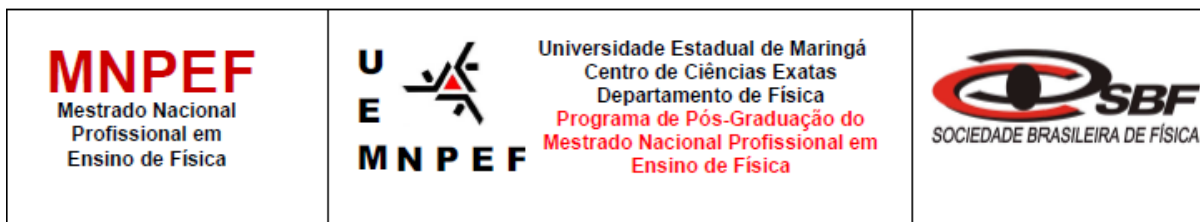




BRUNA ELOISA MOREIRA ZANON

**O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA - UMA UEPS DESENVOLVIDA
NO CONTEXTO DAS METODOLOGIAS STEAM**

Maringá – PR
Agosto, 2020



O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA - UMA UEPS DESENVOLVIDA NO CONTEXTO DAS METODOLOGIAS STEAM

BRUNA ELOISA MOREIRA ZANON

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

Maringá - PR
Agosto, 2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

Z33c

Zanon, Bruna Eloisa Moreira

O conceito de energia elétrica : uma UEPS desenvolvida no contexto das metodologias STEAM / Bruna Eloisa Moreira Zanon. -- Maringá, PR, 2021.
xix, 175 f.: il., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta .

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2021.

1. Educação STEAM. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). 3. Energia elétrica. 4. Mapa conceitual. I. Zanatta , Shalimar Calegari, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267

O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA - UMA UEPS DESENVOLVIDA NO CONTEXTO DAS METODOLOGIAS STEAM

BRUNA ELOISA MOREIRA ZANON

Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta
UNESPAR/Paranavaí-MNPEF/UEM

Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo
DFI/UEM

Prof. Dr. Otávio Akira Sakai
UFPR/Umuarama

Maringá - PR
Agosto, 2020

“Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina”.
(Cora Coralina)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus. Ao meu marido Murillo, meu porto seguro, companheiro e incentivador de novas conquistas. Aos meus pais, Neide e Edson, pelas oportunidades e experiências proporcionadas no decorrer da minha vida e à minha tia Maria pelo apoio e confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por me dar força e inspiração para vencer as dificuldades e buscar novos sonhos.

Ao meu amado marido Murillo pelo apoio, paciência e compreensão nos momentos da minha ausência e falta de atenção durante todo o processo de formação acadêmica. Aos meus pais, que de formas diferentes me apoiaram e incentivaram a ir mais longe, sem olhar para os obstáculos que poderiam aparecer nessa jornada, aos meus amigos que incentivaram e estiveram do meu lado.

À Professora Doutora Shalimar Calegari Zanatta, minha orientadora, que teve paciência e compreendeu meus momentos de ansiedade e inseguranças, pela possibilidade de novas aprendizagens, incentivos e orientação que me proporcionou durante esses 3 anos, pelo seu tempo e bondade em compartilhar seu conhecimento.

À Professora Doutora Hatsumi Mukai, pelos conselhos, dedicação, auxílio e paciência durante todo o desenvolvimento desse trabalho, e também como professora do estágio supervisionado, expresse aqui toda gratidão. Grata também pela sua atuação como coordenadora adjunta ao MNPEF, da qual realizou toda a parte burocrática necessária ao bom andamento e para a conclusão desse mestrado.

Ao coordenador do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF/Polos UEM) e professor da disciplina de Eletromagnetismo, Professor Doutor Paulo Ricardo Garcia Fernandes, por todo ensinamento.

A todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF/Polos UEM – que colaboraram direta e/ou indiretamente em minha formação acadêmica.

Aos amigos que o mestrado me proporcionou, Ana Paula Bim Maldonado e Rodrigo de Oliveira Pereira, pelas trocas de experiências, risadas e todo o apoio ao longo desses anos.

Às professoras Isadora Pinheiro e Helena Yaedu Gimenes, pela colaboração e enriquecimento do meu produto educacional, minha gratidão e respeito.

À diretora do colégio São Francisco Xavier, Elisa Mitie Shiozaki pela

oportunidade de trabalhar e poder aplicar meu projeto no colégio, contribuindo para minha formação profissional e pessoal. A ela minha gratidão e respeito.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na Universidade Estadual de Maringá (UEM/Polo 20).

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

RESUMO

O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA - UMA UEPS DESENVOLVIDA NO CONTEXTO DAS METODOLOGIAS STEAM

BRUNA ELOISA MOREIRA ZANON

Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação aborda o percurso metodológico, desenvolvimento, aplicação e considerações em relação aos resultados do processo ensino-aprendizagem sobre a produção da energia elétrica. Para tal, foi desenvolvida e aplicada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, conhecida abreviadamente por UEPS, utilizando o referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS). O público alvo foram estudantes do Ensino Fundamental (9^o ano) de um colégio da rede particular de ensino, localizado no município de Maringá – PR. Ressaltamos que a UEPS, aqui desenvolvida, buscou implementar os princípios norteadores da Educação STEAM (acrônimo do inglês para Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática). Nossa proposta é composta por 5 momentos, totalizando em 17 aulas com abordagens teóricas em Física, Geografia, Artes e Geometria. No primeiro, fizemos o levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema proposto por meio da elaboração de um mapa conceitual. No segundo momento, propomos uma atividade investigativa com o intuito de motivar a aprendizagem significativa por meio da curiosidade. No terceiro, apresentamos o conhecimento científico, como compartilhado pela comunidade científica. Ressalta-se que neste momento, o professor é o responsável pela seleção, transmissão e hierarquização dos temas relevantes, promovendo a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva. No quarto momento desenvolveram-se maquetes como meio de aplicação das teorias discutidas. E, por último, no quinto momento avaliou-se a evolução da compreensão dos temas abordados, utilizando mapa conceitual e questionário. As análises mostraram que houve aprendizagem significativa de acordo com a definição da TAS de Ausubel.

Palavras-chave: STEAM; Energia Elétrica; Mapa Conceitual; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Maringá - PR
August, 2020

ABSTRACT

THE CONCEPT OF ELECTRICAL ENERGY - A UEPS DEVELOPED IN THE CONTEXT OF STEAM METHODOLOGIES

Bruna Eloisa Moreira Zanon

Supervisor: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This dissertation presents the methodological path, development, application and considerations about the results of the teaching-learning process on the production of electricity. For this purpose, a Potentially Meaningful Teaching Unit was developed and applied, known abbreviated as PMTU, using the theoretical framework of Ausubel's Meaningful Learning Theory (MLT). The target audience was students from Elementary School (9^o years) of a private school, located in the city of Maringá - Pr. We emphasize that the PMTU, developed here, sought to implement the guiding principles of STEAM Education (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). Our proposal consists of 5 moments, totaling 17 classes with theoretical approaches in Physics, Geography, Arts and Geometry. In the first, we surveyed the student's previous knowledge about the proposed theme by constructing a conceptual map. In the second moment, we propose an investigative activity in order to motivate meaningful learning through curiosity. In the third, we present scientific knowledge, as shared by the scientific community. It is noteworthy that at this moment, the teacher is responsible for the selection, transmission and hierarchy of the relevant themes, promoting integrative reconciliation and progressive differentiation. In the fourth moment, models were developed as a means of applying the theories discussed. Finally, in the fifth moment evaluated the evolution of the understanding of the topics addressed, using a conceptual map and questionnaire. The analyses showed that there was significant learning according to the definition of Ausubel's theory (MLT).

Keywords: STEAM; Electrical Energy; Conceptual Map; Potentially Meaningful Teaching Unit.

Maringá - PR
Agosto, 2020

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS E ACRÔNIMOS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

DVD - *Digital Versatile Disc* (Disco Digital Versátil)

CD - *Compact Disc Read-Only Memory* (Disco Compacto LED - *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz)

MDF – *Medium Density Fiberboard* (Painel de Fibra de Densidade Média)

MEC – Ministério da Educação e Cultura

MLT - *Meaningful Learning Theory*

MNPEF– Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física

PE – Produto Educacional.

PMTU - *Potentially Meaningful Teaching Unit*

PNE - Plano Nacional de Educação

PVC – *Poly vinyl chloride* (Policloreto de polivinila)

SBF - Sociedade Brasileira de Física

STEAM - *Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*

STEM - *Science, Technology, Engineering and Mathematics*

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

UEM – Universidade Estadual de Maringá

UEPS - Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Representação do papel do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva	10
Figura 1.2 - Exemplo de um mapa conceitual de mapas conceituais	11
Figura 1.3 - Desenho ilustrativo indicando um planeta em órbita circular de raio \vec{R} em torno do Sol, com velocidade constante \vec{v} . Sendo \vec{F}_g a força de atração gravitacional.	24
Figura 1.4 - Representação da força atuando entre duas cargas sendo uma delas a de prova q_0 e uma carga pontual q_i (fonte puntiforme), e o campo elétrico devido a ela no ponto P	28
Figura 1.5 - Representação do fluxo do campo elétrico \vec{E} , em que o campo elétrico faz um ângulo θ relação ao elemento de área dA normal \hat{n} a superfície	29
Figura 1.6 - Representação do experimento realizado por Faraday em que a imagem da letra (a) representa a situação i e a imagem da letra (b) representa a situação ii. Sendo \vec{v} a velocidade relativa entre os circuitos e \vec{B} o campo magnético.....	34
Figura 1.7 - Ilustração do circuito do experimento de Indução Magnética como realizado por Faraday. Representando: (1) fonte, no caso uma bateria; (2) chave liga e desliga; (3) um solenóide, e (4) um galvanômetro.	34
Figura 1.8 - – Figura esquemática indicando as partes de (a) forma geral do gerador acoplado à turbina, e (b) ampliada do interior de um gerador de hidroelétrica.....	36
Figura 1.9 - Ilustração de um dínamo (circulado em vermelho) em contato com a roda de uma bicicleta	39
Figura 1.10 - Desenho esquemático simplificado do funcionamento do dínamo	40
Figura 1.11 - Representação do sentido da corrente de acordo com a lei de Lenz .	41
Figura 1.12 - (a) imagem fotográfica da parte interna de um transformador, e em (b) na forma de. representação em um circuito.	42
Figura 1.13 – Desenho esquemático das partes que constituem um transformador ideal e as principais grandezas físicas que atuam no seu funcionamento	43
Figura 1.14 – (a) Imagem da turbina eólica que gerou energia em 1888 nos USA; (b) Imagem fotográfica da usina eólica de Osório no Rio Grande do Sul, Brasil; (c) Partes de uma turbina eólica: 1-Fundação; 2- Conector à rede elétrica; 3-Torre; 4-Escada; 5- Controle de orientação; 6-Nacelle; 7-Gerador; 8-Anemômetro; 9-Freio elétrico ou	

mecânico; 10- caixa de velocidades; 11-Lâmina; 12-Controle de orientação; 13-Roda	44
Figura 1.15 – Imagem fotográfica (a) de placas solares (fotovoltaicas); (b) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto de Angra dos Reis.	46
Figura 1.16 – Imagem fotográfica da usina termoelétrica de Juiz de Fora – MG.	47
Figura 2.1 - Imagens ilustrativas de alguns materiais solicitados para construção da maquete: (a) <i>led</i> ; (b) joelho de PVC; (c) motor gerador e (d) cano de PVC	50
Figura 2.2 - Mapa conceitual feito pelos alunos do 9º ano B.....	57
Figura 2.3 - Alunos assistindo o filme: O menino que descobriu o vento	58
Figura 2.4 - Imagens fotográficas: (a) Lanterna de dínamo, (b) sem a tampa, (c) tirando a engrenagem branca e (c) tirando a engrenagem cinza para visualização do ímã.	59
Figura 2.5 – Imagem fotográfica do desenvolvimento da atividade: (a) Aluno fazendo a lanterna ligar. (b) Alunos explorando a lanterna e (c) Alunos respondendo ao questionário	59
Figura 2.6 - Imagem fotográfica do registro dos alunos construindo a maquete: a) Alunos construindo a maquete, b) Alunos elaborando a maquete, c) construindo a maquete, Professora auxiliando os alunos a conectar o led no motor.	60
Figura 2.7 – Imagem fotográfica do registro da exposição das maquetes pelos alunos da turma para os demais colegas do colégio	61
Figura 2.8 – Imagem fotográfica de um dos alunos apresentando a maquete vencedora, os demais estão em pé atrás. No caso a usina eólica.....	62
Figura 3.1 - Gráfico mostrando o percentual dos 60 alunos que assistiram ao filme e participaram da pesquisa qualitativa	63
Figura 3.2 - Gráfico mostrando o percentual de alunos que assistiram ao filme e participaram da pesquisa qualitativa, respondendo as questões 1 e 2 do questionário.	64
Figura 3.3 - Resposta apresentada pela aluna X	65
Figura 3.4 - Resposta apresentada pelo aluno Y	65
Figura 3.5 - Resposta apresentada pela aluna Z.....	66
Figura 3.6 - Resposta apresentada pela aluna W	66
Figura 3.7 - Gráfico mostrando a análise das respostas dos 54 alunos para questão 3.	67

Figura 3.8 - Formas de energias citadas na questão 4	68
Figura 3.9 - Resultados da análise da resposta correta referente ao nome das partículas que formam um átomo.....	69
Figura 3.10 - Resultado da análise das respostas da questão 7 – referente a Energia elétrica- produção e transporte.....	70
Figura 3.11 – Análise das respostas dos alunos sobre a questão 8 que trata da fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil.	71
Figura 3.12 - Exemplos de respostas da questão 8: (a) aluno K – transcrição: “porque é uma parte da energia elétrica que não produz solução e é favorável ao local onde estamos.” (b) aluno L.	72
Figura 3.13 – Exemplos de respostas para a questão 9: (a) aluno A – transcrição: “Usina hidroelétrica e eólica que não geram tanta contaminação, pois se tomamos como exemplo a energia nuclear pode criar acidentes devastadores no mundo. O ruim é a energia eólica já que, se não existem ventos fortes a energia não ser tão forte. O bom é que no Brasil existem muitas forças de vento constante. A hidroelétrica o bom é que não pode acabar e é muito boa já que pode ser reutilizada. “(b) aluno B – transcrição: “Eu acho que a usina hidrelétrica no Brasil seria a mais viável, pois a [cic] muitos rios em nosso país e um malefício [CIC] é [CIC] os gastos para construir essa usina, eu acho que não pode ocasionar impactos ambientais. Eu acho que a eólica também seria possível pois em lugares com muito vento no Brasil geraria muita energia e um malefício [CIC] seria que poderia causar desmatamento na natureza e outro malefício [CIC] são os gastos para comprar ou construir essa turbina eólica [sic]”, e (c) aluno c – transcrição: “Usina hidrelétrica, Usina Nuclear Hidrelétrica B: transforma água em energia, n=acaba com a vida no rio Nuclear B: produz radiação, n=se ela explodir todas as pessoas da região morrerão ou terão doença ou alguma mutação.”	73
Figura 3.14 - Imagem fotográfica dos alunos explorando a lanterna, montando e desmontando: (a) aluno explorando partes do dispositivo, (b) Interação dos alunos, (c) Aluno explorando o funcionamento da lanterna e (d) aluno respondendo questionário referente à atividade.....	74
Figura 3.15 – Imagem de exemplos de mapa conceitual preenchida pelo: (a) aluno XX e (b) aluno YY.....	75

Figura 3.16 - Percentual de alunos que conseguiram nomear as Usinas trabalhadas na UPES.....	76
Figura 3.17 - Este gráfico apresenta a análise das respostas dadas pelos estudantes a respeito do combustível utilizado em cada usina no processo de produção de energia elétrica.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Unidades de medida para energia em relação ao Joule	21
Quadro 2.1 - Ficha técnica para a aplicação da UEPS	52
Quadro 2.2 - Cronograma para aplicação do conteúdo da UEPS por aula.	54

LISTA DE TABELA

Tabela 1.1 - Dados da magnitude de campos elétricos encontrados na natureza...29

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
1.1 Suporte metodológico para a UEPS.....	4
1.1.1 Ensino de Ciências (Física) na Educação Básica	4
1.1.2 Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel	6
1.1.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS.	12
1.1.2 Educação STEAM e a Metodologia STEAM	15
1.2 Conceitos Físicos – Energia Elétrica.....	19
1.2.1 Energia.....	20
1.2.2 Energia Elétrica.....	26
1.2.3 Produção da Energia Elétrica.....	41
2 PRODUTO EDUCACIONAL E APLICAÇÃO DA UEPS	48
2.1 Organização da UEPS	48
2.1.1 Objetivos.....	48
2.1.2 Público Alvo	49
2.1.3 Pré-requisito	49
2.1.4 Recursos Didáticos.....	49
2.1.5 Materiais para construção da Maquete.....	49
2.1.6 Momentos pedagógicos e seus objetivos aplicados a UEPS	51
2.1.7 Ficha Técnica	52
2.2 Aplicação do Produto Educacional- Uma UEPS baseada na STEAM.....	55
2.2.1 Relato da aplicação da UEPS	56
3 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
3.1 Questionário	63
3.2 Atividade de exploração	74
3.3 Avaliação	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXO A - Termo de Autorização da Escola.....	87
ANEXO B - Declaração de Revisão Ortográfica.....	88
APÊNDICE A - Questionário Avaliativo – (Filme)	89
APÊNDICE B - Questionário Atividade Lanterna.....	104
APÊNDICE C - Mapa Conceitual.....	106
APÊNDICE D - Roteiro do Filme Fragmentado	107
APÊNDICE E - Produto Educacional	111

INTRODUÇÃO

O processo ensino-aprendizagem, de modo geral, está inserido no contexto da necessidade de especialização da mão-de-obra. Assim, não nos causa estranheza que influências externas interfiram na organização da educação nacional, como por exemplo, na formação inicial, na capacitação continuada e no papel do professor enquanto agente central da transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade.

