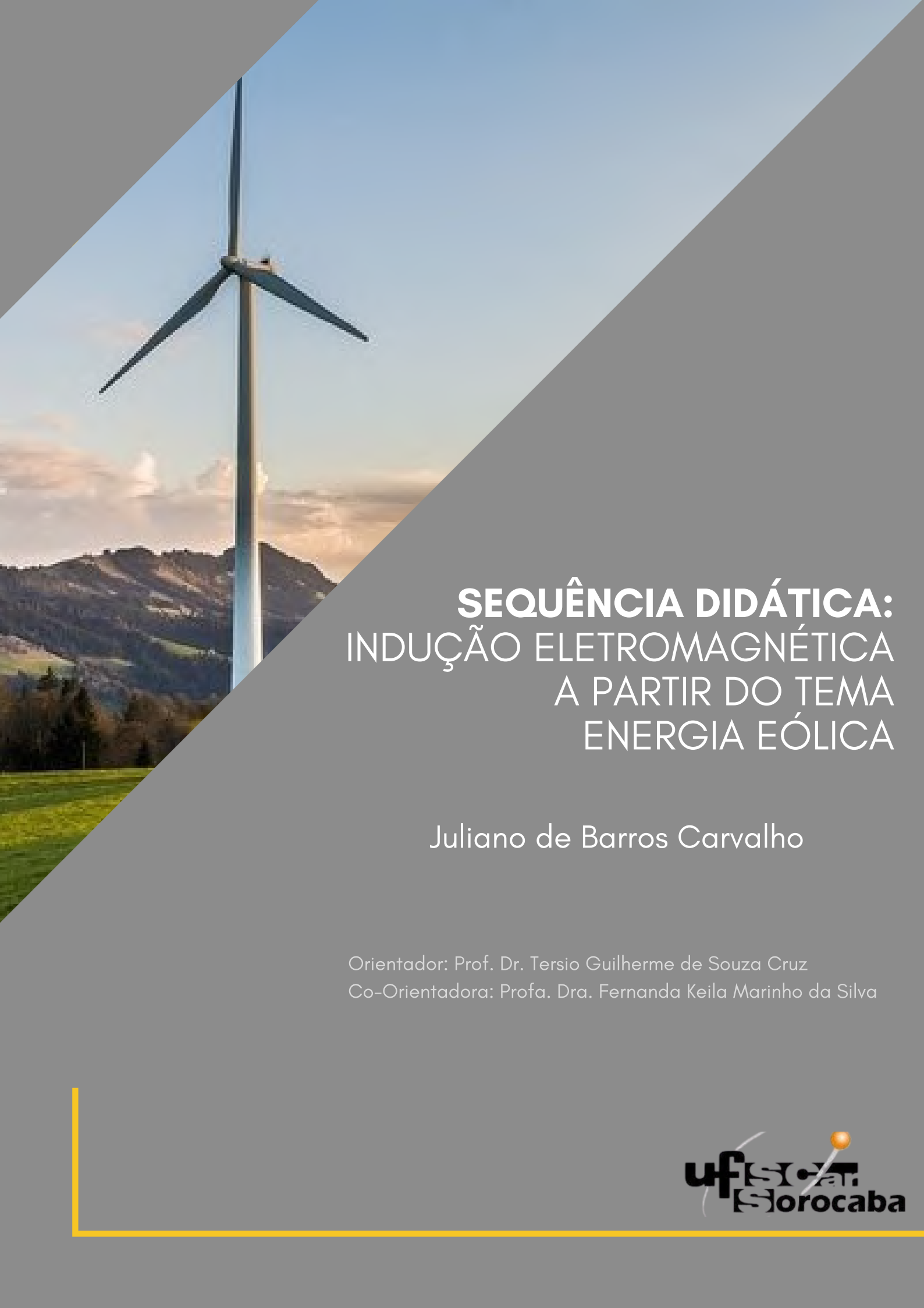
_____. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ZABALA, ANTONI. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZAPAROLLI, DOMINGOS. Ventos Promissores a Caminho. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 20, n. 275, p. 78-82, jan./2019.

Apêndice A

PRODUTO EDUCACIONAL



SEQUÊNCIA DIDÁTICA: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA A PARTIR DO TEMA ENERGIA EÓLICA

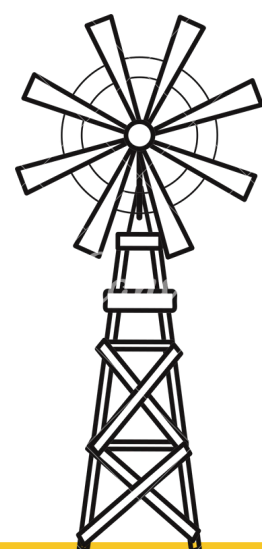
Juliano de Barros Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Co-Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

SUMÁRIO

1. Introdução.....	4
2. Eixo Teórico.....	5
3. Apresentação do Produto.....	6
4. Quadro de Planejamento.....	8
5. Atividade inicial: Mapeamento.....	9
6. Atividade 1.....	10
7. Atividade 2.....	18
8. Atividade 3.....	21
9. Aula Expositiva.....	28
10. Atividade 4.....	31
11. Atividade 5.....	35
12. Referências.....	40





Fonte: Banco de fotos do Canvas

*Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras,
outras constroem moinhos de vento.
Érico Veríssimo.*

Esse produto educacional, desenvolvido como resultado do Mestrado Profissional em Ensino de Física pela Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, tem como objetivo o ensino de conceitos da área do Eletromagnetismo, especificamente da Indução Eletromagnética. Para isso, partimos da temática Energia Eólica, fonte de energia que vem a cada ano se tornando mais importante como matriz energética limpa e renovável. Essa temática se torna pertinente graças à importância social que desempenha na geração de energia elétrica, assim como na questão ambiental relacionada a esse assunto.

A proposta de trabalho desse produto é uma sequência didática que contempla uma série de atividades diversificadas procurando desenvolver em sala de aula um ambiente de discussão, diálogo e de compreensão do papel dos conceitos físicos na geração de energia elétrica. Para isso, foi utilizado como eixo teórico os trabalhos de Vygotsky relacionados a linguagem a compreensão de conceitos, a utilização de textos de divulgação científica, uso de filmes e experimentos. O leitor encontrará nesse material uma série de tópicos que discute, não somente a questão energética mas uma série de propostas que podem ser trabalhadas em sala de aula.

Esperamos que esse produto possa contribuir para a melhora da educação científica em sala de aula e que amplie a visão dos alunos da importância da ciência no desenvolvimento da sociedade moderna.



EIXO TEÓRICO

Como forma de fundamentar a construção de um produto educacional que tenha o potencial de promover uma transformação conceitual, nos apoiamos nas teorias de Vygotsky no que se refere à linguagem e formação de conceito.

Os trabalhos de Vygotsky têm grande influência até hoje na educação graças à sua pioneira visão de relacionar cultura e cognição. Essa relação é fundamental na construção do seu pensamento a respeito de como as crianças aprendem. Dentro desse trabalho procuramos elementos da teoria de Vygotsky que proporcionem uma base para justificar nosso produto educacional.

É importante que as aulas de Física proporcionem, a partir da interação social entre professor e aluno, uma cultura científica que possibilite construir conceitos cientificamente aceitos, de modo a desenvolver habilidades que modifiquem a realidade em que esse aluno se encontra.

Outro elemento fundamental dentro da teoria de Vygotsky que contribui nesse processo de interação entre professor e aluno na formação da ideia de um conceito são os mediadores. Por mediação considera-se o uso de estímulos e signos que ajudem a modificar as atividades psíquicas do indivíduo. Nesse trabalho, foram usados como mediadores, um texto de divulgação científica, o filme "O Menino Que Descobriu o Vento" e uma série de experimentos. A utilização desses mediadores permitiu uma diversificação das atividades desenvolvidas com os estudantes, mas sempre buscando conectá-las de modo a construir um panorama geral do tema e possibilitar, da melhor forma, tecer a ligação entre os conceitos físicos ligados ao eletromagnetismo para a compreensão do processo de geração elétrica.

APRESENTAÇÃO

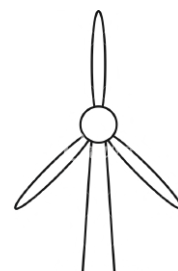
Essa sequência didática é composta de atividades destinadas aos alunos do 3º ano do Ensino Médio que estejam desenvolvendo seus estudos dentro da área da eletricidade. Nosso objetivo nesse trabalho é abordar o conceito de indução eletromagnética dentro do tema Energia Eólica. Foi planejada uma série de atividades que contemplam a leitura, o uso de filme e experimentos que promovam a discussão, a pesquisa, o trabalho teórico e experimental da física como forma de ampliar as habilidades e competências dos alunos nessa disciplina. Dividimos essa apostila em 5 atividades num total de 14 horas-aulas assim descritas:

Introdução: Questionário de Concepções Prévias

Propõe-se à realização do levantamento de ideias prévias dos alunos acerca do tema Energia Eólica a partir de um questionário.

Atividade 1: Textos “Ventos Promissores a Caminho”

Usando o texto da revista FAPESP serão discutidos o cenário de produção de energia elétrica no Brasil a partir dos parques eólicos, como essa matriz energética vem se tornando importante como um elemento a mais na geração de energia, as pesquisas realizadas nessa área, os pontos positivos e negativos e a política de investimentos em energias alternativas renováveis.



APRESENTAÇÃO

Atividade 2: Filme “O Menino que Descobriu o Vento”

O filme retrata a história real de William Kamkwamba, um jovem do Malawi que, a partir da sua curiosidade e vontade de aprender, resolve ajudar sua vila, que enfrenta uma seca, construindo um aerogerador para levar água às plantações. Nessa atividade discutiremos vários elementos da eletricidade como a ligação em serie de geradores, o funcionamento do dínamo e transformação de energia.

Atividade 3: Experimentos de Eletromagnetismo

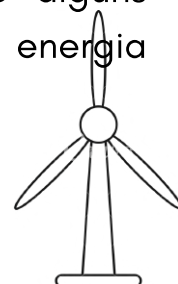
A partir de um aparato experimental e simuladores do site PHET, pretende-se gerar um espaço de observação do fenômeno física da indução eletromagnética, produzindo questionamentos e respostas sobre as questões das atividades relacionadas a esses experimentos.

Atividade 4: Problemas Contextualizados

Nessa atividade serão apresentados dois problemas, um relacionado ao funcionamento da usina hidroelétrica e o outro a um experimento de transformação de energia mecânica em elétrica realizado em vídeo. A partir do conhecimento adquirido nas aulas anteriores, espera-se que grupos de alunos possam discutir soluções para questões apresentadas.

Atividade 5: Questões de Vestibulares e ENEM

Aqui trabalhamos com uma sequência de questões do ENEM e de alguns vestibulares sobre o conteúdo de indução eletromagnética e fontes de energia alternativa.