Quanto ao processo ensino-aprendizagem, especificamente ao da Física, as análises são ainda mais complexas porque as influências das políticas neoliberais nas teorias pedagógicas do “aprender a aprender” (Duarte, 2001) se somam à sua relação com o desenvolvimento tecnológico e com sua própria natureza epistemológica, tornando esta área do saber um desafio ainda maior. (Zanatta e coautores, 2019).

Diante da complexidade mencionada, ressaltamos que a formação do professor é essencial para definir seu papel no processo ensino-aprendizagem.

Para Gaspar (1997), as metodologias de ensino não podem expropriar o papel do professor como agente transmissor do conhecimento.

Assim, esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) valoriza o papel do professor como agente transmissor do conhecimento (Moreira, 2009) e valoriza também a necessidade dele em se apropriar de um conhecimento interdisciplinar amplo e profundo para desenvolver metodologias que estão em consonância com a teoria de aprendizagem de Ausubel (TAS), e com as normativas mais atuais da Educação STEAM.

A nossa experiência em sala de aula mostra a falta de interesse por parte dos alunos em estudar o componente curricular de Física, isso por vários motivos, dificuldades ao utilizar e associar a matemática em problemas que envolvem conceitos físicos, sendo difícil transferir o conteúdo “aprendido” para outras áreas de conhecimentos ou ainda a má formação do professor que não domina e não consegue transmitir o conhecimento que possui, deixando de conseguir levar o aluno a relacionar o que está aprendendo com a sua premissa ou motivá-lo ao estudo. Há ainda a falta de interesse por parte do estudante, que não vê a necessidade de aprender algo que acredita não ser útil para seu futuro, mesmo não sabendo naquele momento a área que irá seguir.

Em particular, o conteúdo escolhido, “Energia elétrica”, se justifica por ser abstrato e de grande complexibilidade, principalmente para alunos do ensino fundamental que estão entrando em contato com ele pela primeira vez. Muitas vezes, já formaram um pré-conceito a partir de colegas, familiares ou leram algo a respeito e já o definiram como algo difícil e distante de ser aprendido. Porém, apesar da dificuldade na compreensão conceitual, há pontos positivos em se trabalhar com esse tema, como se propôs nessa UEPS, podemos relacioná-lo com outros componentes, mostrando na prática suas aplicações e importância em diversas situações do cotidiano e que devido a correria ou falta de atenção do dia a dia não se é notado a presença da energia elétrica desde situações simples ou situações mais elaboradas, mas ela está presente e pode ser observada, o que durante o processo de ensino-aprendizagem gera grande euforia e curiosidade pelos discentes.

Além disso, a escolha do tema Energia foi escolhida entre uma das unidades temáticas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que assegura uma aprendizagem essencial, que é Matéria e Energia. Ela assegura o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energias, destacando a importância de se construir o conhecimento sobre os usos da energia, a utilização de recursos naturais e energéticos empregados na geração de energia e a responsabilidade no uso dos materiais. Além disso, esse tema é trabalhado de forma independente nos componentes curriculares que abrange: Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. No caso foi utilizado no contexto dos componentes curriculares de Física, Geografia, Artes e Geometria.

Com este intuito apresentamos no Capítulo 1 os fundamentos teóricos que norteiam o trabalho. Assim, discorreremos sobre o ensino de Ciências, como proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e os princípios norteadores da Educação STEAM. Além disso, apresentamos os conceitos da Física, envolvidos na produção de energia elétrica.

No Capítulo 2 apresentamos o PE que está fundamentada na UEPS e dividida em 5 momentos. Na sequência, no Capítulo 3, apresentamos os resultados e suas análises, finalizando com as Considerações Finais, Referências Bibliográficas apresentadas em ordem alfabética, seguida do Anexo, que contém o termo de autorização do PE na instituição de ensino onde a autora atua como docente, e o

Apêndice contendo o PE para aplicação por terceiros. Sendo esses dois últimos apresentados em ordem inversa as das normas da ABNT, para que o PE seja apresentado de forma independente do texto da dissertação para o seu uso aos interessados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A abordagem da fundamentação teórica desta dissertação está dividida em duas etapas distintas. Na primeira seção, apresenta-se a abordagem dos pilares teóricos que deram suporte metodológico para o desenvolvimento desta UEPS. E, na seção 1.2, apresenta-se a abordagem dos conteúdos físicos sobre o tema Energia Elétrica trabalhada no Produto Educacional (PE).

1.1 SUPORTE METODOLÓGICO PARA A UEPS

Sendo uma UEPS uma sequência de ensino cuja fundamentação está nas teorias de aprendizagem significativas (TAS), nesta seção contextualiza-se na subseção 1.1.1 o critério de seleção do tema a ser trabalhado, que foi o de Energia Elétrica; seguida na subseção 1.1.2 a TAS de Ausubel e Mapas conceituais, na sequência a subseção 1.1.3 sobre a UEPS, e finalizando com a subseção 1.1.4 sobre a educação e metodologia STEAM englobando a questão da interdisciplinaridade.

1.1.1 ENSINO DE CIÊNCIAS (FÍSICA) NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O Ministério da Educação e Cultura (MEC) homologou em 2018 a BNCC (Brasil, 2018), neste documento estão definidos os direitos de aprendizagem de todos os alunos do Brasil, como prescreve o Plano Nacional de Educação (PNE). Sendo assim, as escolas do Brasil devem desenvolver um conjunto de aprendizagem definidas pela BNCC, no decorrer da Educação Básica, sejam essas escolas municipais, estaduais ou particulares.

Pautada no desenvolvimento das competências e habilidades, a BNCC define competência como mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos) e habilidades (práticas cognitivas e socioeconômicas) como atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

Decisões pedagógicas devem se basear nas orientações da BNCC para o

desenvolvimento de competências sendo uma das propostas a de que o aluno possa desenvolver habilidades para resolver situações complexas na vida cotidiana. Conforme citado em (Brasil, 2018):

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável, requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades. (BRASIL, 2018, p. 14)

Há uma proposta de um conhecimento estimulado à aplicação na vida real, em que o contexto é importante para se dar sentido no momento de aprender, em que o aluno tem um papel importante em sua aprendizagem (Paraná, 2018).

Neste contexto, o desenvolvimento científico e tecnológico se faz presente nas diversas situações em que a sociedade contemporânea tem contato, desde o surgimento de grandes máquinas que colaboraram para uma vida melhor, com facilidades e possibilidades que antes eram inviáveis de serem alcançadas. Além disso, os desenvolvimentos dos produtos tecnológicos possibilitam o armazenamento de informações em pequenos *chips* ou dispositivos, proporcionando melhoras na comunicação.

Apesar dos vários pontos positivos, o desenvolvimento científico e tecnológico também pode possibilitar uma desorganização na sociedade e na natureza. Sendo assim, é importante que a área de Ciência da Natureza seja trabalhada na formação, garantindo a capacidade de compreensão do mundo, formando pessoas capazes de fazer escolhas conscientes e com princípios, que pensam em um bem comum.

Desta forma, tem-se uma grande preocupação com a aprendizagem a partir de desafios, mais do que aprender o conteúdo específico, que o aluno possa ser capaz de reconhecer a diversidade cultural, que desperte interesses por situações científicas, de forma que ele consiga analisar resultados, participar e intervir.

De acordo com a BNCC: [...] é imprescindível que eles sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. [...] (BRASIL, 2018, p. 322)

O processo de investigação é o elemento central para os alunos. De forma mais ampla, podemos dizer que eles precisam observar o mundo a sua volta, ter a percepção do que acontece, ter contato com atividades de campo como experimentação, leituras, observações e visitar ambientes. Essas atividades fazem com que eles sejam capazes de explicar e intervir no mundo em que vivem.

Para atingir esse propósito, observa-se na BNCC (Brasil, 2018), que os currículos são divididos em unidades temáticas, assegurando a aprendizagem essencial. No caso da componente curricular de Ciências as unidades foram divididas em três, que se repetem no decorrer do Ensino Fundamental, sendo elas: Matéria e Energia, Vida e evolução, e Terra e Universo.

Como já apresentado na introdução, na presente dissertação a temática contemplada será Matéria e Energia, no caso “Energia Elétrica”. A BNCC assegura o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energias, destacando a importância de se construir conhecimento sobre os usos da energia, a utilização de recursos naturais e energéticos empregados na geração de energia e a responsabilidade no uso dos materiais.

Outro ponto muito importante no ensino é o papel do professor. É preciso ter a clareza da importância de uma boa execução do papel de formador, daquele que detém o conhecimento. E, para transmitir e auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, deve ter um conteúdo bem preparado, para ser aplicado de forma didática e bem elaborada, para que se obtenha o resultado esperado, proporcionando uma aprendizagem significativa.

Ressaltamos que a aprendizagem significativa é uma forma de aprendizagem que capacita o aluno a fazer ligações entre os conceitos. Observe que não é o conteúdo que deve ser significativo, mas sim a forma de assimilação. Apesar de a BNCC e outros documentos oficiais, que norteiam a educação, salientarem a importância do conteúdo do cotidiano do aluno, este aspecto tem um caráter apenas motivacional para a TAS (Moreira, 2009). Na próxima subseção apresenta-se sobre a TAS proposta por Ausubel e utilizada como base no presente trabalho.

1.1.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Nascido em 1918, em Nova York, David Paul Ausubel, filho de judeus, passou por um momento histórico em que a população judia sofria perseguições. E, em seu ambiente escolar vivenciou várias situações que fizeram com que crescesse insatisfeito com a educação que recebeu.

Formou-se em psicologia e medicina, dedicando grande parte de sua vida a psicologia educacional. Faleceu em 2008 com 90 anos.

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Nesse, o processo de aquisição se faz a partir da interação de uma nova informação, com uma estrutura cognitiva já existente ao qual ele nomeou de “subsunçor”. O subsunçor seria a âncora onde o novo conhecimento se encaixaria. (Cavalcanti, 2011).

Esta nova estrutura cognitiva sofre modificações e uma nova estrutura dá lugar ao esquema de conhecimento. Segundo Moreira (2009), o que o aprendiz já sabe, o conteúdo total e organização de ideias do indivíduo é o que Ausubel chama de estrutura cognitiva. Essa organização muitas vezes vai de conceitos mais gerais, para conceitos mais específicos, e é necessário que para ocorrer a organização, o novo conceito se ligue e se reordene para ser internalizado. Além disso, conforme citado em Cavalcanti (2011):

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos. (OSTERMANN CAVALCANTI, 2011, p. 23)

Em oposição à aprendizagem significativa têm-se a aprendizagem mecânica, essa ocorre quando as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com as estruturas já existentes do sujeito, ou seja, não ocorre a ancoragem, ela vai ser incorporada à estrutura cognitiva de forma aleatória, sem vínculos, o que resultará na falta de flexibilidade e pouco ou nada de contribuição na elaboração e diferenciação. Nas palavras de Moreira (2009), a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, sendo um exemplo da simples memorização de fórmulas, leis e conceitos.

De acordo com Moreira (1999), para Ausubel, a aprendizagem definida como

“mecânica” ou “automática”, não faz sentido, não garante flexibilidade no uso, já que as ideias não se relacionam de forma lógica e clara com as ideias já estruturadas cognitivamente.

Ausubel também estabelece que a aprendizagem se distingue por “descoberta” e “recepção”, sendo exibida ao aprendiz na aprendizagem receptiva o que deve ser apreendido na sua forma final (Moreira, 2009).

A aprendizagem por descoberta deve ser aprendida por meio da revelação, conquista, algo inovado, sendo significativa após esse processo, se o conteúdo estabelecer ligações aos subsunçores, que são os conceitos já existentes na estrutura cognitiva, (Moreira, 2009), já por recepção irá ocorrer quando a aprendizagem for processada por recepção, por intermédio de um livro, uma aula e/ou um filme.

Para Ausubel (2002) uma aprendizagem significativa é basicamente uma aprendizagem por recepção:

[...] a aquisição de conhecimentos de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve apreender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível quer para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro (AUSUBEL, 2002, pág.6).

É importante salientar que uma aprendizagem por recepção verbal não é meramente um processo de memorização, em que se tem um processo passivo de conhecimento como muitos educadores atuais acreditam. Ausubel (2002) defende a utilização de métodos expositivos que estejam baseados nas condições e considerações de uma aprendizagem por recepção.

Sendo assim, uma proposta de Ensino de Física, destinada ao Ensino Fundamental, busca fornecer um ensino por meio de materiais de ensino que sejam organizados e hierarquizados conceitualmente, favorecendo uma aprendizagem por recepção significativa.

Ausubel dizia que, quanto mais sabemos, mais aprendemos, a aprendizagem significativa tem grande importância na forma de aprender, tanto para os aprendizes quanto para a sociedade, para que ocorra é necessário a disposição ou a motivação do aluno em aprender.

Assim como informado na subseção 1.1.1 é importante ressaltar o papel

protagonista do professor durante o processo de ensino. É ele que detém as estruturas cognitivas formuladas, e é ele o ser capaz de compartilhar de forma significativa conceitos a serem assimilados e participa na facilitação da aprendizagem significativa. Assim, é o professor que deve:

- identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino;
- identificar os subsunçores;
- diagnosticar aquilo que o aluno já sabe;
- facilitar na aquisição de conceito.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978) empregam em suas teorias o uso de “organizadores prévios”, que servem de suporte para o novo aprendizado proporcionando o desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem as aprendizagens posteriores. Esses organizadores seriam de certo modo, uma forma de material introdutório aplicado antes do conteúdo a ser trabalhado.

Os organizadores prévios são recursos didáticos utilizados para evidenciar a relação do novo material com conceitos subsunçores existentes na mente do aluno, de modo que facilitem a junção da relação lógica do novo conteúdo com a estrutura cognitiva existente.

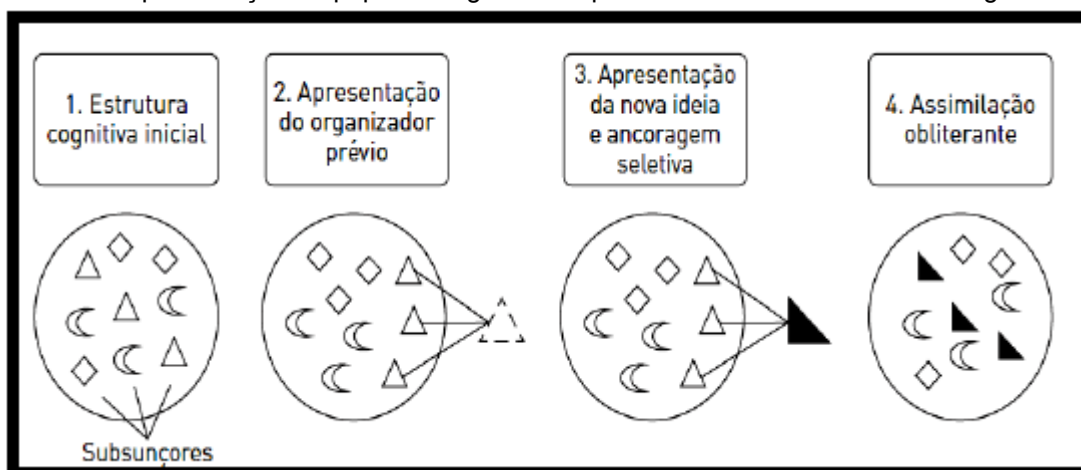
Segundo Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), o uso dos organizadores prévios se justifica pelo fato de que as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz não possuem informações suficientes para estabelecerem ligações com as novas ideias, que seriam introduzidas pelo novo material, sendo assim ele faria o papel de mediador, iria preparar a estrutura cognitiva do estudante para estudos posteriores.

Assim, para que haja aprendizagem, o aprendiz deve participar de forma consciente do processo de aprendizagem, sendo necessária por parte dos professores uma auto avaliação em como se ensinar tais habilidades para que seus alunos possam de fato compreender. De acordo com Moreira (1999):

A estrutura cognitiva pode ser influenciada de duas maneiras; 1) substancialmente pela apresentação ao aprendiz de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras; 2) programaticamente, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino (MOREIRA, 1999, p. 161).

A Figura 1.1 apresenta uma sequência e o papel dos organizadores prévios na aprendizagem significativa. Nessa figura, o processo de ancoragem seletiva, de acordo com Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), funciona como uma combinação entre alguns dos conhecimentos preexistentes (subsunçores) na estrutura cognitiva do aluno e do novo material. Sendo a assimilação obliterante quando a ideia nova e a inicial de forma progressiva tornam-se indissociáveis.

Figura 1.1 - Representação do papel do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.



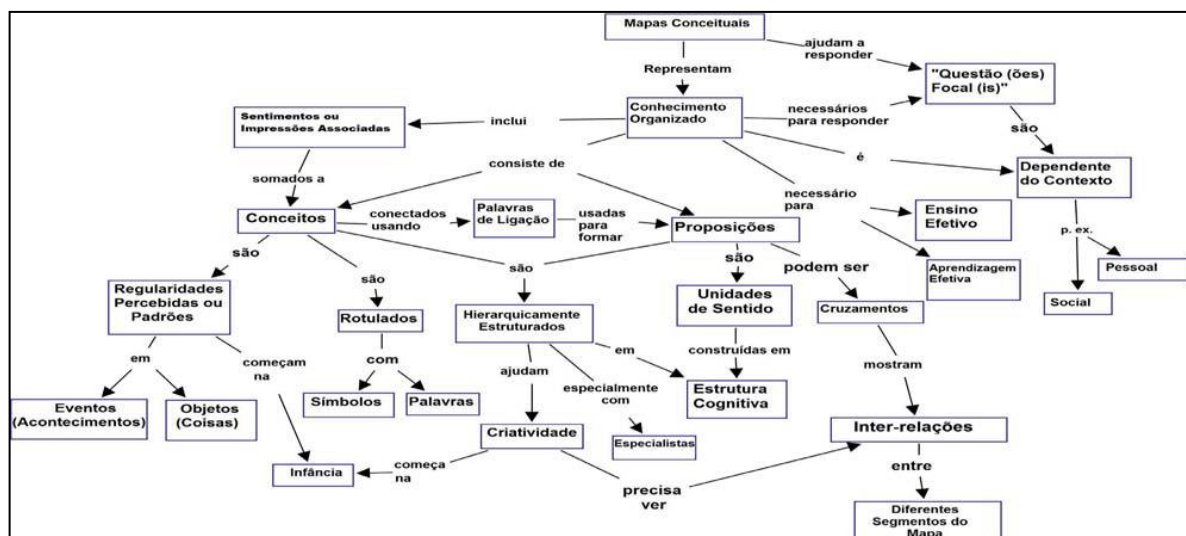
Fonte: Ribeiro, Silva e Koscianski (2012, p.171).

Segundo Klausen (2015), na teoria de aprendizagem Ausubel defende a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, o que possibilita a construção de estruturas mentais por meio de **mapas conceituais**.

Segundo Moreira (2013) a teoria dos mapas conceituais se baseia na teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel, e “[...] trata-se de uma técnica desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos” e acrescenta: “Ausubel nunca falou de mapas conceituais em sua teoria” (p.45).

Portanto, os mapas conceituais são uma espécie de extensão natural da teoria de Ausubel. Trata-se de uma estrutura esquemática, cujas palavras são interligadas por meio de conceitos, e são expostas de forma hierárquica de cima para baixo (Novak e Cañas, 2010). Na Figura 1.2 apresenta-se o mapa conceitual sobre o mesmo.

Figura 1.2 – Exemplo de um mapa conceitual de mapas conceituais.



Fonte: Novak, Canãs (2010, p.10).

Moreira (1988) sugere o uso de mapas conceituais como uma metodologia didático-pedagógica, como instrumentos úteis durante o processo de instrução do aprendiz. Os mapas conceituais permitem que o aluno pense sobre as ligações entre as informações antigas com as novas. É um mecanismo de organização hierárquica. Exatamente a organização exigida pela aprendizagem significativa. Observe que não existem mapas conceituais certos ou errados. Existem mapas mais completos e menos completos. A aprendizagem significativa é sempre progressiva.

Para Novak e Gowin (1984), mapas conceituais são ferramentas que auxiliam o estudante durante o processo de aprendizagem significativa no ensino de ciências, possibilitando ao professor a identificação dos subsunçores e dos organizadores prévios, que são essenciais para a assimilação de conhecimentos na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (1988):

Mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA, 1988, p.8).

Moreira (2013) reforça a ideia de que um mapa conceitual deve conter, além de ligações entre conceitos, uma hierarquia implícita, mesmo as associações sendo livres.

Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são livres, associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente (MOREIRA, 2013, p.41).

O que diferencia um mapa conceitual dos demais tipos de diagramas e organogramas conhecidos é a sua especificidade, de forma que, além de apresentar um conjunto de conhecimento interligado, busca-se ao mesmo tempo uma estrutura conceitual na forma de hierarquias, onde os conceitos mais gerais e inclusivos são destacados dos mais específicos e diferenciados.

O mapa conceitual foi utilizado neste trabalho como uma avaliação diagnóstica, e foi confeccionado de forma conjunta com todos os alunos participando. E, vale ressaltar que Ausubel destaca que, mesmo sendo potencialmente significativa a prática de ensino realizada pelo professor, ou o material proposto por ele, se o aluno não tiver interesse de adquirir o conhecimento de forma significativa e estiver disposto apenas a memorizar o conhecimento de forma arbitrária e literal, não importa o quanto o professor se dedique ou se esforce, a aprendizagem significativa não irá ocorrer. É necessário que o aluno tenha a intenção de se apropriar do conhecimento.

Essa premissa nos impulsiona a selecionar conteúdos que possam fazer algum sentido para o aluno. Eis mais uma justificativa para a escolha de conteúdos significativos. Vale ressaltar que, a leitura de artigos nos levou a levantar a hipótese de que há uma confusão na literatura entre os significados de “aprendizagem significativa” e “conteúdos significativos”. O conteúdo não significativo leva a uma aprendizagem mecânica.

Em relação à sequência metodológica a ser utilizada no presente trabalho, esta será por meio das UEPS, apresentada na seção 1.1.3.

1.1.3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA - UEPS

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são propostas pedagógicas referenciadas na TAS. Moreira (2011) salienta que as UEPS são

sequências metodológicas, orientadas por teorias de aprendizagem. Os aspectos que se destacam são os passos que servem para esquematizar os procedimentos, facilitando a aprendizagem significativa.

Para Moreira (2013), o professor apresenta o conhecimento (conteúdo), que deve ser aprendido, sendo esse um processo natural existente, seja na escola fundamental, média ou profissional, os estudantes decoram esse conteúdo, e posteriormente são avaliados pelo professor. Quase sempre, todo conteúdo aprendido em sala de aula é esquecido, sendo considerado um conhecimento do tipo mecânico.

Para elaborar uma UEPS, o professor precisa ter clareza de seu papel dentro do processo de ensino, pois será o responsável por promover situações com um olhar cuidadoso a partir da seleção de situações problema e organização do ensino, além de dominar o conteúdo a ser ministrado.

Segundo Moreira (2011), as situações-problema dão sentido a novos conhecimentos. As situações são criadas podendo funcionar como organizadores prévios, despertando o aluno para a aprendizagem significativa, e devem ser apresentadas de acordo com os níveis de complexidade.

As UEPS são compostas por etapas e cabe ao professor adaptá-las de acordo com a realidade de sua escola. No entanto, ressalta-se que as UEPS devem iniciar com o levantamento do conhecimento prévio do aluno e, em seguida, o conteúdo deve ser apresentado de uma forma mais geral e a partir daí cada assunto é abordado de forma específica, visando à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa (Ausubel, 2000).

Hilger (2013) aponta os princípios norteadores na construção das UEPS, com base em Moreira (2011), destacados a seguir:

- O conhecimento prévio (subsunçor) é a variável isolada que mais influencia a aprendizagem significativa;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos porque podem funcionar como organizadores prévios;
- Organizadores prévios apontam para a possível relação entre os novos conhecimentos aos subsunçores;
- As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;

- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser consideradas na organização do ensino, na proposição de situações-problema e na avaliação;
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências;
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados por parte do aluno;
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto do conteúdo de ensino;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, e não mecânica;
- A aprendizagem crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento), ao invés de memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais e pelo abandono de narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

Essa organização de atividades em sequências auxilia no planejamento, aplicação e avaliação da proposta didática que se fundamenta na TAS. Sendo possível pôr em prática os princípios norteadores elencados por Moreira (2011) a partir da organização de uma UEPS.

A motivação de uma UEPS é uma tentativa de fornecer um material de aprendizagem preparado e estruturado, que possua pontos de ancoragem para permitir ao aluno identificar, relacionar e modificar aquilo que já sabe com o que o professor deseja ensinar.

Os mapas conceituais fornecem subsídios metodológicos ao planejamento de uma UEPS e de avaliação, podendo ser usados como recursos didáticos que facilitam o processo de aprendizagem significativa.

Há nos mapas conceituais uma organização hierárquica apresentada por meio de setas que indicam o sentido de ligação entre os conceitos, conforme já apresentado.

Os mapas conceituais podem ser utilizados de três formas aplicadas na educação em sala de aula (Torgan, 2019), que são:

1. A investigação da avaliação de aprendizagem em sala de aula;
2. Planejamento de material de aprendizagem especializado;
3. Mapas conceituais como organizadores prévios e auxiliares de aprendizagens significativas.

Apresentada a metodologia da UEPS utilizada no presente trabalho, no âmbito da TAS de Ausubel e o uso de Mapas Conceituais, na próxima seção apresentar-se-a sobre a Educação STEAM e a Metodologia STEAM. Uma abordagem pedagógica que trabalha a interdisciplinaridade de forma integrativa.

1.1.4 A EDUCAÇÃO STEAM E A METODOLOGIA STEAM

O que atualmente se define como Educação STEAM, surgiu nos Estados Unidos, na década de 90, como metodologia STEM.

Essa metodologia de ensino representava qualquer metodologia que fizesse a integração entre os conteúdos de Ciências (*Science*), Tecnologia (*Technology*), Engenharia (*Engineering*) e matemática (*Mathematics*). Não demorou muito para os norte-americanos perceberem que a Arte amplia a criatividade e, por isto, adicionar 'A', passando a ser chamada de Educação STEAM.

Podemos dizer que a promoção da Educação STEAM envolve alterações na estrutura física e logística do processo educacional. A Educação STEAM é muito mais do que uma mera metodologia. Para que pudesse ser concretizada, em 15 de dezembro de 2015, o então presidente Obama assinou uma lei que inclui o financiamento da Educação STEAM em todas as escolas dos Estados Unidos (Catterall, 2017).

Assim, nas atuais condições, no Brasil, podemos discutir metodologias STEAM em detrimento da Educação STEAM. Aliás, este tema não tem recebido muita atenção em nosso País. Uma pesquisa no *Google Acadêmico* utilizando o termo "Educação STEAM" em junho de 2020 mostra 21 resultados, enquanto para o termo "STEAM EDUCATION" temos 5.110 resultados, nas mesmas condições de pesquisa. Este resultado mostra o quanto estamos deficientes na discussão do tema quando buscamos por trabalhos escritos em português.

A ideia por trás da Educação STEAM é romper barreiras entre disciplinas¹. Trata-se da interdisciplinaridade por excelência. As disciplinas STEAM são trabalhadas de forma conjunta permitindo ao estudante a mobilização de habilidades e saberes de forma integrada e concorrendo para uma aprendizagem significativa.

Há a ênfase no trabalho em conjunto, que propicia a cada estudante, o desempenho de funções e atividades que utilizem e desenvolvam suas habilidades e competências, contribuindo para a aprendizagem comum. Também incentiva o desenvolvimento de um pensamento crítico e dota os estudantes de uma melhor capacidade para enfrentar a complexidade do mundo. Conforme exposto por Débora Garofalo (2019), na revista nova escola:

O STEAM é conhecido como uma abordagem pedagógica que integra áreas e é baseada em projetos, tendo como objetivo formar pessoas com diversos conhecimentos para que desenvolvam diferentes habilidades, entre elas as competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), trabalhando questões sócio-emocionais e preparando nossos alunos para os desafios futuros. (GAROFALO, 2019, p.1)

Para Yakman (2008), pode-se classificar STEAM em dois rumos. O primeiro deles, a educação em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática são elencados com outras áreas. O segundo propõe uma integração educativa que inclui assuntos específicos de ensino. A autora divide o modelo em cinco níveis, sendo esses definidos pela STEAM, o nível de aprendizagem que deveria ser planejada ao longo da vida do aluno.

O primeiro nível de aprendizagem, segundo Yakman (2008), seria o que acontece ao longo da vida, uma espécie de adaptação ao ambiente sendo esse período identificado como contínuo, mas não intencional. No segundo temos um nível de aprendizagem integrativa, em que o indivíduo constrói uma visão genérica e básica dos campos acadêmicos.

O terceiro nível é onde deve ocorrer a aprendizagem multidisciplinar, sendo esse o momento em que o sujeito aprende um campo específico e relaciona com a vida real (Yakman, 2008). No quarto nível acontece o aprendizado disciplinar, desenvolvendo-se em cada estágio educacional e por fim, no quinto momento, ocorre a aprendizagem específica de conteúdo.

¹ Atualmente denominadas de componentes curriculares.

Segundo Catterall (2017), é preciso tomar cuidado, pois alguns equívocos na interpretação do que é a educação STEAM acabam favorecendo a venda de livros, *KITS*, materiais didáticos, devido à baixa quantidade de publicações de pesquisas nessa área.

Sendo assim, é preciso ressaltar que a falta de capacitação dos professores dificulta a compreensão do significado da Educação STEAM, e dos mecanismos que se pode desenvolver com propostas desse contexto, defendendo que o STEAM deve desenvolver um pensamento crítico e criativo por parte do aluno, havendo vários modelos para isso (Henriksen, 2017).

É preciso evitar equívocos na aplicação dessa proposta, do tipo de que o papel do professor é de mero “mediador”, “orientador” ou “organizador” do conhecimento, ao buscar exemplos no Brasil, pois se colocado nessa posição, o professor não precisa deter o conhecimento do conteúdo que será abordado.

O professor não deve ser excluído de seu papel de transmissor do conhecimento, ele deve se manter no centro do processo de ensino e o aluno no centro do processo de aprendizagem. Na teoria Significativa de Ausubel o desenvolvimento das metodologias de ensino resulta de um professor que tem profundo conhecimento dos conteúdos.

Há no ambiente escolar a preocupação com novas estratégias e metodologias que motivem os estudantes e aumentem o interesse pelos estudos, sendo assim o uso da interdisciplinaridade surge a partir da necessidade dos alunos em compreender fenômenos observados em seu cotidiano, a partir do conhecimento científico adquirido na escola.

Fazenda (2008) explica que a interdisciplinaridade se caracteriza por ser uma atitude de busca, de inclusão, de acordo e de sintonia diante do conhecimento.

A partir da necessidade de motivar os alunos a compreenderem os fenômenos observados no cotidiano, a partir do conhecimento adquiridos na sala de aula. Para Gadotti (2004), a integração curricular da interdisciplinaridade não é suficiente para alterar o currículo.

Surgindo na segunda metade do século XX, a interdisciplinaridade surge com a intenção de superar a fragmentação e o caráter de especialização do conhecimento, ambos causados por uma epistemologia de tendência positivista, fundamentada no empirismo, no naturalismo e no mecanicismo científico, desde o início da

modernidade (Gadotti, 2004).

Thiesen (2008) define a interdisciplinaridade como um movimento contemporâneo que surge na perspectiva do diálogo e da integração das ciências e do conhecimento, buscando romper com o caráter de hiperespecialização e fragmentação dos saberes.

De acordo com Freire (1987), a interdisciplinaridade é o processo metodológico de construção do conhecimento pelo sujeito com base em sua relação com o contexto, com a realidade, e com a sua cultura.

Trabalhar com a interdisciplinaridade não significa criar novas disciplinas, mas sim utilizar as diversas áreas do conhecimento para resolver um problema ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista.

É o professor que precisa manifestar um compromisso com atitude interdisciplinar ao desenvolver projetos de ensino, deve buscar constantemente um aprofundamento teórico e uma postura ética diante das questões e dos problemas que envolvem o conhecimento (Fazenda, 1979).

A interdisciplinaridade busca uma melhor relação entre os alunos, e destes com o professor, apresentar aos alunos possibilidades diferentes de olhar um mesmo fato.

Thiesen (2008) explica que o professor precisa tornar-se um profissional com visão integrada da realidade, que perceba a importância de se ter conhecimento em outras áreas, ou seja, ter a concepção de que o aprofundamento teórico apenas em sua área de formação não é suficiente para dar conta de todo o processo de ensino, precisa conhecer as relações conceituais que sua área faz com as outras ciências.