PLANEJAMENTO

Conteúdo	Total de Aulas	Objetivo	Atividade	Material	Avaliação
- Tipos de energia e transformação	1 aula	- Fazer um levantamento do conhecimento dos alunos a respeito da energia eólica.	- Questionário de concepções previa. (1 aula)	- Lista de Questões	- Respostas do questionário
- Unidades de potência - Matriz Energética - Fontes renováveis e não renováveis - Transformação de energia	2 aulas	- Reconhecer o panorama da produção de energia elétrica a partir da eólica no Brasil. - Observar termos da física na literatura jornalística	- Leitura e discussão do texto Ventos Promissores a Caminho, Revista FAPESP. (1 aula) - Resolução das questões e correção. (1 aula)	- Texto: Ventos Promissores a Caminho, Revista FAPESP - Lista de Questões	- Discussões sobre o texto - Levantamento de dúvidas. - Respostas do questionário
- Fontes de energia elétrica (Geradores) - Magnetismo - Transmissão e caixa multiplicadora - Indução Eletromagnética	3 aulas	- Levantar ideias sobre o funcionamento do dínamo. - Observar elementos relacionados a eletricidade e eletromagnetismo - Reconhecer a importância da pesquisa científica como solução de problemas sociais.	- Projeção e discussão do filme O Menino que Descobriu o Vento. (2 aulas) - Resolução das questões e correção. (1 aula) - Pesquisa: Como funciona um dínamo? (Atividade para casa)	- Filme: O Menino que Descobriu o Vento. Disponível na NETFLIX - Lista de Questões	- Discussões sobre o filme - Levantamento de dúvidas. - Respostas do questionário - Apresentação da pesquisa.
- Magnetismo - Corrente Elétrica - LED - Indução Eletromagnética	1 aula	- Observar e levantar hipóteses a respeito do fenômeno apresentado. - Fazer relações entre o fenômeno e o conhecimento adquirido em aulas anteriores.	- Apresentação do experimento Pêndulo Eletromagnético. - Resolução das questões do roteiro. (1 aula)	- Aparato experimental: Pêndulo Eletromagnético - Roteiro de Análise	- Discussões sobre o experimento - Levantamento de dúvidas.
- Magnetismo - Corrente Elétrica - LED - Indução Eletromagnética	2 aulas	- Observar e levantar hipóteses a respeito do fenômeno apresentado. - Fazer relações entre o fenômeno e o conhecimento adquirido em aulas anteriores.	- Experimento Virtual Phet (Gerador): https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator (1 aula) - Discussão das respostas dos roteiros. (1 aula)	- Computador com Internet - Roteiro de Análise	- Discussões sobre o experimento - Levantamento de dúvidas. - Respostas dos roteiros.
- Transformação de Energia - Magnetismo - Transmissão e caixa multiplicadora - Eficiência do Aerogerador - Indução Eletromagnética - Lei de Lenz	1 aula	- Relacionar as discussões das aulas anteriores com o conteúdo de física.	- Aula expositiva e discussão sobre a Indução Eletromagnética. (1 aula)	- Data Show	- Participação na aula
- Matriz Energética - Indução Eletromagnética	4 aulas	- Expressar o conhecimento na resolução de problemas abertos. - Resolver questões do ENEM sobre o conteúdo de energia eólica e indução eletromagnéticas.	- Questões Contextualizadas. (1 aula) - Questões do ENEM. (1 aula) - Correção e discussão das questões. (2 aulas)	- Lista de Questões	- Respostas das questões



Nessa aula introdutória pretende-se conhecer as ideias prévias dos alunos sobre o tema de energia eólica. É muito importante explicar, inicialmente, antes de distribuir o questionário, a importância de participar desse levantamento para a continuidade das aulas. Sugere-se que o professor(a) incentive o aluno a responder as questões procurando tirar as dúvidas necessárias durante a aplicação, sem se preocupar se a resposta está ou não correta.

As respostas, corretas ou não, serão importantes para o final da Atividade 1.

Questionário

1- Parques Eólicos são cada vez mais comuns no Brasil e vem desempenhando um papel importante para a sociedade brasileira. Explique o que você sabe sobre Energia Eólica.

2- Indique onde você já ouviu falar sobre Energia Eólica.

3- Você já deve ter aprendido que a energia está em constante transformação. No caso da Energia Eólica, em quais outras formas de energia ela pode se transformar?

4- Nos parques eólicos são utilizados aerogeradores que se parecem com moinhos de ventos. Você já viu alguma imagem desses equipamentos? Você poderia listar pontos positivos e negativos na utilização desses aerogeradores?



Atividade 1



Texto: Ventos Promissores a Caminho

Ano: 3º Ano EM

Física

Eletricidade

Data:

Total de Aulas: 2

Foco e objetivos da aula:

Leitura e discussão do texto de divulgação científica

Materiais necessários:

Texto em anexo e folha de questões

Objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer o panorama da produção de energia elétrica a partir da eólica no Brasil.
- Observar termos da física na literatura jornalística

Estrutura / Atividade:

Aula 1:

- Apresentação do texto
- Formação de grupos de alunos para leitura
- Pedir que formulem questões a respeito de dúvidas sobre o texto
- Resolução das questões

Aula 2:

- Discussão do texto
- Socialização das dúvidas dos alunos
- Correção das questões

Avaliação:

- Discussões sobre o texto
- Levantamento de dúvidas.
- Respostas do questionário

Atividade 1: Texto “Ventos Promissores a Caminho”

Nessa atividade iremos fazer uma discussão sobre o texto Ventos Promissores a Caminho da revista Pesquisa FAPESP.

- Leia o texto individualmente e assinale as partes que achar importante
- Sublinhe palavras que desconheça e procure seu significado no dicionário
- Em caso de dúvida chame o professor
- Leia em silêncio

Domingos Zapparoli

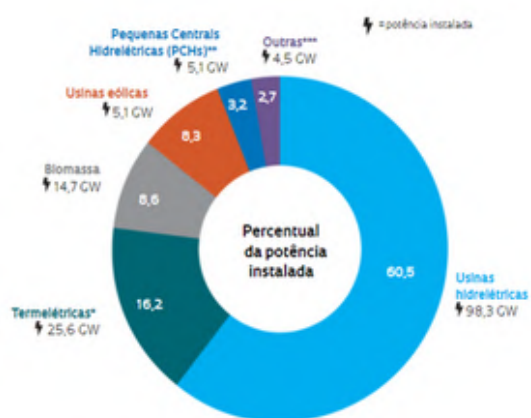
Edição 275 jan 2019

O potencial de geração de energia eólica no Brasil é estimado em cerca de 500 gigawatts (GW), de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), energia suficiente para atender o triplo da demanda atual de energia do Brasil. O número é mais de três vezes superior ao atual parque nacional gerador de energia elétrica, incluindo todas as fontes disponíveis, como hidrelétrica, biomassa, gás natural, óleo, carvão e nuclear. Em dezembro de 2018, a capacidade de geração instalada somou 162,5 GW, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Desse total, as usinas eólicas responderam por 14,2 GW, equivalente à capacidade instalada da usina de Itaipu, de 14 GW – quantidade suficiente para abastecer 22 milhões de residências. A energia gerada com a força dos ventos ocupa o quarto lugar na matriz de energia elétrica nacional.

Elbia Gannoum, presidente-executiva da ABEEólica, explica que o potencial eólico de 500 GW leva em conta apenas a geração onshore (em terra) realizada por aerogeradores que representam o padrão atual, de 2 megawatts (MW) a 3 MW de potência, instalados em torres de 150 metros (m) de altura. Aerogerador (ou turbina eólica) é o aparelho que converte a energia eólica em elétrica. Ocorre que a indústria iniciou um esforço para ampliar a potência dos aerogeradores para em torno de 5 MW. Com uma turbina duas vezes mais potente é possível dobrar a energia gerada em um espaço físico semelhante e reduzir custos operacionais. “A evolução tecnológica pode ampliar consideravelmente o potencial eólico do país”, sustenta a executiva da ABEEólica.

Matriz energética

O Brasil tem 7.186 empreendimentos de geração elétrica em operação, que totalizam 162,5 GW de potência instalada



*Inclui gás natural, óleo e carvão

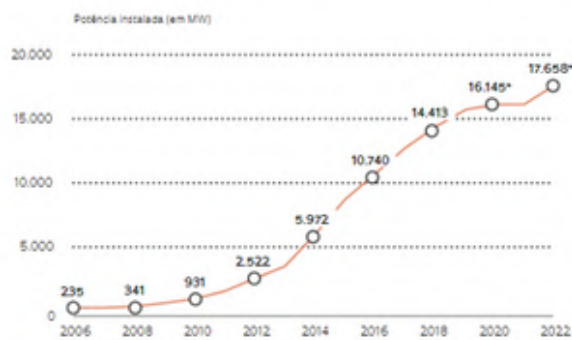
**Geram entre 5 e 30 MW

***Termonuclear, fotovoltaica e centrais geradoras hidrelétricas que geram entre 0 e 5 MW

MONTE: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) EM DEZEMBRO DE 2018

Em ritmo crescente

Geração de energia eólica não para de crescer no país



*Referem-se a contratos viabilizados em leilões já realizados

MONTE: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA)

A norte-americana GE anunciou que irá vender no país sua nova turbina de 4,8 MW, lançada mundialmente em 2017. O equipamento tem um rotor de 158 m de diâmetro com três pás, cada uma com 77 m de comprimento. A altura do conjunto todo – torre e mais uma das pás apontando para cima, na vertical – pode alcançar até 240 m, o equivalente ao comprimento de dois campos de futebol, somado à altura da estátua do Cristo Redentor, com seus 30 metros.

A combinação de um rotor maior e torres altas, explica Vitor Matsuo, líder de produto da GE Renewable Energy para a América Latina, permite que a turbina aproveite ventos de maior intensidade e produza mais energia: cerca de 90% a mais do que o modelo da GE anteriormente disponível no país, de 2,5 MW. Uma turbina de 4,8 MW poderá suprir o consumo de 7,5 mil casas.

A nova turbina será produzida na fábrica da GE no Polo Industrial de Camaçari, na Bahia, e as pás na unidade da subsidiária LM Wind Power em Ipojuca, em Pernambuco. As pás serão de fibra de carbono, material mais resistente e leve do que a tradicional fibra de vidro. O desenvolvimento tecnológico foi feito nos Estados Unidos; a participação brasileira consistiu no fornecimento de dados sobre características dos ventos, restrições logísticas e disponibilidade de máquinas, como guindastes, para que fosse adequada às condições de operação no Brasil.

Em outubro, foi a vez de a fabricante dinamarquesa Vestas informar que irá produzir aerogeradores de 4,2 MW no Ceará. A companhia estuda se irá revitalizar as instalações em Aquiraz, onde produzia turbinas de 2 MW, ou se procurará outro local, também no Ceará. Os investimentos alcançam € 23 milhões (cerca de R\$ 100 milhões) e a perspectiva é gerar 200 empregos diretos.