Portanto, a interdisciplinaridade é um movimento importante de articulação entre o ensinar e o aprender, auxiliando os educadores e as instituições de ensino dar um novo significado do trabalho pedagógico, percebendo que as informações se renovam continuamente.

Na prática, o que temos observado é que o material didático como os livros, e os professores em geral porque o seguem, tem finalizado os conteúdos com exemplos de aplicação. Ou seja, existe uma flecha organizacional do específico para o amplo. Como exemplo desse fato, se o professor pretende ensinar os princípios físicos que explicam o cozimento do alimento pelo forno a micro-ondas, ele começa explicando as propriedades da carga elétrica, lei de Coulomb, ondas eletromagnéticas, ressonância e enfim o cozimento. E, quando esses conteúdos são abordados de tal

forma que permita o aluno buscar o conhecimento, ficando o professor como gerenciador do processo, o método é dito construtivista e interdisciplinar.

Lembrando que conforme citado por Moreira (2011), Ausubel defende o construtivismo, sendo o aluno o principal agente construtor de sua aprendizagem, e de que:

A aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição/construção de significados. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz, diria Ausubel (1963, p. 58). Não seria essa transformação análoga à internalização de instrumentos e signos de Vygotsky? Os materiais de aprendizagem não seriam, essencialmente instrumentos e signos no contexto de uma certa matéria de ensino? A Física, por exemplo, não seria um sistema de signos e não teria seus instrumentos (procedimentos e equipamentos)? Aprender Física de maneira significativa não seria internalizar os significados aceitos (e construídos) para estes instrumentos e signos no contexto da Física? Certamente sim, em todos os casos! (MOREIRA, 2011, p.32).

No entanto, para Ausubel, a aprendizagem ocorre por recepção integrativa num processo cíclico entre a diferenciação e a reconciliação, como explicitaremos, não é o conteúdo que deve ser modificado, mas sim a metodologia que deve ser adequada. O professor deve partir do que o aluno já sabe para inserir conceitos gerais antes dos específicos.

Apresentado a base teórica referente a parte da teoria de aprendizagem, e a base metodológica que será utilizada, seguem os conceitos físicos sobre o tema selecionado para trabalhar esse conteúdo: energia elétrica.

1.2 CONCEITOS FÍSICOS - ENERGIA ELÉTRICA

Nesta seção, abordaremos o referencial teórico sobre os principais conceitos utilizados no processo de produção de energia elétrica. Para este levantamento de conteúdos baseou-se principalmente nos textos de Larry Gonick e Art Huffman (1994), David J, Griffiths (2011), David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker (2009), Richard Feynman (2008) e Paul Tipler (2000) em nível de graduação. Utilizou-se também o livro editado pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 1998) (Coordenado pelos professores Luiz Carlos Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume), Física-3, Eletromagnetismo. Nas aulas foram utilizados os livros didáticos do nível fundamental II e Ensino Médio e apostilas de várias editoras foram: “Araribá

plus Ciências” - Moderna (2014), “Física 9ºano” Positivo (2012), “Física” Poliedro (2019), “Ciências” Poliedro (2019), apostila FTD (2016) e apostila Ético (2015). A escolha pelos livros do ensino fundamental e médio se fez devido a obrigatoriedade em se utilizar o material proposto pela escola.

1.2.1 ENERGIA

A definição de energia é uma ideia abstrata segundo Feynman (2008), ela é um princípio matemático que diz que existe uma quantidade numérica, que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas algo que podemos calcular, algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. Em suas próprias palavras:

É importante perceber que, na física atual, não temos conhecimento do que é a energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isto não é assim. Entretanto, existem fórmulas para calcular certas quantidades numéricas e ao somarmos tudo o resultado é “28” – sempre o mesmo número. É algo abstrato no sentido de que não nos informa o mecanismo ou a *razão* para as várias fórmulas. (FEYNMAN, 2008, cap. 4-1).

A definição mais utilizada para definir energia é por meio da sua relação com o trabalho², por este motivo definimos energia como a capacidade de realizar trabalho. Assim, trabalho do ponto de vista da Física é o processo de transformação de uma forma de energia em outra. Na natureza, do ponto de vista macroscópico, onde as leis do movimento são ditadas pelas leis de Newton, a energia é constante. Não se cria e nem se destrói a energia.

Realmente, esta descrição é utilizada por Halliday (2009). Para o autor, o termo energia é tão amplo, que é difícil uma definição concisa. Uma definição menos rigorosa que serve de ponto de partida é a de que energia é um número que se associa

² A palavra trabalho empregada pelos físicos não tem o mesmo significado da palavra empregada pela população em geral.

a um sistema de um ou mais objetos, se por meio de uma força o objeto entrar em movimento, o número que descreve a energia irá variar. O autor continua: “A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total é sempre a mesma (a energia é conservada). Até hoje, nunca foi encontrada uma exceção desta lei de conservação da energia”. (HALLIDAY, 2009, v.2, p. 153).

Santos (2012) explica que, a energia é uma grandeza escalar, e trata-se de um recurso natural que pode ser utilizada para satisfação das necessidades dos homens.

A unidade de medida utilizada para energia no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Joule. Que significa que 1 Joule é a quantidade de energia utilizada para uma força de 1 N mover um corpo por 1 metro. O Quadro 1.1 apresenta as unidades correspondentes de energia em equivalência ao Joule.

Quadro 1.1 - Unidades de medida para energia em relação ao Joule.

Unidade de medida para energia no SI	Unidade correspondente
1 Joule	1 <i>N m</i> (Newton metro)
1 Joule	10 ⁷ ergs (sistema gaussiano)
1,6 10 ⁻¹⁹ Joule	1 <i>eV</i> (elétron-volt)
4,2 Joule	1 <i>cal</i> (calorias)

Fonte: a autora.

Iniciaremos por apresentar a energia no contexto da mecânica newtoniana, visto que para compreender o funcionamento da geração de energia necessita-se do conceito de Energia Potencial gravitacional e energia cinética, e sua relação com a energia mecânica. E, este processo é normalmente desenvolvido por meio do conceito de trabalho.

O trabalho quando realizado por uma força constante \vec{F} , é dado pelo produto escalar entre a força e o vetor deslocamento:

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (1.1)$$

Em que: $\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$ é o vetor que representa a força aplicada em um corpo ao longo do percurso de A para B e $d\vec{r} = dx \hat{i} + dy \hat{j} + dz \hat{k}$ é o vetor deslocamento. O trabalho assim como a energia é uma grandeza escalar. A equação (1.1) pode ser

escrita³, na forma unidimensional na direção de x , como:

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B F_x dx \cos \theta . \quad (1.2)$$

E, que:

- para $\theta = 0^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = \int_A^B F_x dx$, caso a força seja constante: $W_{A \rightarrow B} = F \Delta x$;
- para $\theta = 90^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = 0$
- para $\theta = 180^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = - \int_A^B F_x dx$, caso a força seja constante: $W_{A \rightarrow B} = -F \Delta x$;

Os casos em que as forças são constantes, são como os vistos no ensino médio.

A solução da Eq. (1.1) ou (1.2) em uma única dimensão, fornece um tipo de energia armazenada no corpo ao sofrer um deslocamento devido a uma força \vec{F} .

Temos um tipo de força, chamada de força conservativa, que produz o mesmo trabalho independente do caminho realizado pelo corpo para ir de A até B. A força gravitacional é um exemplo dessa força. Não importa se liberarmos um corpo de uma altura ' h ', com relação à superfície, por meio de uma rampa inclinada ou liberar o corpo na vertical, o trabalho será o mesmo, desde que sejam desprezadas as forças dissipativas no sistema. O corpo terá, ao final do trabalho realizado, uma energia potencial convertida em energia cinética, em qualquer um dos casos.

Assim, no caso desses exemplos, na ausência da força de atrito e de resistência do ar, que são forças dissipativas, a energia mecânica que é definida pela soma da energia potencial gravitacional (mgh), mais a energia cinética ($\frac{1}{2}mv^2$), que se compensam entre a situação inicial e final, cujo resultado será sempre uma constante, satisfaz a lei de conservação de energia mecânica, $\Delta E_m = 0$, ou seja, que, a energia mecânica total inicial será igual a energia mecânica total final:

$$Em_i = Em_f . \quad (1.3)$$

³ Utilizando a definição de produto escalar $\vec{A} \cdot \vec{B} = A B \cos \theta$, sendo A e B o módulo dos vetores \vec{A} e \vec{B} , respectivamente e θ o ângulo entre eles.

Demonstração da lei de conservação de energia mecânica: considerando que o trabalho total realizado no sistema seja nulo, independente da trajetória, e forças dissipativas desprezíveis ou nulas.

Utilizando na expressão Eq. (1.1) a segunda lei de Newton, $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$, para uma força atuada sobre um corpo, paralela à direção e no mesmo sentido do deslocamento, no caso na vertical, para cima, tal que o ângulo entre a força e o deslocamento seja 0° , para um corpo indo do ponto A até B, com algumas manipulações matemáticas, tem-se que:

$$W_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \Delta E_c \quad (1.4(a))$$

Este resultado (Eq.1.2(a)) é conhecido como Teorema Trabalho-Energia Cinética.

Considerando agora que, após atingir o ponto B (altura máxima), o corpo retorne ao ponto A sob a atuação da força peso: $\vec{P} = m\vec{g}$, o trabalho realizado por essa força é dado por:

$$W_{B \rightarrow A} = \int_B^A mg \, dy = mgy_A - mgy_B = -\Delta E_p_g \quad (1.4(b))$$

Como o trabalho total realizado pelas forças em um corpo em uma trajetória fechada deve ser nulo:

$$W_T = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow A} = 0$$

$$W_T = \Delta E_c - \Delta E_p_g = 0$$

$$\Delta E_c = \Delta E_p_g$$

$$E_{c_f} - E_{c_i} = -E_{p_{gf}} + E_{p_{gi}}$$

$$E_{c_f} + E_{p_{gf}} = E_{p_{gi}} + E_{c_i}$$

$$Em_f = Em_i$$

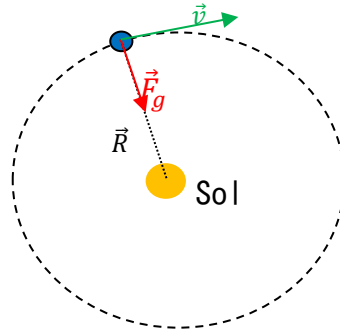
$$\Delta Em = 0$$

Que é a lei de conservação de energia dada pela equação (1.3).

O teorema trabalho - energia cinética (Eq. (1.4(a))) nos permite compreender porque há movimento dos planetas que circulam em órbita ao redor do Sol sem consumir energia (Figura 1.3). No caso, o trabalho total é nulo, e pelo teorema

trabalho-energia cinética, $\Delta E_c = 0$, tal que a velocidade se mantém constante $v_f = v_i$. Este fato intrigou a humanidade por muito tempo. (Feynman, 2008).

Figura 1.3 – Desenho ilustrativo indicando um planeta em órbita circular de raio \vec{R} em torno do Sol, com velocidade constante \vec{v} . Sendo \vec{F}_g a força de atração gravitacional.



Fonte: adaptado da referência Tipler (2006).

No entanto, a energia pode se manifestar em diferentes formas, além dessas duas: a potencial gravitacional e a cinética. Veja alguns exemplos.

- 1) Energia elétrica: está relacionada ao movimento de cargas elétricas.
- 2) Energia hídrica: proveniente do movimento das águas.
- 3) Energia solar: a fonte é a radiação solar
- 4) Energia química: extraída dos alimentos e de reações químicas.
- 5) Energia eólica: gerada pelo movimento do ar.
- 6) Energia nuclear: proveniente da fissão do núcleo de um átomo.
- 7) Energia potencial elástica: relacionada à deformação plástica de um material elástico.
- 8) Energia geotérmica: relacionada ao interior da Terra, entre outras.

Estendendo o conceito de energia para outras áreas da Física podemos dizer que a maior fonte de energia do nosso planeta é o Sol.

A Primeira Lei da Termodinâmica ou Lei da Conservação de Energia diz que a mesma não pode ser criada ou destruída, mas pode ser convertida entre uma e outra forma. A interpretação desse resultado dependeu da compreensão do calor como forma de energia em trânsito, devido à diferença de temperatura entre dois corpos. A diferenciação entre calor e temperatura foi importante para o desenvolvimento da termodinâmica. Por muito tempo acreditou-se que o calor era um fluido contido nos corpos aquecidos, cuja grandeza de medida seria a 'caloria'. Daí a unidade 'calorias'

como medida de calor.

A adequada interpretação de calor como energia em trânsito conecta a termodinâmica com o eletromagnetismo.

Já a temperatura mede o grau de agitação das moléculas constituintes do corpo. Ou seja, mede sua energia cinética. Quanto maior a temperatura do corpo, maior a energia cinética das moléculas ou átomos que o constituem.

Tipler (2000) apresenta a definição proposta por Joule, que nada mais é que a primeira lei da Termodinâmica (enunciada por Clausius em 1850, para sistemas cíclicos), em que “O calor recebido por um sistema é igual à soma entre as variações de energia interna do sistema e o trabalho efetuado pelo sistema”, e dado pela equação:

$$Q = W + \Delta U . \quad (1.5)$$

Em que: Q representa a quantidade de calor [J]; W o Trabalho [J]; e U a energia interna do sistema [J].

De acordo com as leis da Termodinâmica, haverá transferência de energia, por calor, de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura. A lei da entropia (segunda lei da termodinâmica), garante que não basta verificarmos apenas a conservação de energia, mas também a direção do fluxo de energia, sempre do maior para o menor.

Que vem em concordância na forma que Rudolph Clausius e Lord Kelvin enunciaram a segunda lei da termodinâmica para máquinas térmicas e refrigeradores, explicando o funcionamento de máquinas, refrigeradores, *freezers*, entre outros que dependem de um agente externo para realizar trabalho sobre o sistema. O motor é quem realiza trabalho sobre ou pelo equipamento, alterando a direção do fluxo de calor sobre os equipamentos e esses são movidos a energia elétrica. Mas, há dispositivos em que o fluxo de corrente atua diretamente de forma que o sistema atue como um refrigerador, que é o caso do dispositivo Peltier (Campanholi, 2019).

Porém, a energia elétrica, seja qual for sua fonte, não é utilizada apenas para manter a refrigeração ou uma máquina funcionando. Na sociedade atual, ela é fonte para o desenvolvimento econômico, tecnológico, industrial. Ou seja, ela está diretamente relacionada a qualidade de vida da população. Não seria possível imaginarmos nossa sociedade sem energia elétrica.

No entanto, sua produção pode estar relacionada a custos ambientais, na qual toda a sociedade paga por eles. Cabe ao professor levar esta questão aos estudantes, além dos conceitos científicos envolvidos.

1.2.2 ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é uma consequência direta da existência da carga elétrica.

No século VI a.C., na Grécia Antiga, o filósofo Tales de Mileto descobriu que quando uma resina vegetal fóssil petrificada chamada âmbar (*elektron* em grego), era esfregada com pele e lã de animais, podia atrair objetos leves como palhas, fragmentos de madeira e penas.

Em 1730, o físico inglês Stephen Gray identificou que, além da eletrização por atrito, também era possível eletrizar corpos por contato (encostando um corpo eletrizado num corpo neutro). Por meio de tais observações, ele chegou ao conceito de existência de materiais que conduzem eletricidade com maior ou menor eficácia, e os denominou como condutores e isolantes elétricos. Com isso, Gray viu a possibilidade de canalizar a eletricidade e levá-la de um corpo a outro.

O químico francês Charles Dufay, em 1733, propôs a existência de dois tipos de eletricidade, a vítrea e a resinosa, que fomentaram a hipótese de existência de fluidos elétricos.

Essa teoria foi, mais tarde, aperfeiçoada por Benjamin Franklin, que devido suas descobertas sobre a eletricidade lhe trouxeram uma reputação internacional. Franklin identificou as cargas positivas e negativas e demonstrou que os trovões são fenômenos de natureza elétrica. Esse conhecimento serviu de base para seu principal invento, o para-raios.

Portanto, carga elétrica é uma propriedade inerente da matéria e não um fluido. É uma propriedade intrínseca de uma das partículas elementares da natureza – o elétron. E pode explicar uma série de outros fenômenos da natureza.

Alessandro Volta inventa, em 1799, a pilha voltaica, obtendo uma fonte de corrente elétrica estável. A lista não acaba por aqui, Thomas Edison desenvolveu muitos equipamentos elétricos, destacando-se a lâmpada elétrica (1879).

Para melhor compreensão, considere que o modelo atômico de Rutherford

(apresentado à comunidade científica em 1911). O átomo é formado por um núcleo com prótons (os quais, por convenção, apresentam carga elétrica positiva), nêutrons (não apresentam carga elétrica) e por elétrons (apresentam carga elétrica negativa) girando ao redor do núcleo, organizados em camadas específicas, ou eletrosferas. Ou seja, um átomo é um elemento eletricamente neutro, sendo assim o número de prótons, com carga positiva no núcleo, é o mesmo número de elétrons com carga negativa na eletrosfera.