Chan/WEG Técnicos fazem a manutenção de aerogerador da WEG instalado no Complexo Eólico Cutia, em São Bento do Norte, no Rio Grande do Norte Chan/WEG

Única fabricante brasileira de aerogeradores, a catarinense WEG desenvolve uma turbina de 4 MW, prevista para ser lançada no segundo semestre deste ano. A empresa atua no mercado eólico desde 1996 como fornecedora de peças e em 2010 passou a fabricar turbinas. Em 2012 fez uma parceria tecnológica com a Northern Power Systems, de Vermont, Estados Unidos, e em 2016 adquiriu a divisão de aerogeradores da companhia norte-americana. Foram os engenheiros da Northern que conceberam a atual linha de aerogeradores da WEG, com potências de 2,1 MW e 2,2 MW, que soma 308 máquinas comercializadas. A turbina de 4 MW é fruto do trabalho conjunto de uma equipe com 15 engenheiros norte-americanos e 20 brasileiros.

João Paulo Gualberto da Silva, diretor de Novas Energias da WEG, relaciona entre os principais desafios para o desenvolvimento da turbina de 4 MW a realização de cálculos de carga. “A tarefa só se tornou possível com o auxílio de simulações feitas em supercomputadores”, afirma. Trata-se de estabelecer o esforço mecânico necessário para manter fixa uma estrutura “feita para voar” que envolverá um rotor de 147 m de diâmetro que realizará 14 giros por minuto com três pás, que farão uma rotação a cada 10 segundos. Cada pá pesará 23 toneladas e terá 74 m de comprimento e 3 m em seu ponto mais largo.

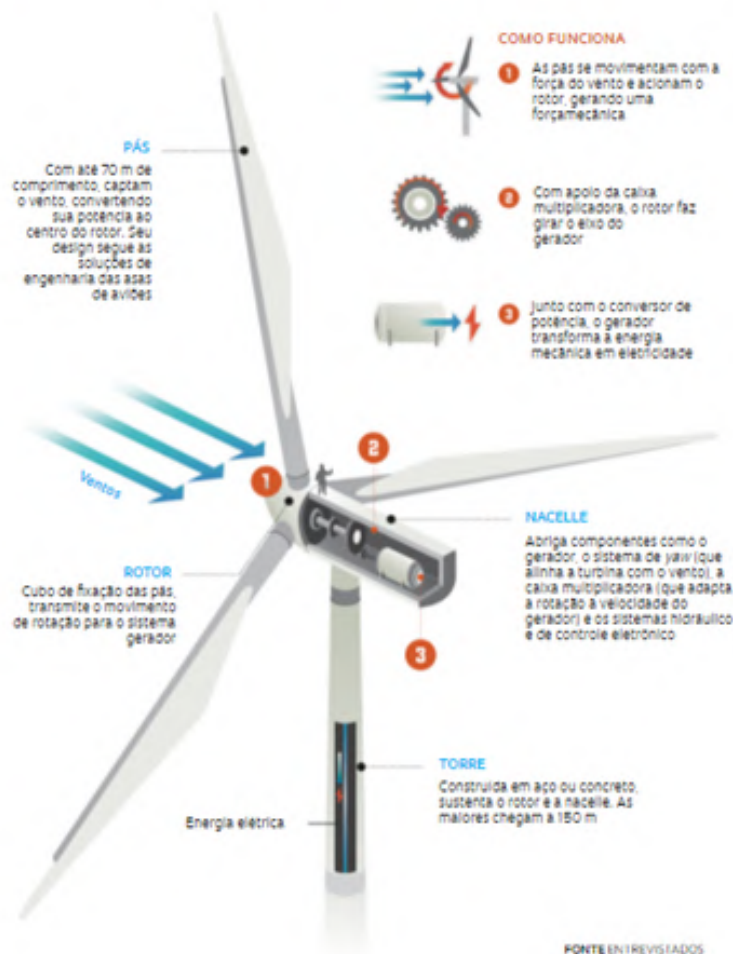
A fadiga dos materiais, a logística e a viabilidade econômica são outras questões a serem ponderadas. Um exemplo das dificuldades, relatado por Gualberto da Silva, diz respeito à montagem. As torres que comportam as turbinas de 2,2 MW possuem 120 m de comprimento, mas precisariam ser reforçadas para suportar as máquinas de 4 MW. Ocorre que os guindastes necessários para realizar a montagem das torres não operam com estruturas maiores. “Estamos definindo o reforço de aço e concreto para que as torres com tamanhos atuais suportem o esforço que será exigido.”

Ao contrário da GE, que fará pás em fibra de carbono, a WEG pretende manter a produção com fibras de vidro e resina epóxi, materiais mais econômicos. O projeto da nova pá está sendo desenvolvido com o auxílio de projetistas e fabricantes de moldes europeus e chineses.

Única fábrica brasileira de aerogeradores, a WEG planeja lançar este ano turbinas com 4 MW de potência

Turbinas eólicas

Conheça os principais componentes de um aerogerador e saiba como ele converte a energia eólica em elétrica



Ruídos e pássaros

O Brasil possui atualmente alguns grupos de pesquisa em energia eólica, dentre os quais os das universidades federais do Ceará (UFC), de Santa Catarina (UFSC), do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade de São Paulo (USP). Na Escola Politécnica da USP, o grupo Poli Wind foi formado em 2016 com quatro integrantes, entre eles o pesquisador em estágio de pós-doutorado Joseph Youssif Saab Jr., coordenador do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Mauá de Tecnologia. Saab é autor de um projeto de pás mais silenciosas para turbinas que gerou um pedido de patente e pode se caracterizar como uma contribuição genuinamente brasileira para o desenvolvimento de tecnologia de aerogeradores. “O excesso de ruído é um problema para as comunidades vizinhas aos parques eólicos. É como ter um avião sobrevoando sua casa 24 horas por dia. E o ruído vai piorar na medida em que os aerogeradores ficarem maiores”, alerta o pesquisador. O grupo está em busca de fabricantes dispostos a testar os aerofólios desenvolvidos.

Saab criou uma ferramenta de predição do ruído emitido pelas pás para ser aplicada enquanto elas ainda estão em fase inicial de projeto, permitindo ajustes no projeto. A ferramenta computacional é de livre distribuição e já foi baixada mais de 36 mil vezes, no mundo todo, via internet. Para projetar os novos aerofólios, foram desenhadas três turbinas eólicas com diâmetros de 100, 180 e 220 metros, ainda não construídas.

O grupo Poli Wind também se preocupa em mitigar outro aspecto negativo dos grandes aerogeradores, que é a mortalidade de pássaros e morcegos que colidem com as pás eólicas. A recomendação nacional e internacional é estabelecer parques fora do trajeto de rotas migratórias, o que, segundo Saab, nem sempre é observado no Brasil. Uma possível solução apresentada pelo grupo é dimensionar uma seção estreita do aerofólio da pá de forma a gerar

a emissão de um som tonal, um assobio, na faixa de 1 a 3 quilo-hertz (kHz), capaz de alertar pássaros sem impactar significativamente o ruído total do rotor para a audição humana.

Outra inovação, com potencial de impacto nos custos operacionais dos aerogeradores, está sendo desenvolvida pela empresa paulista Eolic Future Tecnologia, de São José dos Campos. O projeto, com financiamento do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe), da FAPESP, objetiva desenvolver um aerogerador de rotor de eixo horizontal, como o normalmente usados nos parques eólicos, mas com uma mudança: a nacelle, peça onde é instalado o sistema gerador, é reposicionada na base da torre, e não no topo, como é usual.

Segundo o engenheiro William Menezes, da Fatec São José dos Campos e pesquisador responsável na Eolic Future, a viabilidade técnica do sistema para torres de 80 metros já está comprovada por cálculos analíticos, e a próxima etapa é fazer um protótipo para testes. A vantagem da instalação da nacelle na base da torre é o potencial de redução de custos de manutenção, na casa de 15% ao ano. Menezes relata que no custo de um aerogerador estão incluídos gastos de manutenção, hoje na casa de R\$ 2,5 milhões anuais a partir do quinto ano de operação. Além disso, há o risco de acidentes em tarefas em uma estrutura instalada longe do solo. A Eolic Future planeja comercializar a tecnologia em associação com investidores e fabricantes de aerogeradores.

O atual bom momento da energia eólica no país teve um precursor, o engenheiro aeronáutico Bento Koike, criador da empresa Tecsis, de Sorocaba (SP). A empresa foi fundada em 1995 para fabricar pás de aerogeradores com tecnologia própria que eram exportadas inicialmente para a Alemanha e, posteriormente, para outros países. Mais de 50 mil pás de 23 modelos diferentes foram vendidas desde então para atender ao mercado interno e externo até 2016. Desse ano em diante a GE, sua principal cliente, diminuiu o número de pedidos e comprou uma concorrente, a LM Wind Power, em 2017. O fato, aliado à crise econômica no país desde 2014, levou a Tecsis a uma situação econômica difícil. Em setembro de 2018 a empresa teve aprovado seu plano de recuperação extrajudicial.

Energia mais barata

Analistas apontam que o uso crescente de energia eólica no mundo se dá em função de seu reduzido impacto ambiental, já que é movida por uma fonte renovável, o vento, e pela diminuição do custo de investimento. Relatório da Agência Internacional para as Energias Renováveis (Irena) informa que o Custo Nivelado de Energia (LCOE) da energia eólica caiu 22% entre 2010 e 2017 – hoje está em US\$ 0,06 por kWh. O LCOE contabiliza todos os custos esperados na vida de uma usina divididos pela geração em kWh produzida no período. O preço das turbinas, que responde em média por 70% do investimento, foi reduzido em 40%.

O Conselho Global de Energia Eólica, fórum representativo do setor em nível internacional, informa que em 2017 foram acrescentados 52 GW de capacidade de geração eólica no mundo, totalizando 539 GW. Para 2022 a estimativa é de uma geração global de 840 GW. O Brasil é o oitavo maior gerador eólico e responde por 2% da produção mundial. O país tem 568 parques com mais de 7 mil aerogeradores em operação, segundo dados da ABEEólica de 2017. O aumento de geração já contratada indica uma capacidade instalada de 17,6 GW em 2022.

Elbia Gannoum estima que a geração eólica será a mais comercializada nos leilões de energia promovidos pela Aneel nos próximos anos. Isso se deve ao fato de que a geração eólica tem se mostrado competitiva no Brasil, com um custo na casa de R\$ 90 por MWh, enquanto a geração hidrelétrica teve no último leilão, em abril, custo de R\$ 198 por MWh.

Uma nova perspectiva também pode vir do mar. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) estimou, com base em um estudo de 2011, em 606 GW o potencial eólico no mar territorial brasileiro, sendo que 57 GW estariam em uma região de até 10 quilômetros da costa, com maior chance de aproveitamento. A ABEEólica, no entanto, não prevê uma expansão eólica offshore no curto prazo em razão do investimento, cinco vezes maior do que em terra. Mesmo assim, a Petrobras anunciou em agosto de 2017 a elaboração de projeto para instalar no litoral de Guamaré (RN) o primeiro parque eólico offshore do Brasil. O objetivo é que ele comece a operar em 2022.