A carga elementar equivale a $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb (C) e é negativa para o elétron e positiva para o próton.

Quando dizemos que um corpo está carregado positivamente, significa que ele perdeu elétrons. E quando dizemos que um corpo está carregado negativamente, dizemos que ele ganhou elétrons. O material apresenta capacidade de ganhar ou perder elétrons por atrito, contato ou indução.

A carga elétrica total será dada por um múltiplo inteiro da carga fundamental:

$$Q = n e \quad , \quad (1.6)$$

em que: Q é a quantidade de carga de um corpo, unidade no SI (C); e é a carga elementar, unidade no SI (C), e n é a diferença entre o número de prótons e o número de elétrons.

Conforme citado em Tipler (2000), uma carga elétrica gera um campo elétrico \vec{E} em todo o espaço, e é este campo quem exerce uma força (\vec{F}) sobre uma segunda carga, e no caso de um conjunto de cargas gerando campos elétricos preenchendo todo o espaço, e colocando uma carga de prova positiva em algum ponto próximo a elas, haverá uma força exercida sobre essa carga de prova por cada carga individual, e a expressão para calcular o campo elétrico em um ponto é dada por:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad , \quad (1.7)$$

cuja unidade é N/C . E, a força exercida sobre uma carga de prova em qualquer ponto está relacionada ao campo elétrico naquele ponto por:

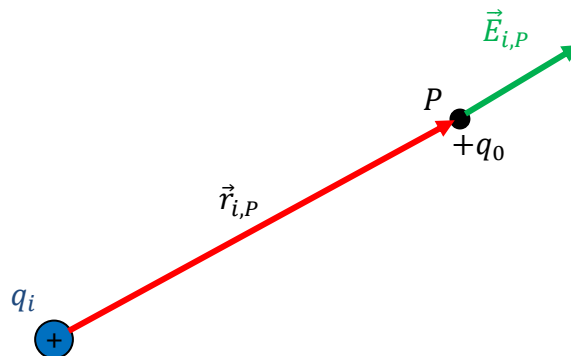
$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad , \quad (1.8)$$

A lei de Coulomb afirma que a força entre uma carga de prova $+q_0$ (situada em P) e uma carga q_i distantes de uma quantidade $\vec{r}_{i,0}$ (Figura 1.4) é representada pela expressão:

$$\vec{F}_{i,P} = \frac{kq_i q_0}{r_{i,P}^2} \hat{r}_{i,P} \quad (1.9)$$

em que k é a constante de proporcionalidade (constante eletrostática), que no vácuo é dada por: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, com $\epsilon_0 = 8,8541878176 \cdot 10^{-12}$ F/m, denominada de constante de permissividade elétrica no vácuo.

Figura 1.4 – Representação da força atuando entre duas cargas sendo uma delas a de prova q_0 e uma carga pontual q_i (fonte puntiforme), e o campo elétrico devido a ela no ponto P .



Fonte: adaptado da referência Tipler (2006).

De forma que o campo elétrico no ponto P devido à carga q_i é dada por:

$$\vec{E}_{i,P} = \frac{kq_i}{r_{i,P}^2} \hat{r}_{i,P} \quad (1.10)$$

Na Tabela 1.1 apresentam-se alguns valores de campos elétricos encontrados na natureza.

Tabela 1.1 – Dados da magnitude de campos elétricos encontrados na natureza.

Elementos	$E \left(\frac{N}{C} \right)$
Condutores elétricos domésticos	10^{-2}
Ondas de rádio	10^{-1}
Atmosfera	10^2
Luz Solar	10^3
Sob uma nuvem de tempestade, ou em um raio, ou em um tubo de raios X	10^4
Elétron de um átomo de hidrogênio	6×10^{11}
Superfície de um núcleo de urânio	2×10^{21}

Fonte: adaptado da referência Tipler (2000).

O número de linhas de campo que atravessam uma superfície é denominado de fluxo elétrico, e representado por ϕ , dado pela expressão:

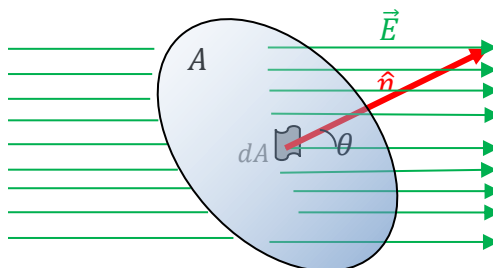
$$\phi = \int \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad (1.11)$$

\vec{E} é proporcional ao número de linhas do campo por unidade de área (A), \hat{n} é a normal a superfície (Figura 1.5). A equação (1.11) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\phi = \vec{E} \cdot \hat{n} A = EA \cos \theta \quad (1.12)$$

sendo θ o ângulo formado entre o vetor campo elétrico e o vetor normal a superfície \hat{n} (Figura 1.5). Cujas unidades no SI é $(Nm^2)/C$.

Figura 1.5 – Representação do fluxo do campo elétrico \vec{E} , em que o campo elétrico faz um ângulo θ relação ao elemento de área dA normal \hat{n} a superfície.



Fonte: adaptado da referência (Tipler, 2000).

Podemos classificar os materiais em condutores e isolantes elétricos, em que o primeiro grupo representa materiais que oferecem baixa resistência ao movimento

dos elétrons e o segundo grupo representa alta resistência, como borracha, plástico, madeira.

Esta propriedade está relacionada com o tipo de ligação química entre as unidades constituintes do material, átomos ou moléculas. Por exemplo, os metais são bons condutores de eletricidade porque permitem o movimento dos elétrons nas bandas de condução. As bandas são formadas pelo agrupamento das camadas eletrônicas devido à proximidade entre um átomo do metal e outro.

Como definição de corrente elétrica, de acordo com os livros ou apostilas didáticas, é um fluxo ordenado de elétrons que se movimentam devido à aplicação de uma diferença de potencial. Portanto, quando as extremidades de um fio condutor estão conectadas aos polos de um gerador elétrico (pilhas, baterias), os elétrons são colocados em movimento, seguindo uma mesma direção e sentido.

A definição de corrente elétrica, como a taxa de carga que passa através da área da seção transversal de um condutor, em um determinado tempo, $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, com uma determinada velocidade $v_d = \frac{\ell}{\Delta t}$, e considerando a eq. (1.6) com $n = NA\ell$ fica representada por:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = e N A v_d \quad (1.13)$$

Sendo: i a corrente elétrica cuja unidade de corrente elétrica é dada pela razão Coulomb (C) por segundo (s), conhecido como Ampère (A); e a carga do elétron dada em (C); N é o número de elétrons por cm^3 ; v_d é a velocidade de migração dos portadores de carga no intervalo de tempo Δt (m/s); A é a área de seção reta do condutor (m^2).

Comumente representa-se corrente por uma seta (\vec{i}), mas é importante lembrar que corrente elétrica é uma grandeza escalar. O sentido da corrente, por convenção, é oposto ao deslocamento dos elétrons.

O trabalho realizado por um campo elétrico para levar uma carga elétrica q de um ponto A para um ponto B é representado matematicamente por (utilizando a eq. (1.8)):

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}. \quad (1.14)$$

Por outro lado, a diferença de energia potencial entre dois pontos é dada pelo trabalho realizado pelas forças externas que atuam no transporte da carga entre eles:

$$W_{AB} = Ep_B - Ep_A.$$

Logo, a energia potencial no ponto B será igual a energia potencial no ponto A, mais o trabalho realizado contra o campo para levar a carga de A até B, tal que das duas últimas equações obtém-se que:

$$Ep_B - Ep_A = -q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}.$$

Dividindo ambos os lados por q :

$$\frac{Ep_B}{q} - \frac{Ep_A}{q} = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}.$$

A quantidade $\frac{Ep_B}{q} - \frac{Ep_A}{q}$ é definida como a diferença de potencial entre os pontos A e B, sendo q a unidade positiva de carga, que representa-se por:

$$U_{AB} = U_B - U_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{W_{AB}}{q}$$

Ou seja:

$$W_{BA} = q U_{BA}. \tag{1.15}$$

E, a diferença de potencial (ddp), $U_{AB} = U$, no caso de um gerador, é o resultado da diferença entre cargas em dois pontos (polos) distintos, conectados por um fio ou outro material ou substância condutora. Quando um ponto carregado tem mais cargas elétricas negativas que o outro, dizemos que ele é negativo e o outro, positivo. Assim, a designação entre positivo e negativo se refere a um valor relativo de quantidade de cargas entre dois pontos distintos no espaço. Se um condutor preencher este espaço, teremos uma corrente contínua enquanto existir a diferença de cargas.

Quando a energia potencial no ponto A é menor do que no ponto B, conseqüentemente a ddp no ponto A, também vai ser menor do que no ponto B, o que indica que a energia elétrica da corrente aumenta, e o trabalho é denominado de resistente, pois o movimento das cargas é de forma forçada.

A potência é definida como a variação do trabalho em relação ao tempo:

$$P = \frac{dW}{dt} . \quad (1.16)$$

Tal que a potência elétrica do trabalho realizado sobre a carga para ir do ponto *A* até um ponto *B* no intervalo de tempo Δt , é dada por:

$$P = \frac{W_{AB}}{\Delta t} ,$$

Substituindo a equação (1.14) para o caso:

$$P = \frac{U\Delta q}{\Delta t} = U i , \quad (1.17)$$

em que considerou-se $\frac{\Delta q}{\Delta t} = i$, a corrente elétrica.

A potência também pode ser entendida como a razão da energia pelo tempo, e a energia depende do tipo de energia que está sendo estudado, se o estudo é de energia mecânica pelo tempo teremos potência mecânica, se tivermos energia luminosa pelo tempo teremos energia luminosa e a variação da energia elétrica E_{el} ($J = kgm^2/s^2$) pelo intervalo de tempo Δt em s, será potência elétrica P ($J/s = W = kg m^2/s^2$):

$$P = \frac{\Delta E_{el}}{\Delta t} . \quad (1.18)$$

No entanto, é importante ressaltar que geralmente, nos livros didáticos, o desenho esquemático para representar a corrente elétrica é bastante ingênuo. Na verdade, os elétrons não podem 'andar' livremente mesmo em materiais condutores. Mesmo as ditas correntes contínuas, produzidas por pilhas e baterias, o que se move é uma energia eletromagnética devido ao movimento da carga elétrica. É essa a forma de produção de energia que vamos abordar aqui.

Primeiramente, vamos relatar que uma força de atração ou repulsão, semelhante à observada como consequência da carga elétrica, foi verificada na magnetita (Fe_3O_4), que são minerais encontrados no solo e em meteoros.

Andrade (2018) explica que estes objetos denominados de pedra-ímã, são minerais que tem a capacidade de atrair materiais ferromagnéticos (materiais compostos por: ferro, cobalto, níquel e ligas compostas por elas).

Atualmente o conhecimento do comportamento magnético destes óxidos minerais permite a confecção de ímãs com propriedades magnéticas predeterminadas.

Não é escopo deste trabalho discutir as propriedades relevantes para a obtenção de ímãs, mas é importante salientar que um elétron possui uma propriedade intrínseca que é o *spin*, e ele junto com o momento angular, que elas possuem ao redor do átomo, são os responsáveis pela propriedade magnética da matéria (Oliveira, 2010). O *spin* é um ímã elementar do elétron. O campo magnético é o resultado do movimento da carga elétrica. Assim, tanto o momento angular de *spin* e orbital podem se somar gerando um campo magnético resultante. Daí a observação de que não existem cargas magnéticas e nem monopolo magnéticos.

Griffiths (2011) destaca que:

Se você perguntar a uma pessoa comum o que é 'magnetismo', ela provavelmente irá lhe falar sobre ímãs, agulhas de bússola e o polo Norte-nenhum dos quais tem qualquer relação óbvia com cargas em movimento ou fios pelos quais passam correntes. E, no entanto, todos os fenômenos magnéticos são devidos a cargas elétricas em movimento. (GRIFFITHS, 2011, p.177)

Assim, apesar da natureza distinta na obtenção de forças por atração ou repulsão das cargas elétricas e das forças magnéticas observadas no ímã natural, estes fenômenos estão relacionados.

Em 1819, Hans C. Oersted observou que se uma corrente contínua (nesta época só existia corrente contínua) percorresse um fio, paralelo a uma agulha de uma bússola, esta sofreria deflexão. Mas se a agulha estivesse perpendicular ao fio nenhum efeito era observado. A explicação foi dada considerando que havia um campo magnético ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica.

Em 1820, Ampère, após realizar mais experimentos, formaliza a relação entre corrente elétrica e campo magnético:

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

sendo μ_0 a permeabilidade magnética no vácuo dada por $4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$.

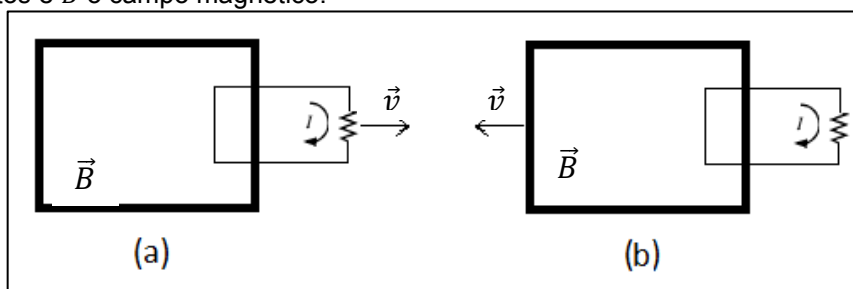
Onze anos após, em 1831, Michel Faraday observou que uma força eletromotriz e uma corrente poderiam ser induzidas em uma espira variando o campo magnético que atravessa a espira. A seguir apresentam-se relatos de uma

série de experimentos:

- i. Movendo uma espira de fio para direita, através de um campo magnético, observou que uma corrente passava pela espira;
- ii. Mantendo a espira parada e movendo o ímã para esquerda, novamente se observou a passagem de corrente pela espira;

Na Figura 1.6, o diagrama esquemático mostra que a corrente elétrica induzida pode ser verificada devido o movimento relativo entre a bobina e o ímã.

Figura 1.6 - Representação do experimento realizado por Faraday em que a imagem da letra (a) representa a situação i e a imagem da letra (b) representa a situação ii. Sendo \vec{v} a velocidade relativa entre os circuitos e \vec{B} o campo magnético.

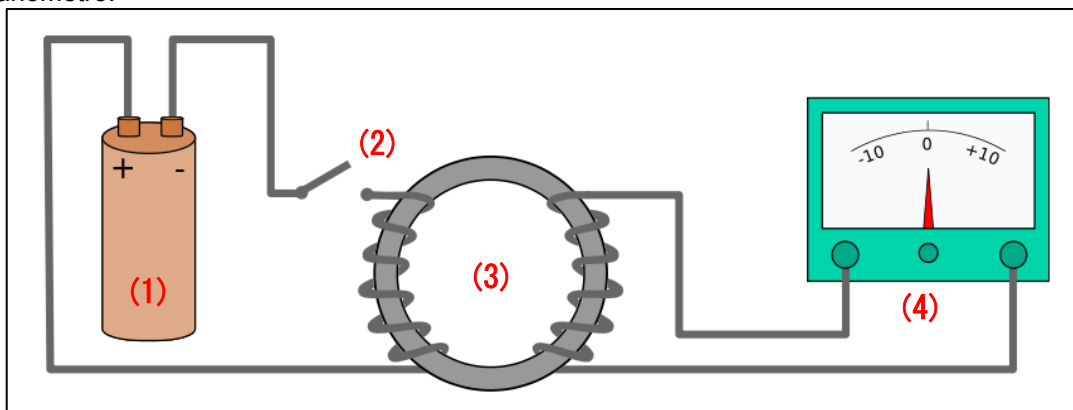


Fonte: adaptado da referência Griffiths (2011).

- iii. Mantendo a espira e o ímã em repouso, mas mudando a intensidade do campo, observou novamente que uma corrente passou pela bobina.

A Figura 1.7, ilustra a situação iii, em que uma fonte de tensão fornece uma corrente elétrica contínua para a espira. Se houver variação temporal da corrente elétrica, (ligando e desligando a fonte de tensão), o galvanômetro irá registrar uma corrente elétrica alternada no circuito cujo sentido se opõe a variação que a gerou.

Figura 1.7 - Ilustração do circuito do experimento de Indução Magnética como realizado por Faraday. Representando: (1) fonte, no caso uma bateria; (2) chave liga e desliga; (3) um solenóide, e (4) um galvanômetro.



Fonte: Hypercube / Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication.

Assim, conforme citado por Gonick, 1993:

“Quando se move o ímã próximo ao aro ou espira metálica, surge a corrente. De onde vem a energia que faz balançar o ponteiro do galvanômetro ou faz piscar uma lampadinha? Ora, quando a corrente induzida surge no fio, ela também produz um campo magnético que resiste ao movimento do ímã. É preciso então trabalho para movê-lo.” (Gonick, 1993, p. 168).