Um pouco de história

Setor ganhou impulso em 2009 com a realização do primeiro leilão exclusivo de energia eólica

O Brasil começou a prestar atenção ao potencial da energia eólica em 2001, em função da crise energética batizada de “apagão”. Era preciso diversificar a matriz energética e a geração eólica era uma alternativa de rápida implementação. Naquele ano, foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica), cuja meta era contratar 1.050 megawatts (MW) de projetos eólicos até o fim de 2003. Mas a iniciativa não foi bem-sucedida.

Em 2002, o governo instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), com o objetivo de incentivar o nascimento de uma indústria nacional, mas a produção local era incipiente e cara, e a geração eólica não era competitiva nos leilões, o sistema de comercialização de energia nova instituído pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 2004.

Foi somente a partir de 2009, conforme relata Elbia Gannoum, presidente da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), com a realização do primeiro leilão exclusivo para a fonte eólica, que o setor começou a ganhar impulso. Na ocasião foi contratado 1,8 gigawatt (GW). No ano seguinte, a geração eólica passou a disputar contratos nos leilões de energia renovável e, em 2011, nos leilões gerais de energia.

O crescimento do setor, segundo Jorge Boeira, líder de energias renováveis da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), também é resultado do apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que em 2012 passou a dar suporte à indústria de equipamentos por meio do programa Financiamento de Máquinas e Equipamentos (Finame).

Conforme dados da ABDI, o Brasil conta hoje com seis fabricantes de aerogeradores que somam uma capacidade de produzir 1.500 unidades anuais, suficientes para a geração de 3,5 GW. Em pás eólicas, a capacidade é de 7 mil por ano. Ao todo, mais de 70 empresas fazem parte da cadeia produtiva do setor e o índice de nacionalização é de 80%. “É uma cadeia produtiva completa, que tem condições de ser competitiva em projetos na América Latina”, afirma Boeira.

Fonte: Revista FAPESP (<https://revistapesquisa.fapesp.br/ventos-promissores-a-caminho/>) Acesso: 07/08/2020

Questionário

1- Qual o tema central do texto?

2- Atualmente no Brasil são utilizados aerogeradores com uma determinada potência, considerando que o país possui um potencial de geração muito maior, indique uma alternativa apresentada no texto para aumentar essa produção? Caso o país atinja esse potencial ele seria suficiente para substituir as hidroelétricas?

3- A solução apresentada no texto acarreta alguns problemas operacionais, indique quais esses problemas e as possíveis soluções.

4- A grande presença desses aerogeradores no Nordeste e no Sul do Brasil vem contribuindo para a geração de energia no Brasil, explique porque essas regiões concentram a maioria desses geradores.

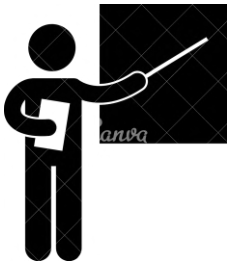
5- Explique os dois gráficos que aparecem no início do texto.

6 - Os aerogeradores têm a função de transformar energia eólica em elétrica, a partir do texto explique como isso ocorre.

7- A utilização desses geradores apresenta pontos positivos e negativos, indique quais são esses pontos e explique.

8- É possível identificar no texto elementos relacionados à disciplina de Física?





1. Procure explorar os conceitos físicos do texto durante as discussões com os alunos, como potência, velocidade, força, resistência do ar e outros.

2. O texto não explica como ocorre a transformação de energia mecânica em elétrica, isso pode aparecer nas dúvidas dos alunos. É importante que nesse momento essa pergunta fique aberta, já que apenas dizer como ocorre sem explorar mais profundamente o conceito de indução não será suficiente para os alunos compreenderem o que esse conceito significa.

3. Analise a partir dos gráficos a diversificação da matriz energética brasileira, quais são essas fontes, sua presença, importância na geração de energia elétrica e os impactos ambientais que elas provocam.

4. Explore os dados do site <http://abeeolica.org.br/> para mais informações a respeito da produção de energia elétrica por aerogeradores e as políticas de concessão de parques eólicos.

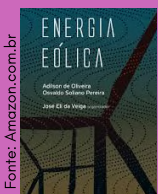
Sugestão de Leitura



Fundamentos de Energia Eólica, Oliveira Pinto, Editora LTC



Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, José Roberto Simões Moreira, Editora LTC



Energia Eólica, José Eli da Veiga, Editora Senac

Atividade 2



Filme: O Menino Que Descobriu o Vento

Ano: 3º Ano EM

Física

Eletricidade

Data:

Total de Aulas: 3

Foco e objetivos da aula:

Exposição e discussão do filme

Materiais necessários:

TV, acesso a internet e folha de questões

Objetivos de aprendizagem:

- Levantar ideias sobre o funcionamento do dínamo.
- Observar elementos relacionados a eletricidade e eletromagnetismo
- Reconhecer a importância da pesquisa científica como solução de problemas sociais.

Estrutura / Atividade:

Aula 1 e 2:

- Falar um pouco do filme, situar a região, condições e falar um pouco da história
- Apresentar o filme
- Pedir um resumo do filme e uma pesquisa sobre dínamo

Aula 3:

- Atividade do questionário
- Discussão sobre o filme

Avaliação:

- Discussões sobre o filme
- Levantamento de dúvidas.
- Respostas do questionário
- Apresentação da pesquisa.

Atividade 2: Filme “O Menino Que Descobriu o Vento”

Vamos assistir ao filme O Menino que Descobriu o Vento, depois faremos uma discussão a respeito dos pontos mais importantes da história para nosso tema.

- Assista o filme em silêncio.
- Faça anotações a respeito do que você acha importante ou que tenha dúvidas.



Sinopse

O filme conta a história de William Kamkwamba, um jovem do Malawi que está prestes a entrar na escola. Filho de agricultores de uma comunidade carente, ele vê sua família passar necessidade enquanto luta para se manter na escola e estudar. Porém tudo muda na sua vida quando ele vê na ciência uma forma de ajudar sua família e a comunidade que vive a enfrentar os problemas da seca.



Fonte:
<http://www.adorocinema.com/filmes/filme-259993/>. Acesso em 13/10/2020

Questionário

- 1- Qual a mensagem principal passada pelo filme?
- 2- Você pode listar os elementos relacionados a Física que aparecem no filme?
- 3- Quais as motivações iniciais de Willian na procura da eletricidade?
- 4- A partir do que se viu no filme como você poderia explicar o funcionamento do dínamo?
- 5- A comunidade de Willian dependia da agricultura para sobreviver. Devido aos problemas com a irregularidade das chuvas a produção agrícola era inconstante o que levava fome a comunidade. Qual a solução encontrada pelo protagonista e como ele chegou a isso?
- 6- Como o filme pode ajudar a compreender as dúvidas do texto estudado na última aula?



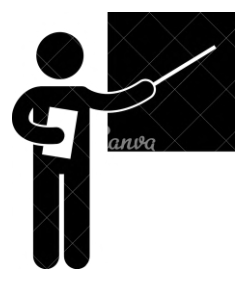
Pesquisa



O Dínamo é um dispositivo elétrico que aparece no filme, faça uma pesquisa de como ele funciona e um desenho da sua estrutura interna.



Fonte: Banco de fotos do Canvas



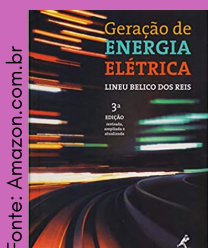
- Procure fazer um levantamento sobre a região onde ocorre o filme, como a economia, sociedade e cultura de modo a enriquecer a discussão sobre a história. É possível até um trabalho interdisciplinar com a Biologia e a Geografia. Incentive que os alunos façam um resumo sobre o filme de modo que esse exercício ajude no debate.
- O filme traz bastantes elementos de física, como associação de geradores, o dínamo, geradores como as pilhas e baterias, o uso de correias, motores elétricos e a transformação de energia. Procure apontar esses elementos nas discussões depois da exposição do filme.
- Assim como o texto das aulas anteriores o filme não explica como os aerogeradores convertem a energia mecânica em elétrica. A pesquisa sobre o funcionamento do dínamo é fundamental para o aluno ter contato com o conceito de indução eletromagnética, explore essa pesquisa nas discussões depois do filme, pergunte o que os alunos aprenderam sobre essa pesquisa e como eles explicam o conceito de indução.

Sugestão de Leitura



Fonte: Amazon.com.br

O Menino que Descobriu o Vento, William Kamkwamba e Bryan Mealer, Editora Objetiva



Fonte: Amazon.com.br

Geração de Energia Elétrica, Lineu Belico dos Reis, Editora Manole

Atividade 3

Experimentos de Eletromagnetismo



Ano: 3º Ano EM

Física

Eletricidade

Data:

Total de Aulas: 3

Foco e objetivos da aula:

Observação e análise de um experimento de eletromagnetismo e interação com um simulador de geradores e espira.

Materiais necessários:

Experimento do pêndulo eletromagnético, computador, internet, folha de questões

Objetivos de aprendizagem:

- Analisar as particularidades do experimento apresentado.
- Procurar levantar hipóteses a respeito do fenômeno.
- Desenvolver uma explicação para o fenômeno a partir de pesquisa

Estrutura / Atividade:

Aula 1

- Apresentar o experimento pêndulo eletromagnético para a sala mostrando suas particularidades, estrutura e o fenômeno.
- Interagir com os alunos procurando levantar questões a respeito de como o fenômeno ocorre.
- Pedir que a partir de livros, textos ou pesquisa pela internet os alunos em grupos levistem hipóteses e responda as questões pedidas.

Aula 2

- Levar os alunos para a sala de informática e apresentar o site Phet Colorado e o experimento virtual que eles vão trabalhar.
- Permitir que os alunos inicialmente interajam com o experimento.
- Fornecer o roteiro e as questões para o uso dos simuladores.

Aula 3:

- Analisar os resultados e respostas dos alunos a partir dos experimentos trabalhados.

Avaliação:

- Discussões sobre o experimento
- Levantamento de dúvidas.
- Resposta das questões a respeito dos experimentos
- Apresentação da pesquisa.

Atividade 3 - Parte I: Experimento do Pêndulo Eletromagnético

Pêndulo Eletromagnético



Fonte: Próprio Autor

O Pêndulo Eletromagnético é um experimento onde um pequeno ímã oscila sobre uma bobina. Nessa apresentação experimental você com seu grupo de colegas devem levantar hipóteses e responder as questões abaixo registrando as respostas em seu caderno. Você pode também fazer pesquisas no seu livro didático, textos ou em *sites* da internet procurando informações que explique o fenômeno apresentado pelo seu professor.