Diante destas observações Faraday teve a perspicácia de compreender o que estaria variando em todos os casos e o definiu como fluxo do campo magnético.

Isto quer dizer que uma variação temporal do campo magnético produz uma tensão induzida que promove uma corrente elétrica induzida, cujo campo magnético associado se opõe ao campo que a criou.

Faraday descobriu empiricamente, que a força eletromotriz (*fem*) é igual a taxa de mudança de fluxo magnético no tempo, Lenz generalizou surgindo um sinal negativo (informando que a corrente induzida como sendo contrária a variação do campo magnético que a gerou.):

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.19)$$

Então, podemos escrever a eq. (1.14):

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} = -\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (1.20)$$

Como o fluxo magnético é definido como:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot \hat{n} dA. \quad (1.21)$$

Sendo que, \hat{n} é a normal a superfície de área A. Substituindo a eq. (1.21) na eq. (1.20):

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA \quad . \quad (1.22)$$

Esta é a Lei de Faraday-Lenz na forma integral, podemos também apresentá-la na forma diferencial aplicando o teorema de Stokes⁴:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1.23)$$

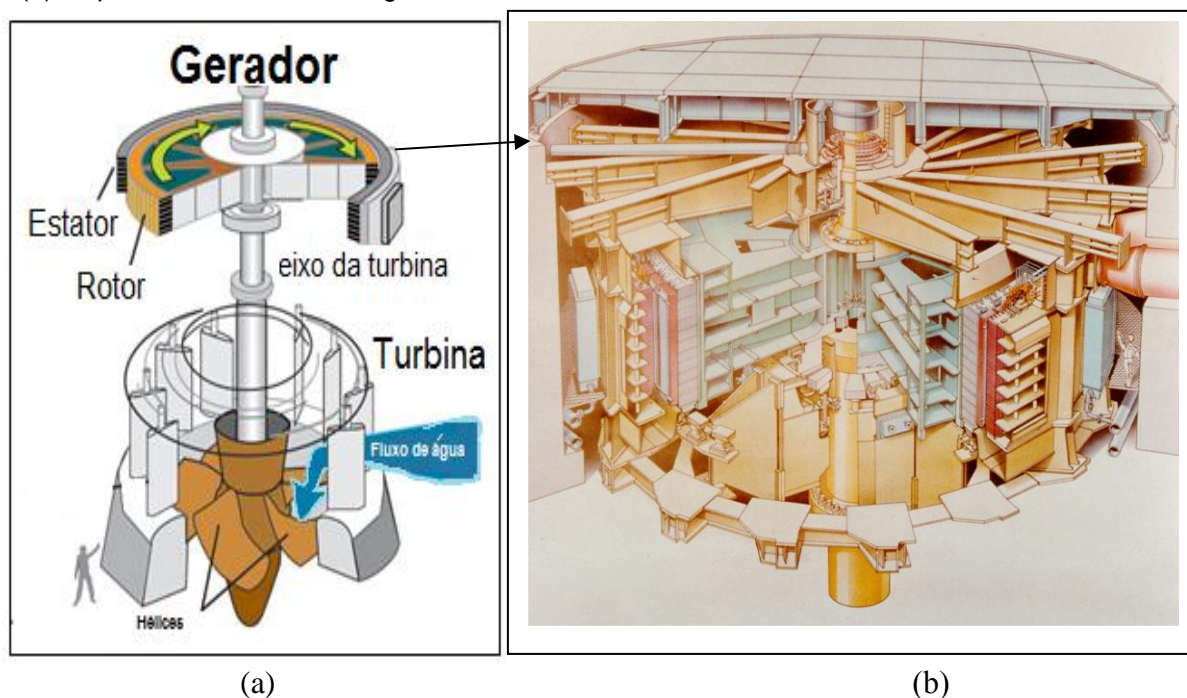
A indução eletromagnética é a produção de uma corrente elétrica induzida, a partir da variação de um campo magnético.

As usinas, geradoras de corrente elétrica, são fontes da força eletromotriz e utilizam este princípio.

Logo, os geradores elétricos são dispositivos que convertem um tipo de energia em energia elétrica, este funcionamento ocorre graças aos eletroímãs presentes em seu interior. (Hermanson, 2015).

Para gerar energia elétrica em uma usina hidrelétrica, por exemplo, o processo se dá por meio da rotação de uma série de eletroímãs dentro de espiras metálicas. Na Figura 1.8 apresenta-se um modelo do interior de um gerador, dessas partes, duas se relacionam diretamente a geração da energia elétrica: o rotor e o estator (Stator).

Figura 1.8 – Figura esquemática indicando as partes de (a) forma geral do gerador acoplado à turbina, e (b) ampliada do interior de um gerador de hidroelétrica.



Fontes: (a) adaptada de Wikimedia Commons; (b) <https://www.itaipu.gov.br/energia/unidades-geradoras>.

⁴ $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{\nabla} \times \vec{E} \cdot \hat{n} dA = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA.$

As bobinas dos eletroímãs recebem de uma fonte a energia elétrica, o que gera nestas bobinas um campo magnético e magnetiza o núcleo de ferro, no interior das bobinas do estator. O rotor é o conjunto de eletroímãs presos ao eixo da turbina, eles são formados por um núcleo de ferro com fios de cobre enrolados.

O movimento do rotor faz gerar um fluxo de campo magnético, no interior das bobinas, gerando a corrente induzida. O estator é o conjunto de bobinas que ficam paradas enquanto o rotor gira.

O fluxo do campo magnético, (eq. (1.21)), Φ_B , (Wb), através da bobina, é dado por:

$$\Phi_B = NBA \cos \theta \quad (1.24)$$

Sendo: N o número de espiras girando em um campo magnético constante; B é o campo magnético (T); A é a área da bobina (m^2), e θ é o ângulo que a normal ao plano da bobina faz com o campo magnético. Conforme ilustrado na Figura 1.5, trocando o campo elétrico pelo magnético.

Uma tensão é induzida entre os terminais quando uma força externa gira a bobina, variando o fluxo que a atravessa. O ângulo no instante t será dado:

$$\theta = \omega t + \delta \quad , \quad (1.25)$$

sendo ω é a velocidade de rotação e δ o ângulo inicial. Nesse caso a equação do fluxo magnético através da bobina passa a ser dado:

$$\Phi_B = NBA \cos (\omega t + \delta) \quad (1.26)$$

A tensão máxima, fem , eq. (1.19) na bobina é dada por:

$$\varepsilon_{máx} = NBA \omega \quad . \quad (1.27)$$

É importante ressaltar que na prática os geradores usados são mais complexos. A mesma bobina em um campo magnético, que produz uma tensão alternada no gerador de corrente alternada (CA), pode ser utilizada como um motor de CA.

Assim, podemos produzir a energia elétrica por meio de um gerador e obter o que chamamos de corrente alternada, que é a energia que chega em nossas casas.

A energia elétrica das nossas casas é produzida por um imenso gerador e que por questões de praticidade, nosso consumo é medido em quilowatt-hora ou KWh. Esta grandeza é a medida de energia em Joule, mas obtida pelo tempo de uso de cada aparelho, que consome uma energia elétrica de acordo com sua potência, a conversão do consumo em *Kwh* para *J* pode ser feito da seguinte maneira:

$$1kwh = \left(1.000 \frac{J}{s}\right) (3.600 s)$$
$$1kwh = 3,6 \times 10^6 J.$$

Como apontado por Tipler (2000) a corrente alternada pode ser usada para transportar energia elétrica a grandes distâncias, usando altas tensões e baixas correntes, reduzindo assim, as perdas de energia nas linhas de transmissão por efeito Joule. O efeito Joule é o aquecimento dos fios por onde passa uma corrente elétrica. Trata-se de um efeito dissipativo. A energia térmica não pode ser recuperada para ser empregada para a energia elétrica.

Outra aplicação da Lei de indução eletromagnética é em um dispositivo chamado de dínamo. Ele é capaz de transformar energia mecânica em energia elétrica. É constituído basicamente por um ímã fixo no interior de uma bobina sem que haja entre eles contato físico. O funcionamento de um dínamo está relacionado à indução eletromagnética podendo ser explicada pela lei de Lenz, que estabelece o sentido da corrente induzida como sendo contrária a variação do campo magnético que a gerou (referente ao sinal negativo na eq. (1.19)).

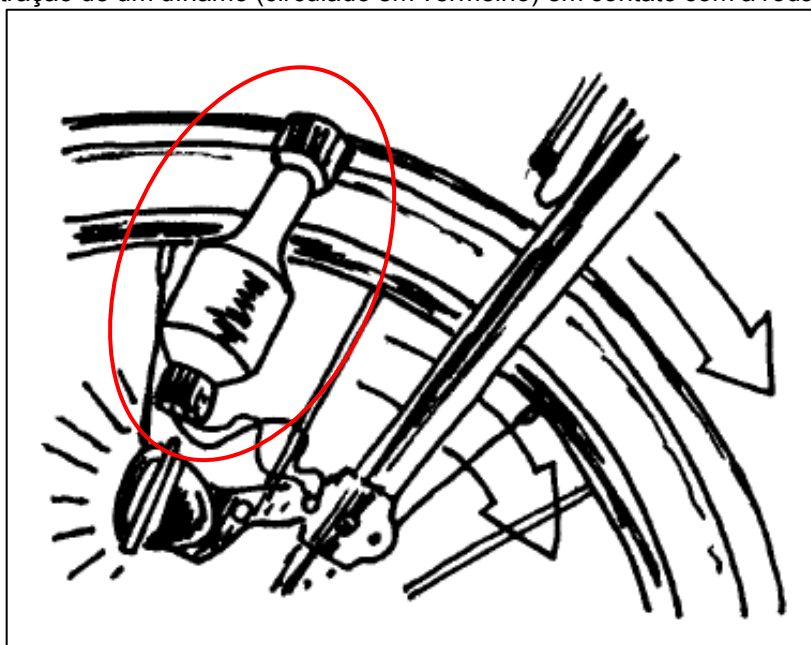
Segundo o GREF (1998), além dos geradores em usinas, temos também alternadores e dinamos que funcionam a partir do mesmo princípio, o que difere é a forma de se obter a rotação do eixo do gerador.

No dínamo usado em bicicletas, normalmente para acender a lâmpada/*leds* farol, não há contato físico entre o ímã e as bobinas, porém se influenciam mutuamente devido a presença de um campo magnético. Só a presença dos ímãs no interior do dínamo não é suficiente para acender a lâmpada/*leds*, há a necessidade de alguém pedalando para que eixo do dínamo gire (GREF, 1998).

A necessidade do movimento para fornecer energia se dá devido ao princípio da conservação de energia, já que o contínuo de energia luminosa e térmica para fora do sistema, não pode ser causado de forma contínua por algo que está parado, no caso o ímã.

A Figura 1.9 representa um dínamo em contato com a roda de uma bicicleta, em que o movimento do pneu transfere rotação ao dínamo, o ímã é fixo no eixo e gira entre as bobinas e é isso que faz a lâmpada (atualmente se usam *leds*) do farol acender.

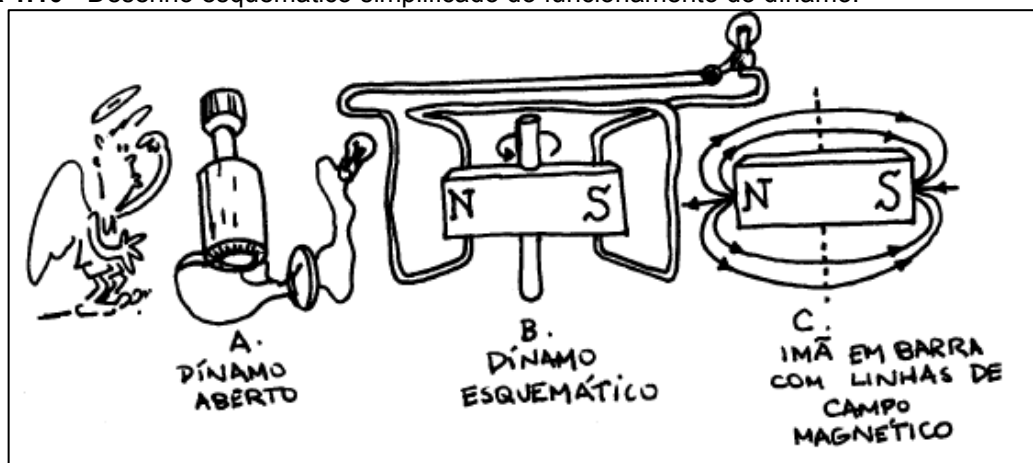
Figura 1.9 - Ilustração de um dínamo (circulado em vermelho) em contato com a roda de uma bicicleta.



Fonte: GREF de 1998, p. 83.

Na Figura 1.10, temos a representação do fenômeno Físico de geração de corrente elétrica pelo dínamo de bicicleta, através de um ímã colocado entre duas espiras (GREF, 1998, p.83). Em (a) apresenta um dínamo com a parte inferior aberta; de forma esquemática em (b) o ímã fixo em um eixo de rotação, girando no sentido anti-horário, entre duas espiras, e, em (c) a ilustração das linhas de campo magnético em torno do ímã, o campo magnético variando no tempo irá gerar uma corrente elétrica, que acenderá a lâmpada/*led*, apresentado em (a).

Figura 1.10 - Desenho esquemático simplificado do funcionamento do dínamo.

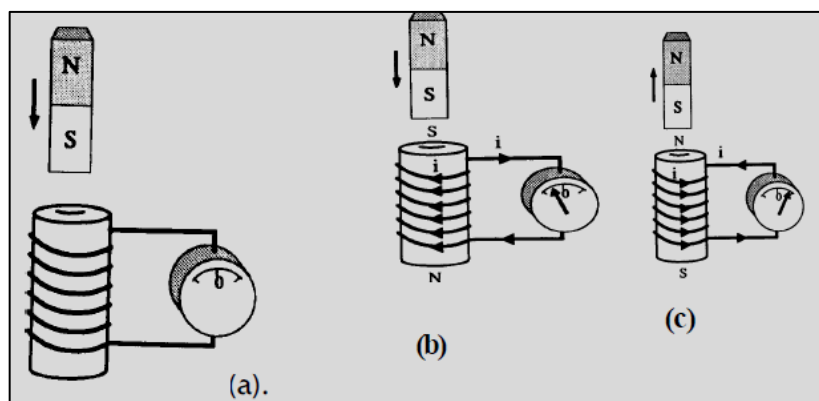


Fonte: GREF, 1983, p. 83, disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro4.pdf>>.

Portanto, o funcionamento do dínamo representa um caso particular das leis do eletromagnetismo que é a lei de Faraday, em que uma corrente é gerada num circuito fechado quando tivermos a variação de um campo magnético (GREF, 1998). Nesse caso, a corrente gerada é alternada, no entanto, no interior do dínamo há dispositivos capazes de retificar a corrente de alternada para corrente contínua e fazer funcionar com êxito a lâmpada *led* do farol acoplado à bicicleta. Portanto, o princípio de funcionamento é o mesmo do gerador de uma usina, em que no caso uma energia potencial do desnível da queda de água, gira as hélices da turbina (Figura 1.6 (a)).

Haverá para essa corrente induzida um sentido determinado durante o processo de indução, e para definir o sentido é necessário utilizar a lei de Lenz. Esta é definida como: “o sentido da corrente é tal que, o campo magnético criado por ela, se opõe à causa que lhe deu origem” (GREF, 1998, p.84). Representada pelo sinal negativo na eq. (1.19). Ainda na referência GREF (1998), os autores continuam explicando que o ato de aproximar um ímã na direção da espira é a “causa” que origina a corrente induzida. Na Figura 1.11 (a) temos uma espira ligada a um galvanômetro e um ímã se aproximando, (b) temos que a face da espira voltada para o ímã que se aproxima da espira é o polo sul para que ocorra a repulsão, a corrente induzida deve obedecer o sentido indicado na figura. Na (c) se afastarmos o ímã, a corrente induzida deve se opor a essa separação, dando origem a um polo Norte na face da espira voltada para o ímã.

Figura 1.11 - Representação do sentido da corrente de acordo com a lei de Lenz.



Fonte: GREF, 1998, p. 84.

1.2.3 PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

Uma busca no dicionário Aurélio Ferreira (2000) indica que a definição da palavra usina significa qualquer estabelecimento industrial equipado de máquinas, sendo sinônimos da palavra os termos oficina, fábrica, indústria.

Em uma usina terá uma série de equipamentos que irão transformar matéria prima em um produto acabado, mas também é comumente utilizado para instalações de porte industrial com o objetivo de se produzir energia.

Para a geração da energia elétrica, diferentes fontes de energia são utilizadas e classificadas em: renováveis e não renováveis, o resultado será o mesmo, porém elas diferem em suas estruturas, matéria prima, preço para produção, impactos no meio ambiente e instalações. O resultado esperado em ambas é o mesmo, obter a energia elétrica. “As fontes de energia renováveis como a água, a luz solar e os ventos são considerados formas mais limpas do que as não renováveis, como petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio.” (Oto, 2015).

Apesar de utilizarmos o termo produção de energia elétrica, é errôneo dizer que uma usina “produz” energia, de acordo com o princípio da conservação de energia, ela não pode ser criada e nem destruída, pode ser transformada e é este processo que ocorre em uma usina.

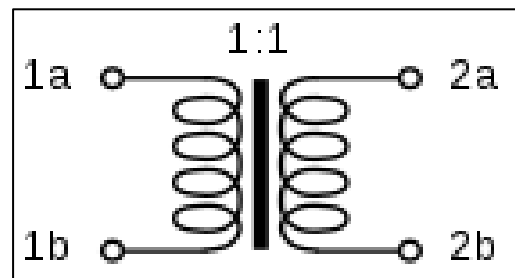
Nas diversas formas de “produção” de energia elétrica, existe um circuito que se coloca em rotação numa região onde há um campo magnético. Ao girar a espira, varia-se o fluxo magnético que a atravessa, criando, assim, uma *fem* induzida (como visto no final da seção 1.2.2).

No processo de transformação de energia um equipamento muito utilizado é denominado de transformador. Um transformador é um dispositivo utilizado para modificar as tensões e correntes alternadas sem perda significativa de potência. Ele é constituído por duas bobinas que são fios, normalmente de cobre enrolados em torno de um núcleo de ferro, um primário (P) e um secundário (S). A utilidade do núcleo de ferro é orientar o campo magnético de modo que quase todo o fluxo que passe em um dos enrolamentos passe também pelo outro (Figura 1.12).

Figura 1.12 - (a) imagem fotográfica da parte interna de um transformador, e em (b) na forma de representação em um circuito.



(a)



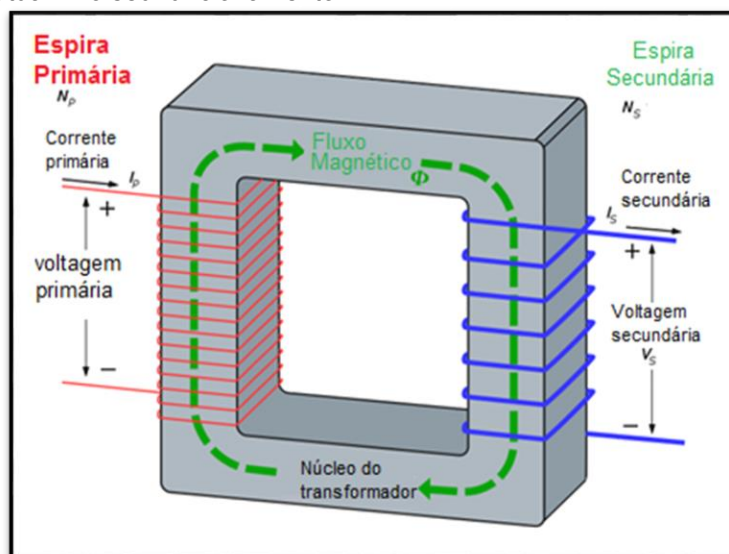
(b)

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador>.

Halliday (2009) explica que o transformador é um dispositivo capaz de aumentar e diminuir os valores de tensão nos circuitos, mantendo o produto da corrente com a tensão praticamente constante.

Um transformador ideal é constituído por duas bobinas com diferentes números de espiras enroladas em um mesmo núcleo de ferro. No enrolamento primário está ligado um gerador de corrente e o enrolamento secundário está ligado a uma resistência de carga R , não havendo corrente no circuito se a chave estiver aberta. Na Figura 1.13 temos a representação de um transformador ideal.

Figura 1.13 - Desenho esquemático das partes que constituem um transformador ideal e as principais grandezas físicas que atuam no seu funcionamento.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador>.

Conforme a corrente alternada entra na bobina primária, de acordo com o experimento de Oersted, gera um fluxo magnético variável. No lado que contém a bobina secundária, ocorre a indução magnética que faz aparecer uma *fem* induzida U_2 na bobina e também uma corrente elétrica i_2 .

Se a bobina secundária tiver um número maior de espiras comparada a primária, o resultado será uma tensão secundária maior que a primária, sendo assim, o transformador será do tipo elevador. A equação que representa essa relação entre número de espiras (N) e a ddp (U) é:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_p}{N_S}. \quad (1.28)$$

Basicamente, as usinas: hidrelétricas, eólicas, termoelétricas e nucleares têm em comum a produção de energia elétrica, no gerador produz a corrente elétrica do tipo alternada, a partir de uma fonte de energia diferente, elas giram as pás de turbinas que estão conectadas a geradores, o que causa em seu interior uma variação de campo magnético, o que gera a corrente elétrica.

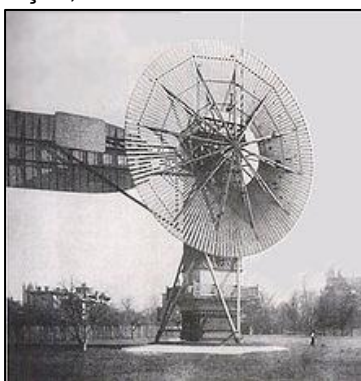
As etapas que antecedem a produção da energia elétrica no gerador são diferentes, sendo que em uma usina hidrelétrica a água é represada por barragens, para formar reservatórios capazes de armazenar um grande nível de água,

aumentando a energia potencial gravitacional (E_p), que se transforma em energia cinética, (E_c) ao escoar pelos dutos em direção as pás das turbinas. Teixeira (2017) explica que no funcionamento do modelo, a turbina é a parte que conecta a mecânica de fluidos à mecânica de rotação, que a partir disso aciona o gerador. A água expelida pelo mecanismo de pressurização sai com uma velocidade e ao colidir com as pás da turbina, imprime uma força ortogonal à pá, resultando em um torque quase instantâneo, que causa uma aceleração angular.

No Brasil, devido à grande quantidade de rios com grandes volumes de água, a maior parte da energia elétrica é produzida a partir da energia hídrica, podendo ser está a justificativa por optar por usinas hidrelétricas. (Moretto, 2012).

Quando a fonte de energia utilizada é a que provém dos ventos, é chamada de energia eólica, para utilizar este recurso é preciso ter uma boa disposição dos ventos, caso contrário não será possível uma regularidade no equipamento. A Figura 1.14, apresenta uma imagem da turbina eólica que em 1888, Charles Francis Brush, engenheiro norte americano, produziu energia elétrica por meio dela, que gerava 12KW. Em (b) uma imagem fotográfica das turbinas existentes no sul do Brasil e em (c) as partes de uma turbina eólica: 1- Fundação; 2 - conector à rede elétrica; 3 -Torre; 4 - Escada; 5 - Controle de orientação; 6 - Nacelle (termo usado em aviões para o suporte do motor fixado na sua asa); 7 - Gerador; 8 - Anemômetro; 9 - Freio elétrico ou mecânico; 10 - caixa de velocidades; 11 - Lâmina; 12 - Controle de orientação; 13 - Roda.

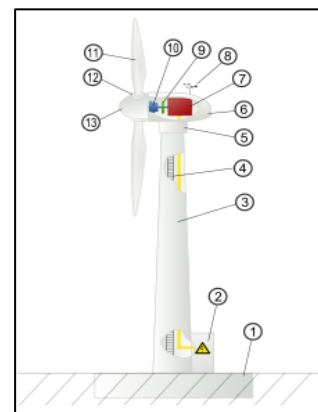
Figura 1.14 – (a) Imagem da turbina eólica que gerou energia em 1888 nos USA; (b) Imagem fotográfica da usina eólica de Osório no Rio Grande do Sul, Brasil; (c) Partes de uma turbina eólica: 1-Fundação; 2- Conector à rede elétrica; 3-Torre; 4-Escada; 5-Control de orientação; 6-Nacelle; 7-Gerador; 8-Anemômetro; 9-Freio elétrico ou mecânico; 10- Caixa de velocidades; 11-Lâmina; 12-Control de orientação; 13-Roda.



(a)



(b)



(c)

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica.

A partir da utilização de aerogeradores se explora a energia eólica para realizar a produção da energia elétrica. Isso passou a acontecer em diversos países, sendo a velocidade considerada aproveitável para 50 m de altura de 7 a 8 m/s. As usinas eólicas movimentam as hélices da turbina, utilizando a energia dos ventos, esses ventos ocorrem devido ao aquecimento da superfície do planeta pela energia solar, o que causa o movimento das massas de ar. Ao passar pelas hélices da turbina, o vento transfere energia cinética fazendo-as girar (Roldão, 2014).

O vento é uma fonte de energia inesgotável e limpa, o que traz benefícios ambientais, tais como diminuição da queima de combustíveis fósseis, não gera emissões de gases tóxicos, não gera lixo radioativo, não contamina a água, e os impactos causados por estas usinas são locais: colisão com aves, poluição visual, poluição sonora, erosão e consumo de água.

Além das fontes de energia já citadas, como o uso da água faz mover equipamentos, tais como rodas d'água, que são chamadas de energia hídrica, daí o termo hidroelétrica ou hidrelétrica, e a eólica, provinda dos ventos, há ainda o Sol como fonte de energia para os seres vivos e para a manutenção de vários fenômenos naturais, quando armazenada para ser transformada em energia térmica ou elétrica recebe o nome de energia solar (Figura 1.13 (a)).

A fonte utilizada em usinas solares são as radiações solares, o que no Brasil expressa grande potencial para geração da energia elétrica, por se tratar de uma região em que os níveis de irradiação são altos e podem ser aproveitados em projetos. (Nascimento, 2017).

Além disso, há a energia nuclear, em que uma das formas de obtê-la é por meio da fissão nuclear, como o urânio e por fim temos também as energias obtidas a partir de materiais orgânicos como a queima de madeiras, etanol, metano, óleos vegetais extraídos da natureza (considerados renováveis) e petróleo e seus derivados, como carvão mineral e gás natural (considerados recursos não renováveis).

As usinas nucleares são formadas por reatores nucleares, turbinas, uma caldeira, geradores, torre de resfriamento. O material radioativo utilizado normalmente é o urânio, após a fissão nuclear libera energia que aquece a água a mais de 300°C, convertendo a água em vapor, este vapor desloca-se pelas tubulações até movimentar as pás das turbinas, que fazem girar o gerador (Roldão, 2015). O vapor d'água passa pelo condensador e retorna a seu estado líquido.

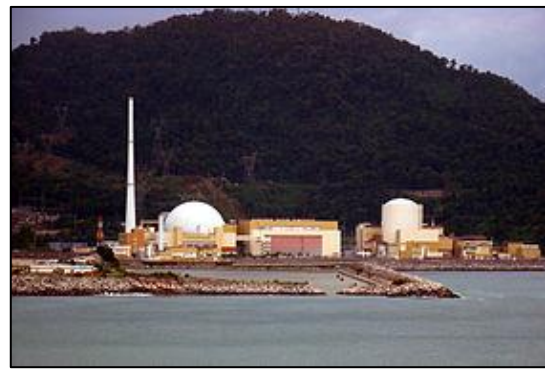
Como vantagem para usinas nucleares tem-se um menor custo de produção e transporte, são consideradas fontes limpas, por não emitirem gases poluentes, porém como desvantagem tem-se o risco de acidentes que trazem grandes consequências e apesar de todos os equipamentos de segurança, há a possibilidade.

Existentes no Brasil, as usinas nucleares mais conhecidas são as de Angra dos Reis no Rio de Janeiro. Figura (1.15 (b)).

Figura 1.15 – Imagem fotográfica (a) de placas solares (fotovoltaicas); (b) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto de Angra dos Reis.



(a)



(b)

Fontes: (a) https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel_solar_fotovoltaico e (b) https://pt.wikipedia.org/wiki/Programa_nuclear_brasileiro.

As termelétricas são outra modalidade de usinas. Godoy (2015) explica que para seu funcionamento utilizam o calor proveniente da queima de combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e biomassa. Basicamente uma termoelétrica possui uma caldeira, que é o local em que a água será aquecida por meio da queima de algum tipo de combustível (como por exemplo, bagaço de diversos tipos de plantas, restos de madeira) em uma fornalha, o vapor d'água sob alta pressão passa pelas tubulações até as pás das turbinas, fazendo-as girar (energia cinética), movimentando o gerador, o vapor é direcionado para um condensador e depois retorna para a caldeira.

No Brasil, um exemplo é a usina de Juiz de Fora – MG (Figura 1.16). Mas as que produzem energia acima de 100 MW constituem 70 usinas, distribuídas principalmente nos estados do: Rio de Janeiro, Bahia, Maranhão, São Paulo e Pernambuco.

Figura 1.16 – Imagem fotográfica da usina termoeétrica de Juiz de Fora – MG.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_termel%C3%A9trica_no_Brasil.

Como vantagens ressaltam-se a agilidade na construção, instalação em regiões habitáveis, uma alternativa para países impossibilitados para instalar hidrelétricas, como desvantagem tem-se a grande liberação de gases poluentes devido à queima dos fósseis, podendo agravar o efeito estufa, o custo final é em geral mais caro.

Ressalta-se que a usina Solar é uma alternativa para crescente preocupação da preservação do meio ambiente, visto que a sua geração de energia ocorre a partir de uma fonte renovável, porém sua forma de gerar energia elétrica difere das citadas anteriormente, a corrente elétrica produzida não é do tipo alternada e sim contínua.

PRODUTO EDUCACIONAL E APLICAÇÃO DA UEPS

O texto deste capítulo, nomeado como Produto Educacional, tem por objetivo apresentar as etapas e a organização utilizada na aplicação da UEPS para a compreensão da produção da energia elétrica, utilizando a metodologia STEAM. Sendo assim, este capítulo possui um guia para realização da prática pedagógica, que utiliza momentos bem definidos para a construção de uma aprendizagem significativa, sendo uma proposta de ensino voltada para os anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

2.1 ORGANIZAÇÃO DA UEPS

Será apresentado nesta subseção o objetivo da aplicação da UEPS, o público alvo, os pré-requisitos esperados, uma lista de materiais necessários para construção de uma maquete, que será necessária no desenvolvimento da proposta, uma ficha técnica e um quadro com o resumo de como foi organizada e dividida as aulas.

2.1.1 OBJETIVOS

- 1 - Identificar o conceito de energia como capacidade de realizar trabalho;
- 2 - Identificar a produção da corrente elétrica alternada;
- 3 - Diferenciar corrente elétrica contínua e alternada;
- 4 - Diferenciar formas de produção de corrente elétrica;
- 5 - Reconhecer as transformações de energia para a produção da energia elétrica alternada;
- 6 - Enunciar a descoberta de Oersted e a Lei de Ampère⁵, e a Lei de Faraday-Lenz⁶.

⁵ Oersted + Lei de Ampère = uma corrente elétrica gera um campo magnético;

⁶ Lei Faraday-Lenz => Lei de Faraday fornece o valor da fem no circuito e por meio desta obter o valor da corrente induzida e a Lei de Lenz = estabelece o sentido do campo magnético gerado por essa corrente induzida.

2.1.2 PÚBLICO ALVO

Alunos do 9º ano do ensino fundamental, porém fica a sugestão de aplicação para alunos do 1º e 2º ano do Ensino Médio, dependendo da grade curricular proposta no colégio.

2.1.3 PRÉ-REQUISITO

Como pré-requisito para o desenvolvimento dessa atividade, os estudantes devem ter conhecimento do conceito de energia, tipos de energia e conservação da energia mecânica. De acordo com a TAS de David Ausubel, esses conceitos são parte dos subsunçores (conhecimentos prévios) do tema que será abordado neste trabalho.

2.1.4 RECURSOS DIDÁTICOS

- a) Quadro negro ou quadro branco;
- b) Giz ou pincel de quadro branco;
- c) Papel sulfite;
- d) *Datashow*;
- e) Computador;
- f) Lanterna a base de dínamo;
- g) Chave de fenda;

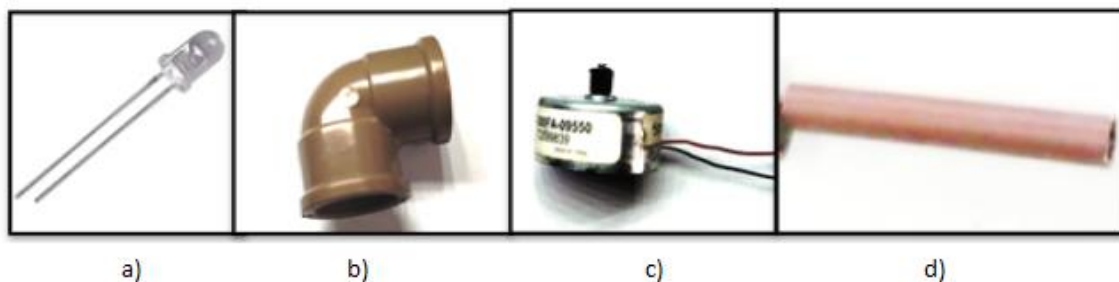
2.1.5 MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA MAQUETE:

- a) 1 Placa de isopor (50 X 100)cm, podendo ser substituído por madeira, MDF ou papelão.
- b) 1 LED (podendo utilizar mais, dependendo da proposta do aluno).
- c) 1 Motor gerador (encontrado em aparelhos de DVD brinquedos ou em casas de eletrônicos).
- d) 1 m de fios condutores (o comprimento pode variar de acordo com a montagem do aluno).