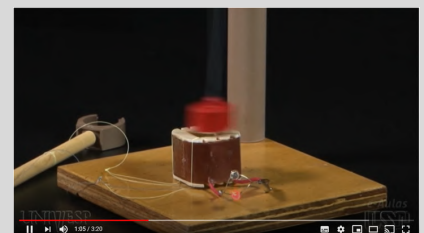
Questionário

- 1- O que você observa durante a realização desse experimento?
- 2- Levante uma hipótese para explicar esse fenômeno.
- 3- Pesquise no livro didático da disciplina ou na internet qual seria a teoria e a explicação para o funcionamento do experimento.
- 4- Faça uma definição final usando termos físicos para explicar o experimento observado.
- 5- Qual a relação desse experimento com o texto e o filme das aulas anteriores?



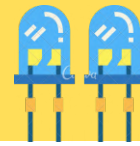
Sugestão

Em caso de haver a impossibilidade de realizar o experimento em sala de aula é possível a partir do Youtube no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=m8S6jkHv2NA&t=7s> ter acesso a um vídeo demonstrando o funcionamento do pêndulo eletromagnético.



Fonte: Youtube

Como fazer um Pêndulo Eletromagnético ?



Madeira usada : 2 x peças de 1,5x15x40 1 peça de 1,5x1,5x13, 1 peça de 2,5x20x23



Furo com chanfro para encaixar o parafuso.



Furos na parte de cima para passar o fio que sustente a massa e furos para o parafuso de aperto do fio.



Base com os furos para a coluna



Coluna com furo para o parafuso da base.



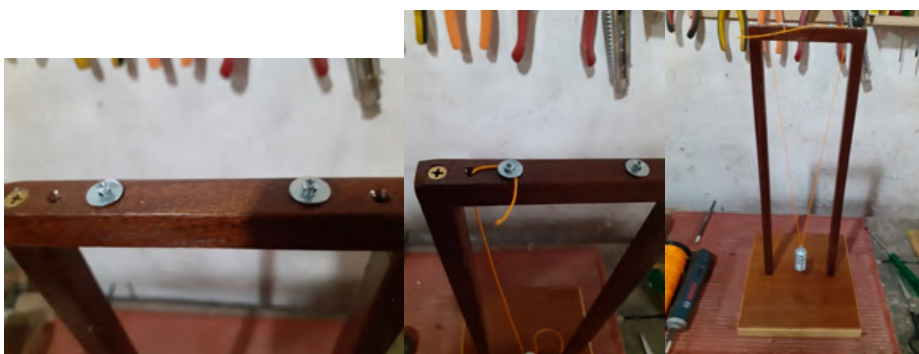
Montagem das colunas na base. Após esse passo, é recomendado passar uma camada de verniz de madeira.



Parafuso sextavado de 2½ x ¼". Lixe a ponta para ficar abaixo da rosca e a deixe retangular. Faça um furo de 2,5 mm.



Coloque 30 arruelas de ¼" e aperte com uma porca. Essa será a massa onde o imã ficará fixo.

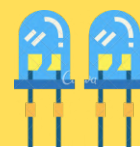


Parte superior da haste, onde será fixado o fio. Observe que a arruela deve ficar com a parte abalada virada para baixo, do contrário ela pode cortar o fio. O peso deve ser regulado de acordo com a altura da bobina



A bobina consiste de 2200 espiras de fio esmaltado bitola AWG32, cerca de 79,8g.

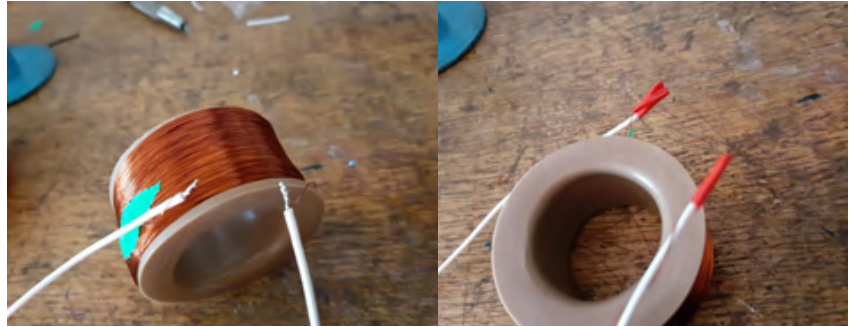
Como fazer um Pêndulo Eletromagnético ?



PÁGINA 24



Raspe a ponta do fio de cobre com uma faca, a fim de remover o verniz isolante e solde cada ponta em um fio encapado fino de 0,1mm² ou maior. Com 12cm de comprimento.



Isole as pontas soldas. É importante solda-las. Só apertar o fio por cima não é o suficiente para um bom contato elétrico.



Isole a bobina com fita isolante. Isso é para proteger o fio, pois ele é fino e pode romper com facilidade. Para uma melhor didática deixe uma pequena parte sem fita isolante, colocando uma fita crepe transparente para proteger. Assim o aluno pode ver o fio de cobre.



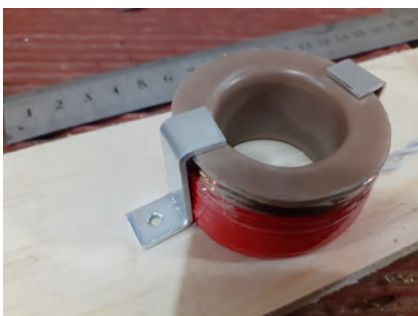
Caixa para a montagem da chave e dos led's. Os furos devem ser de acordo com a chave e os led's usados. Observe que a chave deve ser de 3 posições.



Led verde alto brilho de 10.000mcd de 5 mm.



Os Leds devem ser soldados com os terminais espelhados. Ou seja, o positivo de um no negativo de outro. Assim um led sempre vai acender, independente do sentido da corrente.

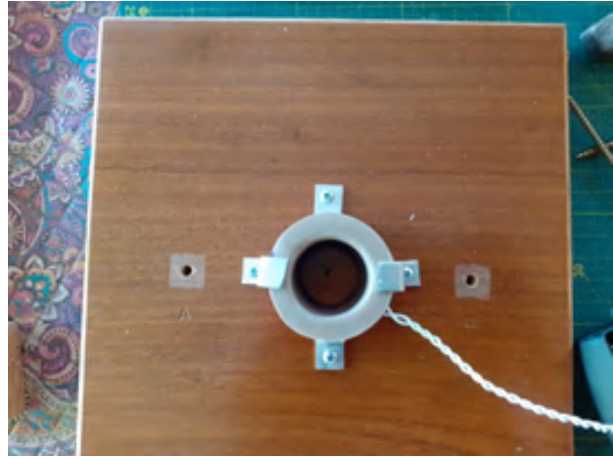
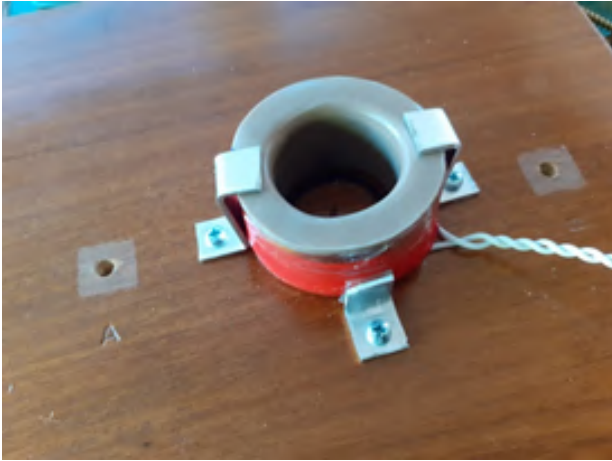
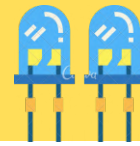


Suportes para fixar a bobina na base. Deve ser de alumínio, com furo de 3 mm. Eles devem ser dobrados de acordo com a altura da bobina.



Com a bobina logo abaixo da massa do pêndulo, marque o local no centro. Remova as colunas para ter mais acesso. Nos suportes menores, coloque fita dupla face, assim a bobina fica bem firme. Use parafuso tipo Philips cabeça panela de 2,9 x 10 mm ou similar.

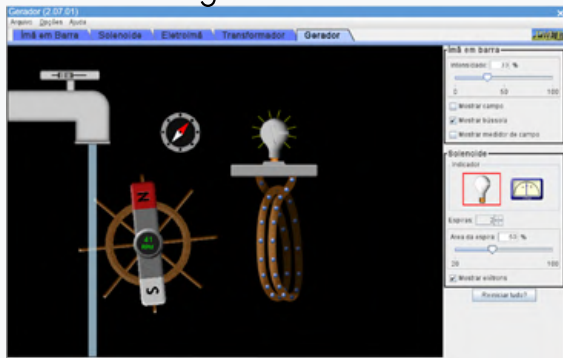
Como fazer um Pêndulo Eletromagnético ?



Parafusar a caixa com a chave e os led's e monte as colunas.
Coloque o ímã na massa e regule a altura. O equipamento está pronto para uso.

Atividade 3 - Parte II: Simulador Eletromagnético

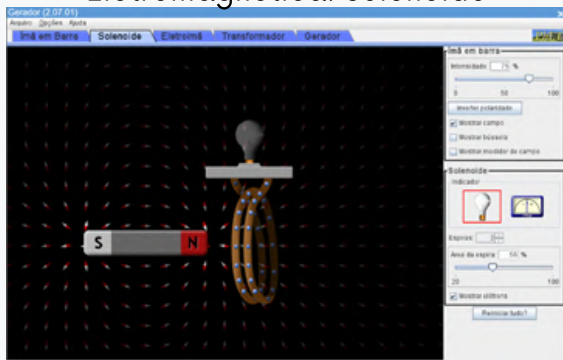
Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Gerador



Fonte:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulacao/legacy/generator

Experimento Virtual de Indução Eletromagnética: Solenoide



Fonte:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulacao/legacy/generator

Vamos acessar agora um site de simuladores de experimentos em Física, o Phet Colorado, nele vamos trabalhar com um experimento virtual chamado Geradores. Vamos executar duas simulações: Gerador e Solenoide. Procure explorar inicialmente esses simuladores interagindo com suas opções e já observando o que ocorre no experimento. Depois com seus colegas siga o roteiro abaixo e responda em seu caderno as observações tiradas a partir dos simuladores.

Em caso de dúvidas ou dificuldades de manusear o simulador procure o professor.

Parte I: Solenoide

- 1- O que você observa durante a realização desse experimento?
- 2- Qual a relação dessa observação com o experimento realizado na aula anterior?
- 3- Selecionando intensidade 50 e movendo o ímã em direção ao Solenoide, depois aumentando a intensidade para 100. O que acontece com a luz da lâmpada ao realizar a mudança. O que seria essa intensidade?
- 4- Quando o ímã se aproxima o que ocorre com as bolinhas no solenoide? E quando o ímã se afasta? O que seriam essas bolinhas na realidade?
- 5- Mantendo a intensidade em 50 o que ocorre com a luz da lâmpada quando aumentamos a quantidade de espira? Por que isso ocorre?

Parte II: Gerador

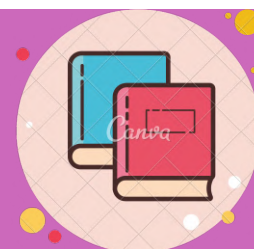
- 1- O que você observa durante a realização desse experimento?
- 2- Qual a relação dessa observação com os aerogeradores?
- 3- O que ocorre com a luz da lâmpada quando o ímã gira mais rápido? Qual o comportamento das bolinhas nesse caso?
- 4- A partir das conclusões tiradas com o experimento como você explicaria o que está ocorrendo nas duas simulações?





- Apresente o experimento do Pêndulo Eletromagnético para a turma explicando sucintamente as características do experimento. Coloque o pêndulo para oscilar, com a chave aberta, com diversas posições. Depois feche a chave e faça o mesmo, inicialmente com pequenas oscilações, depois com oscilações mais longas de modo que os LEDs acendam. Questione os alunos do porquê com a chave fechada os LEDs acendem. Reforce que não há na caixa seletora ou em qualquer parte do experimento o uso de pilhas e baterias. Questione de onde vem a energia? Por que os LEDs acendem? Por que soltando o pêndulo de uma altura pequena os LEDs não acendem?
- Forme grupos de alunos e entregue as questões sobre o experimento. Você pode sugerir que eles usem o livro didático ou pesquisem na sala de informática para ajudar a responder essas questões. Durante esse trabalho procure interagir com os grupos e ver como eles pensam, quais hipóteses levantaram para descrever o fenômeno e as dificuldades para pesquisar sobre o experimento.
- Nos simuladores permita que os alunos explorem os experimentos livremente antes de fornecer os roteiros. Interaja com os grupos enquanto eles exploram esses simuladores. Após a atividade procure discutir ambos os experimentos procurando fazer com que os alunos façam uma relação entre o experimento do pêndulo eletromagnético e os simuladores e qual a relação desses experimentos com o funcionamento do dínamo e os aerogeradores. Também aborde sobre o uso dos LEDs, o que são e sua importância tecnológica.

Sugestão de Leitura



Fonte: Amazon.com.br



Física 3: Eletromagnetismo, GREF, Editora da Usp

Fonte: Amazon.com.br



Semicondutores: Fundamentos, Técnicas e Aplicações, Jacobus W. Swart, Editora Unicamp

AULA EXPOSITIVA

A aula expositiva é uma etapa da sequência didática que tem a finalidade de trazer todo conteúdo trabalhado nas aulas anteriores. É importante que o conceito de indução eletromagnética seja aprofundado nessa aula, já os outros conteúdos podem ser abordados mais profundamente ou como revisão ficando a critério do professor. Esse é o momento de trazer para a sala a ocasião em que esses conteúdos estiveram presentes nas atividades anteriores. Conteúdos como a formação dos ventos, formas de propagação de calor, corrente alternada e motor elétrico são alguns exemplos que podem ser trabalhados nas aulas, pois estarão presentes durante o curso ou em eventuais questões levantadas pelos alunos. Abaixo separamos alguns dos conceitos da Física que apareceram nas atividades.

Indução Eletromagnética

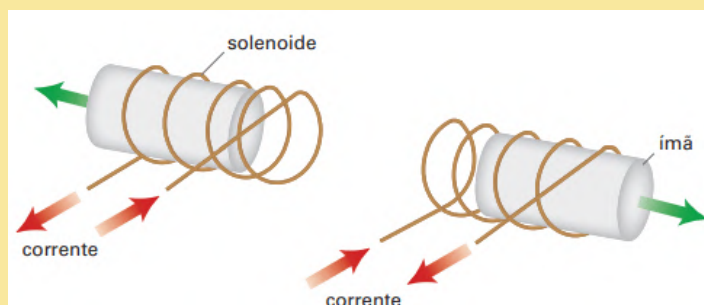
Onde Aparece:

- No filme quando Willian descobre o dínamo
- Experimento do pêndulo eletromagnético
- Simuladores de experimentos: Geradores

A lei de Faraday, assim como a lei de Ampère, mostra a relação mútua entre os campos magnético e elétrico. De maneira simples e direta, a lei de Faraday afirma que a variação do campo magnético produz um campo elétrico, que gera uma corrente elétrica. Esse fenômeno é conhecido como indução eletromagnética.

$$E \propto \frac{-\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

E é a força eletromotriz, $\Delta\Phi$ é a variação de fluxo magnético e Δt a variação de tempo.



Fonte: Apostila Digital Editora FTD

Potência

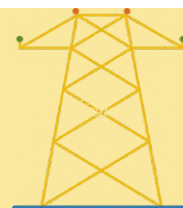
Onde Aparece:

- No texto "Ventos Promissores a Caminho" indicando a potência dos aerogeradores

A taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força recebe o nome de potência. Se uma força realiza um trabalho τ em um intervalo de tempo Δt , a potência média desenvolvida durante esse intervalo de tempo é:

$$P_{\text{ot}_m} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Onde P é a potência média e ΔE a variação de energia.



AULA EXPOSITIVA

Associação de Geradores

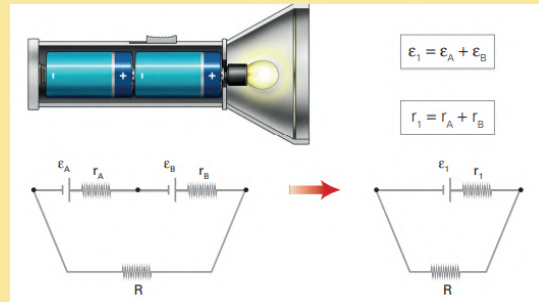


Onde Aparece:

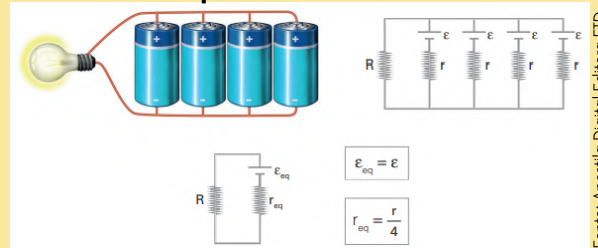
- No filme quando Willian associa varias pilhas para ligar o radio

As pilhas podem ficar em série ou paralelas. Na primeira possibilidade, as pilhas ficam uma em seguida da outra, como em uma fila. Na segunda, ficam lado a lado, paralelamente. A situação mais comum é a tensão de operação ser maior do que um pilha pode fornecer. Quando isso ocorre, ligamos as pilhas em série, de modo que o polo negativo de uma pilha fique em contato com o positivo da pilha seguinte.

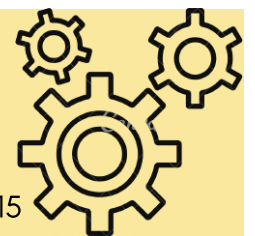
Geradores em série



Geradores em paralelo



Transferência de Movimento

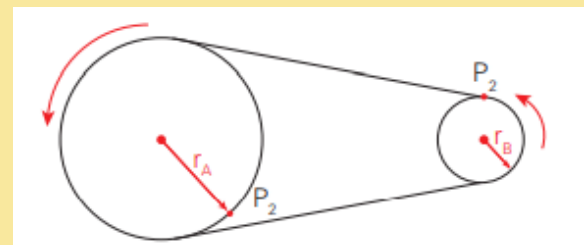


Onde Aparece:

- No filme quando Willian precisa das correias da bicicleta
- Diagrama - Caixas Multiplicadores do texto "Ventos Promissores a Caminho" página 15

O sistema que move uma bicicleta tradicional permite a transmissão do movimento circular de uma roda dentada, ou polia, para outra por meio de uma correia, ou corrente. Uma das rodas dentadas é associada à roda traseira. Esse é o mecanismo utilizado em bicicletas, destacado no esquema a seguir, em que A representa a coroa do pedal e B a catraca da roda traseira.

Na figura, vemos que A e B se movem no mesmo sentido e todos os pontos da corrente têm a mesma velocidade escalar linear para qualquer instante de tempo. Não havendo escorregamento entre a corrente e a coroa e/ou catraca, qualquer ponto de A e B em contato com a corrente também terá a mesma velocidade



Fonte: Apostila Digital Editora FTD

$$v_A = v_B$$
$$\omega_A r_A = \omega_B r_B$$

AULA EXPOSITIVA



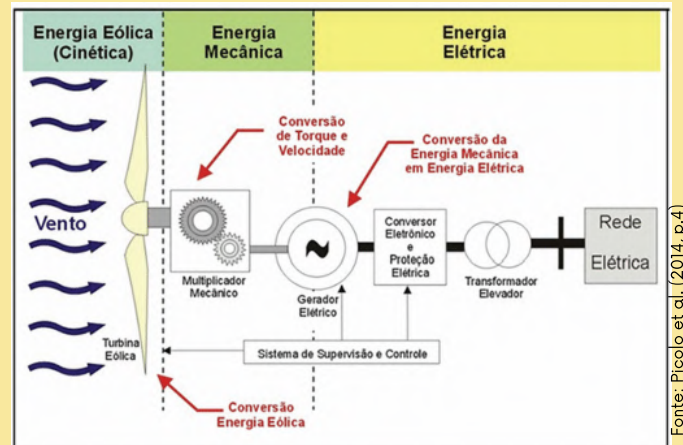
Conservação de Energia



Onde Aparece:

- Diagrama do texto "Ventos Promissores a Caminho" página 15
- Aerogerador construído pelo Willian no filme
- Experimento pêndulo eletromagnético

Na natureza, há várias situações em que ocorre a transformação de energia. No caso dos aerogeradores a energia eólica é uma forma de energia cinética já que temos uma quantidade de massa se movendo com uma determinada velocidade. Essa energia fará as pás do aerogerador se moverem, logo temos uma conversão da energia eólica em energia mecânica associada à rotação da hélice. A partir da rotação da hélice ocorre a transferência de movimento pela caixa multiplicadora que fará com que uma espira se mova dentro de um campo magnético onde devido à indução eletromagnética haverá a conversão de energia rotacional em elétrica. É importante ressaltar que a energia não é totalmente convertida já que há perdas por atrito e conversão em energia sonora.



Fonte: Picolet et al. (2014, p.4)

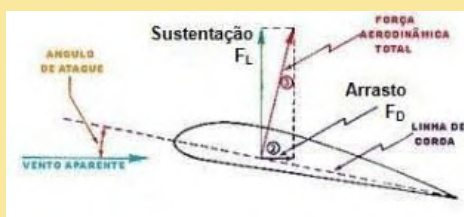
Aerodinâmica



Onde Aparece:

- Texto "Ventos Promissores a Caminho" - Características da pás.

O vento, que é o ar em movimento, é considerado um fluido que gera uma força resultante sobre as pás quando está passando por elas, de modo que essa força pode ser decomposta em duas forças perpendiculares, como vemos na figura abaixo, que são a força de arrasto paralela ao movimento do fluido e a força de sustentação perpendicular a esse movimento do ar. Tanto a força de sustentação como de arrasto dependem da velocidade ao quadrado do vento, onde C_s e C_d são, respectivamente, os coeficiente de sustentação e de arrasto que são obtidos experimentalmente; ρ é a massa específica do ar e A é a área de referência. A força de sustentação pode ser explicada pela diferença da velocidade do fluido nas duas faces do aerofólio, provocando uma diferença de pressão que causa essa força perpendicular ao movimento. Essa relação de velocidade e pressão pode ser explicada pela equação de Bernoulli. Já a força de arrasto é uma força de oposição sobre um corpo se submetido a um fluido com velocidade relativa entre eles.



Fonte: Cypriano e Imanishi (2014, p.13)

$$F_s = \frac{1}{2} C_s \rho A v^2$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$

Atividade 4

Problemas de Eletromagnetismo



Ano: 3º Ano EM

Física

Eletricidade

Data:

Total de Aulas: 2

Foco e objetivos da aula:

Resolução de problemas de eletromagnetismo

Materiais necessários:

Folha de questões

Objetivos de aprendizagem:

Expressar o conhecimento em eletromagnetismo na resolução de problemas abertos.

Estrutura / Atividade:

Aula 1:

Entregar as folhas de questões aos alunos

Faça uma leitura breve das questões

Incentive a resolução e a consulta em anotações das aulas anteriores

Aula 2:

Faça a correção dos problemas procurando sempre retornar as explicações das aulas anteriores.

Avaliação:

- Respostas dos problemas

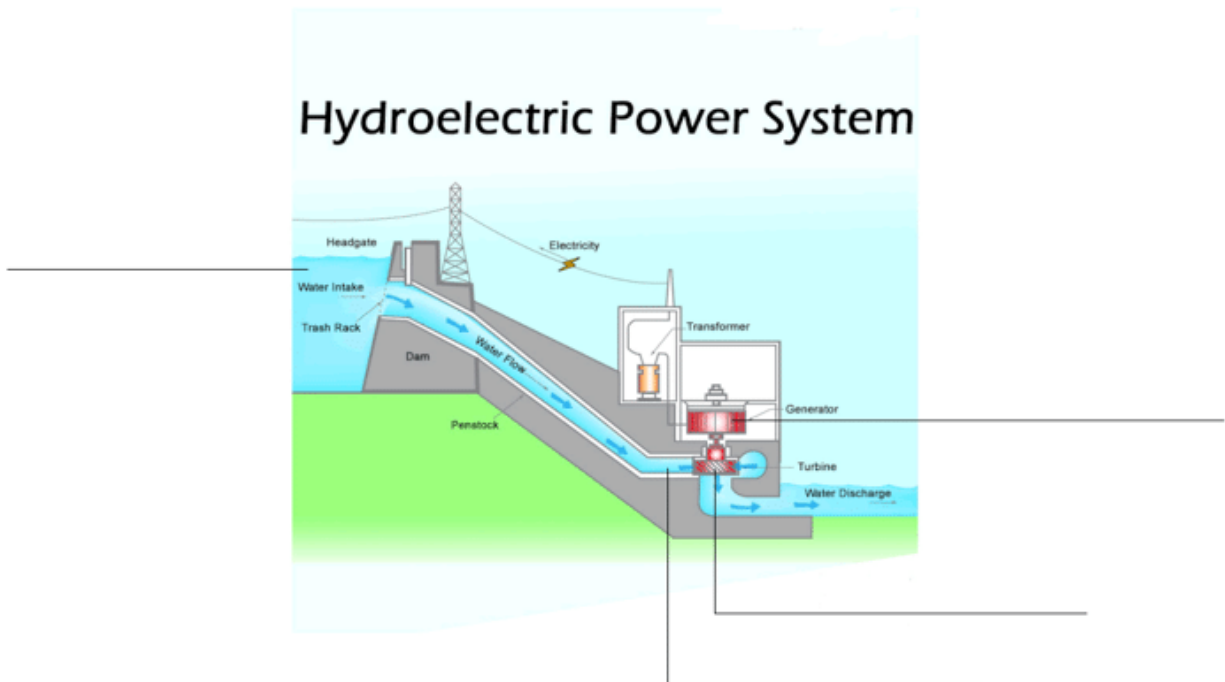
Atividade 4: Problemas de Eletromagnetismo

Vamos resolver algumas problemas relacionados a área de eletromagnetismo

1- Dinamos e alternadores nos permitem converter energia mecânica em energia elétrica. E, se precisamos produzir uma quantidade gigantesca de energia elétrica para alimentar nossas indústrias e residências, temos então de buscar fontes na natureza que forneçam grandes quantidades de energia mecânica. As usinas hidrelétricas buscam esta energia mecânica no fluxo de água dos rios. O grande volume de água dos rios que flui desde a nascente até a foz pode ser uma grande fonte de energia mecânica. Energia potencial gravitacional é convertida em energia cinética à medida que a água dos rios desce. Uma hidrelétrica utiliza esta energia para mover grandes turbinas, transformando a energia cinética da água em energia de rotação de uma turbina.

a) O desenho abaixo representa um esquema simplificado de uma usina hidroelétrica. Identifique em cada ponto os termos abaixo:

Energia Rotacional Energia Cinética Energia Potencial Gravitacional Energia Elétrica



Fonte: <https://www.topperlearning.com/>

b) Procure explicar como é produzida a energia elétrica nas usinas hidroelétricas?

2- A versão mais simples de um gerador elétrico consiste em mover um ímã em relação a um circuito fechado, o vídeo abaixo mostra um tipo de gerador. Sobre o gerador, analise:

<https://www.youtube.com/watch?v=DOD7ia-MXDg>

- O que faz gerar a *fem* no circuito?
- Para produzir uma *fem* maior, que seja capaz de acender uma lâmpada, que elementos da montagem seriam relevantes? Como modificá-los? (ex. aumentar ou diminuir o tamanho do circuito? etc.)
- Sempre podemos afirmar que a energia se conserva, então, a energia elétrica disponibilizada por um gerador é extraída de algum lugar. De onde?



- A utilização de questões problematizadoras é uma forma de colocar o aluno numa situação em que ele deve procurar usar o conhecimento desenvolvido nas aulas anteriores numa situação nova. No primeiro problema apresentamos um esquema de uma usina hidroelétrica, inicialmente localizando as formas de energia nesse esquema e depois procurando explicar como ocorre a transformação de energia rotacional em elétrica. É importante que o aluno relacione o movimento da turbina que contém uma espira que se move na presença de um campo magnético.
- No segundo problema temos uma outra situação em que o movimento de um ímã gera eletricidade para acender dois LEDs, como é visto no vídeo do Youtube. Aqui temos outra situação de movimento que é diferente do que foi visto no experimento do pêndulo, mas que há relações. É fundamental que o aluno comece a compreender que fazer um ímã se mover em relação a uma espira ou a espira se mover em relação ao ímã gera uma força eletromotriz induzida na espira produzindo assim corrente elétrica. Todas essas situações vão reforçar esse conhecimento.
- Procure sempre trazer situações das atividades anteriores, como a pesquisa sobre o dínamo e os experimentos realizados de modo que o aluno possa fazer a relação desses problemas com essas atividades.

Sugestão de Pesquisa



Fonte: Banco de fotos do Canvas



Fonte: Banco de fotos do Canvas

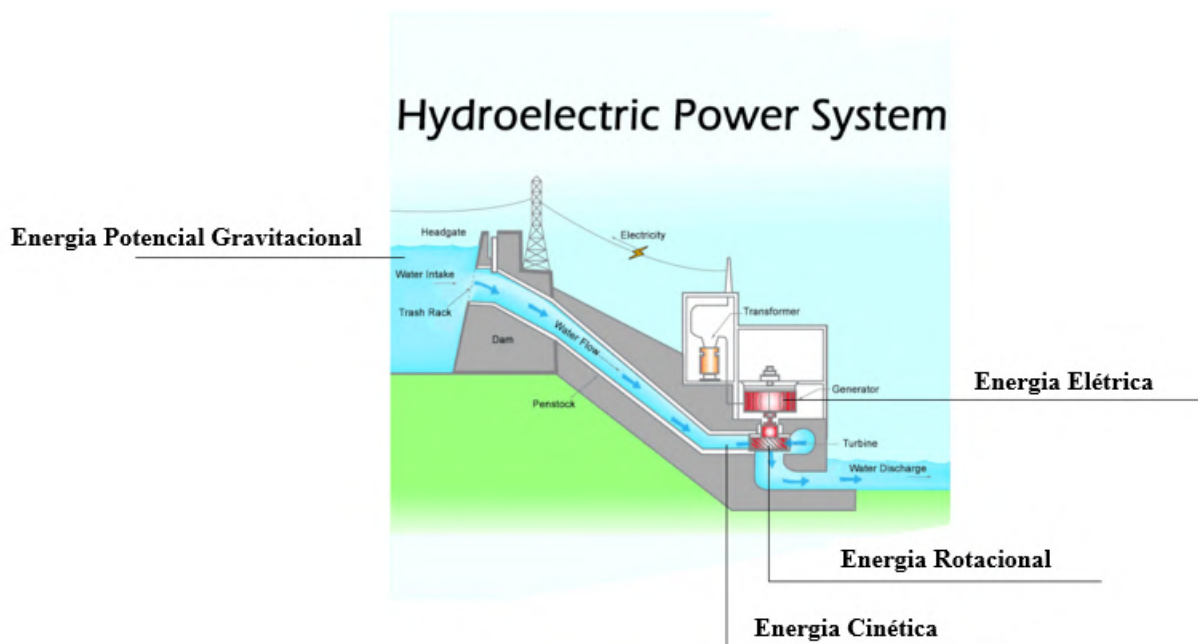
Há vários tipos de usinas onde o processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica ocorre a partir da indução eletromagnética. As usinas atômicas e termoelétricas são exemplos de usinas que, usando fontes radioativas ou carvão/gás natural, geram eletricidade. Porém a utilização dessas fontes de energia provoca impactos ambientais consideráveis com a emissão de CO₂ ou a produção de lixo radiativo. A procura de fontes de energia renováveis e limpas é uma forma de diminuir a dependência dessas fontes na produção de energia. Uma sugestão para enriquecer as aulas de Física é procurar incentivar os alunos a pesquisar como ocorre a transformação de energia nessas usinas e promover debates em sala de aula a respeito dos pontos positivos e negativos dessas modalidades de geração de energia elétrica.



GABARITO DOS PROBLEMAS

1-

a)



Fonte: <https://www.topperlearning.com/>

b) Nas hidroelétricas a energia elétrica é produzida a partir da indução eletromagnética que ocorre no gerador. O movimento rotacional da turbina ocasionado pela força da água em movimento faz a espira girar dentro de um campo magnético, isso gera uma força eletromotriz nessa espira levando a geração da corrente elétrica que será depois distribuída.

2-

a) O chacoalhar do ímã em relação aos filamentos de cobre que contornam a caixinha, provoca uma variação de fluxo magnético que irá gerar nesses filamentos um campo elétrico produzindo a corrente elétrica que fará os LEDs acederem.

b) Para gerar mais corrente precisamos que o fluxo magnético seja maior, para isso você pode: colocar um ímã mais forte, produzir mais voltas no fio, aumentar a área dos enrolamentos ou mover o ímã mais rapidamente dentro da caixinha.

c) Do movimento mecânico do seu braço. A energia química do seu corpo se transforma em energia cinética que faz o ímã se mover em relação a espira ao redor da caixinha, daí temos a variação do fluxo magnético necessário para gerar o campo elétrico e conseqüentemente a produção de energia elétrica.

Atividade 5

Questões de Vestibular



PÁGINA 35

Ano: 3º Ano EM

Física

Eletricidade

Data:

Total de Aulas: 2

Foco e objetivos da aula:

Resolução das questões de vestibulares sobre eletromagnetismo

Materiais necessários:

Folha de questões

Objetivos de aprendizagem:

Expressar o conhecimento em eletromagnetismo na resolução de questões de vestibulares.

Estrutura / Atividade:

Aula 1:

Entregar as folhas de questões aos alunos
Faça uma leitura breve das questões
Incentive a resolução

Aula 2:

Faça a correção dos problemas procurando sempre retornar as explicações das aulas anteriores.

Avaliação:

- Respostas dos problemas

Atividade 5 - Questões de Vestibulares

Algumas questões de vestibulares na área do eletromagnetismo.

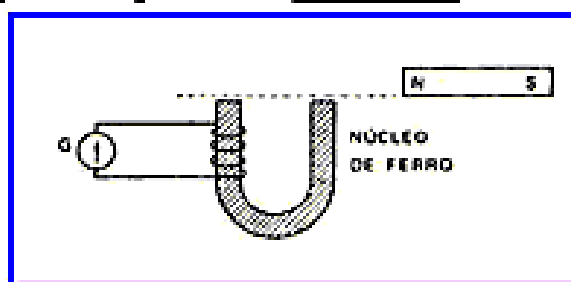
1-(UFMG) A corrente elétrica induzida em uma espira circular será:

- a) nula, quando o fluxo magnético que atravessa a espira for constante
- b) inversamente proporcional à variação do fluxo magnético com o tempo
- c) no mesmo sentido da variação do fluxo magnético
- d) tanto maior quanto maior for a resistência da espira
- e) sempre a mesma, qualquer que seja a resistência da espira.

2-(FAAP) Num condutor fechado, colocado num campo magnético, a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por um motivo qualquer o fluxo variar, ocorrerá:

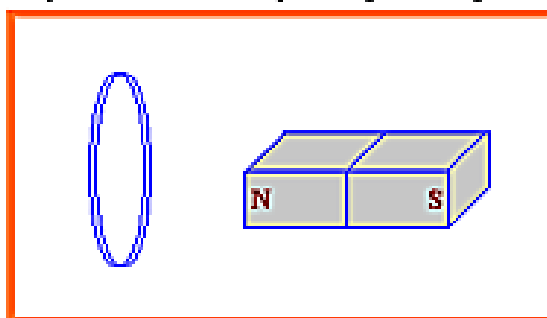
- a) curto circuito
- b) interrupção da corrente
- c) o surgimento de corrente elétrica no condutor
- d) a magnetização permanente do condutor
- e) extinção do campo magnético

3- (UEMT – LONDRINA) O ímã é aproximado ao núcleo de ferro numa trajetória que segue a linha tracejada, mantendo-se sempre o polo norte à esquerda. Durante essa operação, verifica-se que o ponteiro do galvanômetro G se desloca para a direita. Selecione a alternativa que supere as omissões nas afirmações que seguem:1. Enquanto o ímã é mantido em repouso sobre o núcleo, o ponteiro do galvanômetro _____2. Quando o ímã é retirado, de volta à sua posição original, o ponteiro do galvanômetro _____.



- a) desloca-se para a direita; desloca-se para a esquerda.
- b) permanece em repouso; desloca-se para a direita.
- c) permanece em repouso; desloca-se para a esquerda.
- d) desloca-se para a esquerda; desloca-se para a direita.
- e) desloca-se para a direita; permanece em repouso.

4-(U. F. VIÇOSA – MG) As figuras abaixo representam uma espira e um ímã próximos. Das situações abaixo, a que NÃO corresponde à indução da corrente na espira é aquela em que:



- a) a espira e o ímã se afastam;
- b) a espira está em repouso e o ímã se move para cima;
- c) a espira se move para cima e o ímã para baixo;
- d) a espira e o ímã se aproximam;
- e) a espira e o ímã se movem com a mesma velocidade para a direita.

5- (Enem) Qual das seguintes fontes de produção de energia é a mais recomendável para a diminuição dos gases causadores do aquecimento global?

- a) Óleo diesel
- b) Gasolina
- c) Carvão mineral
- d) Gás natural
- e) Vento

6- (UPF) A indução eletromagnética é um fenômeno que se encontra presente em diversos equipamentos que utilizamos cotidianamente. Ela é utilizada para gerar energia elétrica e seu princípio físico consiste no aparecimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor. Para que essa força eletromotriz surja, é necessário haver variação de:

- a) campo elétrica.
- b) resistência elétrica.
- c) capacitância elétrica.
- d) temperatura.
- e) fluxo magnético.

7- (Enem) A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou plástico envolvendo o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.

Disponível

em: <https://eleletronicos.hsw.uol.com.br>.

Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado). A etiqueta funciona sem pilhas porque o campo

- a) elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.
- b) elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.
- c) magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.
- d) magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.
- e) magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina.

8- (ENEM) Empresa vai fornecer 230 turbinas para o segundo complexo de energia à base de ventos, no sudeste da Bahia. O Complexo Eólico Alto Sertão, em 2014, terá capacidade para gerar 375 MW (megawatts), total suficiente para abastecer uma cidade de 3 milhões de habitantes. MATOS, C. GE busca bons ventos e fecha contrato de R\$ 820 mi na Bahia. Folha de S. Paulo, 2 dez. 2012. A opção tecnológica retratada na notícia proporciona a seguinte consequência para o sistema energético brasileiro:

- a) Redução da utilização elétrica
- b) Ampliação do uso bioenergético.
- c) Expansão das fontes renováveis.
- d) Contenção da demanda urbano-industrial.
- e) Intensificação da dependência geotérmica.

9-(ENEM) Uma fonte de energia que não agride o ambiente, é totalmente segura e usa um tipo de matéria-prima infinita é a energia eólica, que gera eletricidade a partir da força dos ventos. O Brasil é um país privilegiado por ter o tipo de ventilação necessária para produzi-la. Todavia, ela é a menos usada na matriz energética brasileira. O Ministério de Minas e Energia estima que as turbinas eólicas produzam apenas 0,25% da energia consumida no país. Isso ocorre porque ela compete com uma usina mais barata e eficiente: a hidrelétrica, que responde por 80% da energia do Brasil. O investimento para se construir uma hidrelétrica é de aproximadamente US\$ 100 por quilowatt. Os parques eólicos exigem investimento de cerca de US\$ 2 mil por quilowatt e a construção de uma usina nuclear, de aproximadamente US\$ 6 mil por quilowatt. Instalados os parques, a energia dos ventos é bastante competitiva, custando R\$ 200,00 por megawatt-hora frente a R\$ 150,00 por megawatt-hora das hidrelétricas e a R\$ 600,00 por megawatt-hora das termelétricas. Época. 21/4/2008 (com adaptações). De acordo com o texto, entre as razões que contribuem para a menor participação da energia eólica na matriz energética brasileira, inclui-se o fato de

- a) haver, no país, baixa disponibilidade de ventos que podem gerar energia elétrica.
- b) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser de aproximadamente 20 vezes o necessário para a construção de hidrelétricas.
- c) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser igual a 1/3 do necessário para a construção de usinas nucleares.
- d) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1,2 multiplicado pelo custo médio do megawatt-hora obtido das hidrelétricas.
- e) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1/3 do custo médio do megawatt-hora obtido das termelétricas.

10- (ENEM) Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis. De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia:

- a) dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.
- b) solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.
- c) nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.
- d) hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.
- e) eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.

GABARITO DAS QUESTÕES

1- Alternativa A

O fluxo magnético constante não induz uma força eletromotriz na espira, logo a corrente elétrica é nula.

2- Alternativa C

A variação do fluxo magnético fará surgir no condutor uma corrente elétrica.

3- Alternativa C

Mantendo o ímã em repouso, não há variação de fluxo magnético, logo não há corrente, desta forma o ponteiro fica em repouso. Se, com a aproximação do ímã o ponteiro se move para a direita, o afastamento dele fará o ponteiro se mover para a esquerda.

4- Alternativa E

Como não há movimento relativo entre o ímã e a espira, a variação de fluxo magnético é nula, logo não há indução de corrente.

5- Alternativa E

O Vento é uma fonte de energia que não produz gases de efeito estufa.

6- Alternativa E

Para que haja força eletromotriz tem que ter variação de fluxo do campo magnético.

7- Alternativa C

Somente o campo magnético presente na onda de rádio pode induz uma corrente na bobina das etiquetas inteligentes.

8- Alternativa C

A fonte de energia eólica é uma fonte renovável pois está constantemente presente no dia a dia de forma potencial em algumas regiões.

9- Alternativa B

No texto é falado que o custo de construção de uma hidroelétrica é de US\$ 100 por quilowatt e de uma usina eólica US\$ 2000 por quilowatt o que equivale a 20 vezes o valor de uma hidroelétrica.

10- Alternativa E

Pelo país estar em uma região plana, ser chuvoso e possuir ventos constantes o ideal seria o investimento em energia eólica.

REFERÊNCIAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: Informação científica para a cidadania? Brasília, 1996.

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, v.25, n.2, p.176-194, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em 22 de junho 2019.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 20 de abril de 2020.

CAPECCHI, MARIA CÂNDIDA VARONE DE MORAIS; CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE; SILVA, DIRCEU DA. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 152-166, 2000.

GASPAR, A. e MONTEIRO, I. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky, 2005. http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf. Acesso em 5 de junho 2019.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Educar em Revista, n. 44, p. 75-92, 2012.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, p.1304-1 a 1304-13, 2008.

MONTEIRO, M. A.; MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A. Textos de divulgação científica em sala de aula para o ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL235.pdf>. Acesso em 22 de junho 2019.

MORÁN, J. M. O vídeo na sala de aula. Comunicação & Educação, v.2, p. 27-35, 1995. http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/desafios_pessoais/vidsal.pdf. Acesso em 22 de junho 2019

NUSENZVEIG, MOYSÉS H. Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.

PICOLO, Ana Paula; BÜHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 4, 2014.

PINTO, MILTON DE OLIVEIRA. Fundamentos de Energia Eólica. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2018.

TEIXEIRA, FRANCIMAR MARTINS; SOBRAL, ANA CAROLINA MOURA BEZERRA. Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso. Ciência e Educação, Bauru, v. 16, n. 3, p. 667-677, 2010.

VYGOTSKY, L., S. A Formação Social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

_____. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ZABALA, ANTONI. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZAPAROLLI, DOMINGOS. Ventos Promissores a Caminho. Pesquisa FAPESP, São Paulo, v. 20, n. 275, p. 78-82, jan./2019.