- e) 1 Hélice (feitas de CD, papelão ou compradas prontas, fundo de um vaso de flor).
- f) Palitos de sorvete.
- g) Tinta guache.
- h) Pincéis.
- i) Tesoura.
- j) Papelão.
- k) Cartolina.
- l) Fita adesiva.
- m) Cano de PVC (30 cm).
- n) 1 Joelho de PVC.
- o) Ventilador.
- p) Pistola de cola quente.

A Figura 2.1 apresenta alguns dos materiais necessários para construção da maquete, os demais elementos não foram apresentados devido à facilidade de acessibilidade no ambiente escolar e por supor que são materiais conhecidos e comuns na vida de um docente.

Figura 2.1 - Imagens ilustrativas de alguns materiais solicitados para construção da maquete: (a) *LED*; (b) joelho de PVC; (c) motor gerador e (d) cano de pvc.



Fonte: arquivos da autora.

A montagem da maquete será de acordo com a criatividade dos alunos, sob supervisão da docente de Artes e/ou Física.

2.1.6 MOMENTOS PEDAGÓGICOS E SEUS OBJETIVOS APLICADOS A UEPS

Para se obter bons resultados foi necessário planejamento e organização, sendo importante a clareza de cada momento a ser aplicado nas aulas de forma a relacionar a metodologia com a teoria de aprendizagem adotada, confrontando o conhecimento prévio, apresentado para construção/organização do novo que se torna significativo, a seguir a metodologia adotada:

- I. Exposição da dinâmica metodológica aos alunos, explicando sobre a proposta e a metodologia STEAM.
- II. De acordo com a TAS propôs-se uma atividade fazendo um levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema proposto.
- III. Aplicação da UEPS seguindo a proposta STEAM, a seguir a divisão dos 5 passos propostos na metodologia:
 - i. Engajamento: trata-se de uma atividade para despertar a motivação dos estudantes, na presente UEPS usou-se o filme: “O menino que descobriu o vento” (disponível no youtube: <<https://www.youtube.com/watch?v=rqqPORHFvfk>>) com o intuito de situá-los e motivá-los a partir das atitudes do personagem Willian.
 - ii. Exploração: atividade para instigar a curiosidade e solução de problemas por meio do manuseio de um objeto, para contemplar este passo fez-se uso de uma lanterna movida a dínamo, que deverá ser desmontada e montada quantas vezes for necessária, para a compreensão de seu funcionamento.
 - iii. Explicação: abordar os conteúdos envolvidos no tema escolhido, neste caso optou-se por utilizar alguns temas apresentados na apostila dos alunos, porém por se tratar de textos soltos e em tópicos diferentes, buscaram-se outras fontes para complementar os conceitos físicos envolvidos. Aproveitou-se a possibilidade para trabalhar o tema de forma interdisciplinar, com outras componentes curriculares, contando com a colaboração da Geografia, para abordagem dos conceitos envolvendo impactos ambientais e fontes de energia, com a Geometria, na qual a proposta é resolver exercícios teóricos sobre as usinas, as formas de produção de energia e analisar as porcentagens por meio de gráficos do consumo de energia.

- iv. **Elaboração:** desenvolvimento de uma atividade com ênfase em Artes, desenvolvendo a criatividade, construindo uma maquete como atividade artística. Neste passo novamente utilizou-se da interdisciplinaridade com o componente curricular de Artes. A docente responsável pelo componente de artes contribuiu com ideias e dicas, para execução de trabalhos manuais durante a construção.
- v. **Avaliação:** verificar a aprendizagem, por meio da construção de um mapa conceitual individual.

2.1.7 FICHA TÉCNICA

Apresenta-se no Quadro 2.1 a ficha técnica e as etapas para aplicação da UEPS, para que se possam prever conteúdos abordados, materiais necessários, quantidade de aulas e recursos a serem utilizados.

Quadro 2.1 - Ficha técnica para a aplicação da UEPS.

Tema - Produção de Energia Elétrica pelo método STEAM	
Município: Maringá-PR	
Professora: Bruna Eloisa Moreira Zanon	
Turma: 9º ano	
Duração: 17 aulas de 45 minutos	
Área de conhecimento: Ciências da Natureza	
Componente curricular: Física	
Conteúdo: Eletromagnetismo	
Unidade Temática: Matéria e Energia	
Conteúdos	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de energia elétrica. • Usinas. • Descoberta de Oersted e a Lei de Ampère • Lei de Faraday-Lenz.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o processo da produção de energia elétrica em nosso dia a dia.

	<ul style="list-style-type: none"> • Construir uma maquete demonstrando a produção de energia elétrica. • Explicar o funcionamento de um dínamo.
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> • STEAM.
Recursos didáticos e tecnológicos:	<ul style="list-style-type: none"> • Apostila dos alunos. • <i>Datashow</i>. • Materiais impressos. • Lousa. • Computador.
Avaliações	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação física acerca do conteúdo explorado pela metodologia STEAM, visando à aprendizagem significativa de D. Ausubel, a partir da análise dos mapas conceituais e questionários respondidos pelos alunos. • Participação dos alunos nas atividades. • Construção e exposição explicativa de uma maquete sobre o tema usina.
Bibliografia	<ul style="list-style-type: none"> • Apostila dos alunos - Editora FTD. • Apostilas e livros nível fundamental II e Médio. • Artigos. • Livros. <p>Filme: O menino que descobriu o vento (<https://www.youtube.com/watch?v=rqqP0RHFvfk>), vídeos e documentários acessados no Youtube Césio 137: 30 anos - Fantástico - 03/09/2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM>), Fantástico - Acidente Nuclear Chernobyl - 30 Anos (https://youtu.be/NZ1-pwXYVSM).</p>

Fonte: autora.

O Quadro 2.2, apresenta as divisões entre os diferentes momentos desta UEPS.

Quadro 2.2 - Cronograma para aplicação do conteúdo da UEPS por aula.

Aulas	Momentos	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	Nº de aulas
01	Levantamento prévio do conhecimento dos alunos sobre o tema.	- Elaboração de mapa conceitual em conjunto no quadro, por meio dos questionamentos feitos pela professora, tais como: tipos de energia, característica, fonte, benefícios, entre outros.	01
02 e 03	Engajamento	- Filme fragmentado “O menino que descobriu o vento. - Discutir sobre os conceitos Físicos apresentados no filme.	02
04	Engajamento	- Retomada do que foi abordado no filme na aula anterior. - Promover um debate sobre os assuntos levantados no filme. -Responder um questionário conceitual que servirá como uma avaliação diagnóstica acerca dos assuntos que serão abordados nas próximas aulas, assim como assuntos apresentados pelo filme. - Separação dos grupos (deixando os alunos escolherem por afinidade ou de forma aleatória, dependendo da turma) para elaboração da maquete.	01
05	Exploração	- Atividade prática: Manuseio de uma lanterna movida a dínamo, como atividade de exploração, os alunos deverão desmontar a lanterna para analisar quais os componentes que a constituem. - Responder um questionário que servirá como uma avaliação diagnóstica sobre os assuntos que serão abordados nas aulas seguintes e da atividade realizada na aula.	01

06,07 e 08	Explicação	- Explicação do conteúdo utilizando o <i>datashow</i> , imagens, trechos de documentários, notícias sobre produção de energia elétrica em usinas nucleares, eólicas, termoelétricas e hidroelétricas. - Lei de Faraday-Lenz. -Acidente de Chernobyl e Césio 137. - Consumo de energia.	03
09	Explicação	- Resolução de exercícios	01
10,11 e 12	Explicação	Conteúdos de Geografia abordar: -Fontes de energia e seus impactos. - Vantagens e desvantagens de cada forma de produção de energia. -Porcentagem de usinas pelo mundo e alguns acidentes envolvendo usinas nucleares.	03
13 e 14	Elaboração	Construção da maquete.	02
15 e 16	Elaboração	Construção maquete	02
17	Avaliação	O Mapa conceitual servirá como uma avaliação diagnóstica e comparação das mesmas com os questionários aplicados nas aulas anteriores, conforme D. Ausubel, que visa uma aprendizagem significativa.	01

Fonte: autora.

2.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL - UMA UEPS BASEADA NO STEAM.

A seguir, será apresentado como ocorreu a aplicação do PE, uma UEPS baseada em cinco momentos de acordo com a proposta da metodologia STEAM, como explanou-se em “Separação dos Momentos Pedagógicos e seus objetivos aplicados a UEPS”.

A aplicação da UEPS ocorreu no período de 29 de maio de 2019 a 08 de julho de 2019. O público alvo foram duas turmas de alunos do 9º ano de um colégio particular da cidade de Maringá- PR, o total de alunos que participaram das atividades foram 60, porém tivemos ausências em algumas atividades, deixando de contabilizar nos resultados da análise.

A escola conta com biblioteca, sala de informática equipada com computadores a disposição dos alunos, aparelhos de *datashow*, e disponibilizam alguns materiais como cartolina, tesouras, cola quente para que os alunos utilizem, se necessários. O filme foi disponibilizado pela professora, assim como as lanternas de dínamo e ferramentas para aula de exploração, os demais materiais para construção da maquete foram adquiridos pelos alunos que custearam, de acordo com suas possibilidades.

A organização da UEPS foi para as 17 aulas de 45 minutos, com a participação de professores de outros componentes curriculares que colaboraram durante o processo de aplicação, seguindo os princípios da metodologia STEAM.

A atividade foi apresentada aos alunos antes de iniciar a aplicação da UEPS como uma atividade do bimestre, por se tratar de um conteúdo abordado na apostila dos mesmos, era do conhecimento prévio deles que no final as atividades resultariam em uma nota para ser acrescentada na avaliação, no lugar do trabalho bimestral.

Ao encerrar a aplicação e concluir as atividades foi informado aos alunos sobre a participação deles na elaboração de um produto educacional, como parte integrante da dissertação de mestrado, para obtenção do título de mestre em Ensino de Física da professora (autora desta dissertação), o que causou grande alegria, principalmente por saber que o produto era vinculado a uma universidade que eles admiram e depositam grandes expectativas.

2.2.1 RELATO DA APLICAÇÃO DA UEPS

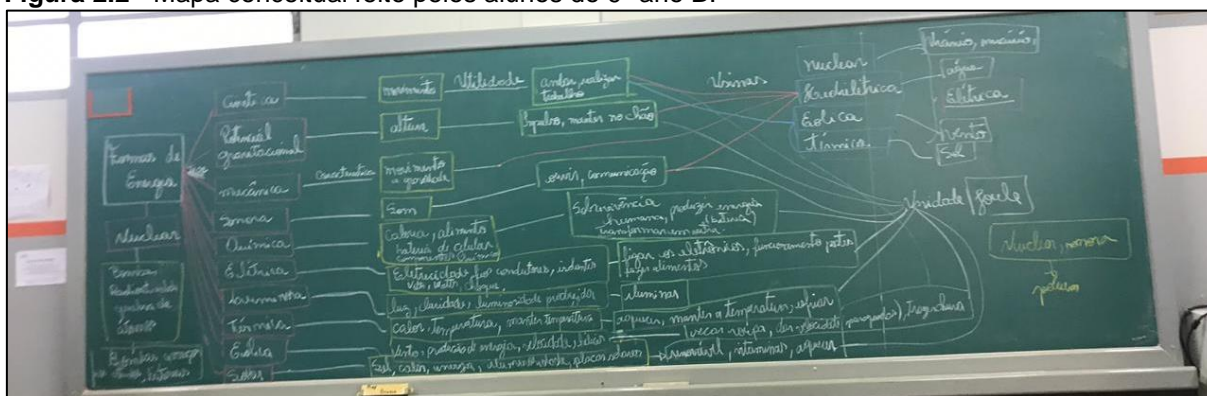
A primeira aula buscou identificar o nível de conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo de energia, uma tentativa de levantar os subsunçores dos estudantes para que posteriormente pudesse ocorrer a possibilidade de aprendizagem significativa, a partir da construção de um mapa conceitual em conjunto que se fez a partir dos questionamentos da professora.

Esperava-se que os alunos apresentassem os tipos de energias que estudaram anteriormente, como: energia cinética, potencial gravitacional, química, sonora, luminosa, entre outras e que conseguisse associá-las a situações ou conceitos, por exemplo, associar energia cinética com o movimento e velocidade, energia potencial gravitacional com altura, energia química com alimentos, pilhas, baterias e assim por diante.

A atividade contou com a participação de todos os alunos, que se mostraram empolgados e durante o processo discutiram e conversaram colaborando para construção do mapa conceitual que foi escrito pela professora no quadro, de acordo com as falas dos estudantes.

A Figura 2.2, mostra como ficou o mapa conceitual de uma das turmas. O mapa precisou ser encerrado devido ao término de 45 minutos de aula, porém os alunos continuavam participativos e queriam acrescentar mais informações ao mapa.

Figura 2.2 - Mapa conceitual feito pelos alunos do 9º ano B.



Fonte: arquivo da autora.

A segunda, terceira e quarta aulas tiveram por objetivo motivar os alunos, de acordo com o STEAM, esse seria o passo de engajamento que ocorreu por intermédio do filme: “O menino que descobriu o vento”. Os alunos foram informados no início da atividade que ao final teriam que responder um questionário.

Este filme é baseado em fatos reais e retrata a história comovente de um estudante do ensino fundamental, morador de uma cidade afastada dos grandes centros da África, onde não havia energia elétrica.

Diante de todas as diversidades como fome, ausência de recursos, expulsão da escola por falta de pagamento, políticas e cultura alienantes, ele observa o papel

de um dínamo, estuda e utiliza o fenômeno da produção da energia elétrica alternada para irrigar a lavoura e salvar sua comunidade da fome.

Pelo feito ganhou uma bolsa de estudos nos Estados Unidos, para fazer curso superior. Devido a extensão do filme, sua apresentação foi fragmentada como sugerida no Apêndice D.

A partir das observações feitas pelos estudantes, buscou-se elencar os conceitos físicos abordados no filme. Isso ocorreu a partir de uma discussão direcionada pela professora, explorando a situação econômica, a necessidade do conhecimento, o procedimento utilizado pelo menino para produzir o sistema de irrigação, os benefícios e malefícios das descobertas da ciência, reforçando a questão social e política da ciência, enfatizando também a ideia de que a produção da corrente elétrica segue o mesmo princípio físico do movimento relativo entre os ímãs e a bobina, esse movimento pode ser produzido pelo vento (eólica) pela água (hidrelétrica) pela fissão nuclear (nuclear).

A Figura 2.3, retrata o momento em que os estudantes assistiram parte do filme.

Figura 2.3 - Alunos assistindo o filme: O menino que descobriu o vento.



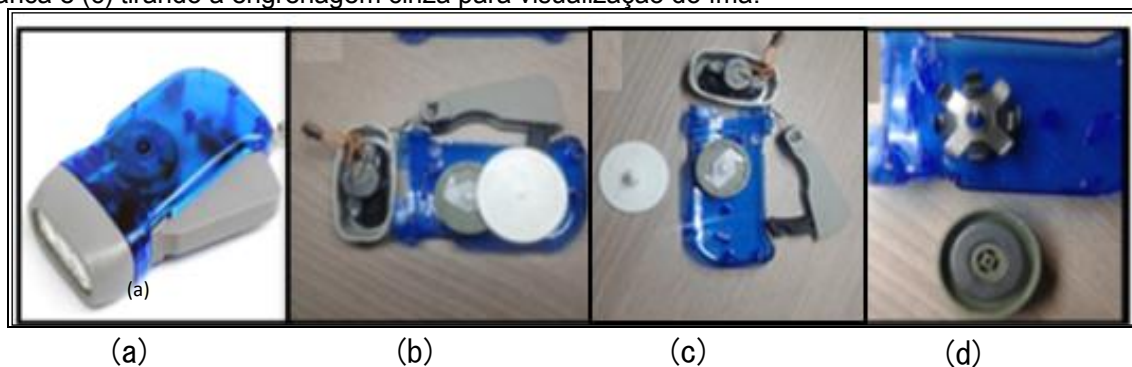
Fonte: arquivos da autora.

Como fechamento os estudantes foram submetidos a resolução de um questionário conceitual, uma avaliação diagnóstica para base dos assuntos das aulas seguintes (Apêndice A). Receberam as instruções para atividade da confecção da maquete, devido à necessidade de organização e aquisição de materiais.

Na quinta aula os alunos foram estimulados a utilizar a criatividade e resolver problemas elaborando hipóteses, por meio do passo intitulado exploração. Em grupo receberam uma lanterna, movida a dínamo, e uma chave de fenda. Receberam as instruções da atividade ficando livres para explorarem e responderem o questionário (Apêndice B).

A Figura 2.4 apresenta as imagens das partes do dispositivo, utilizado na realização da atividade.

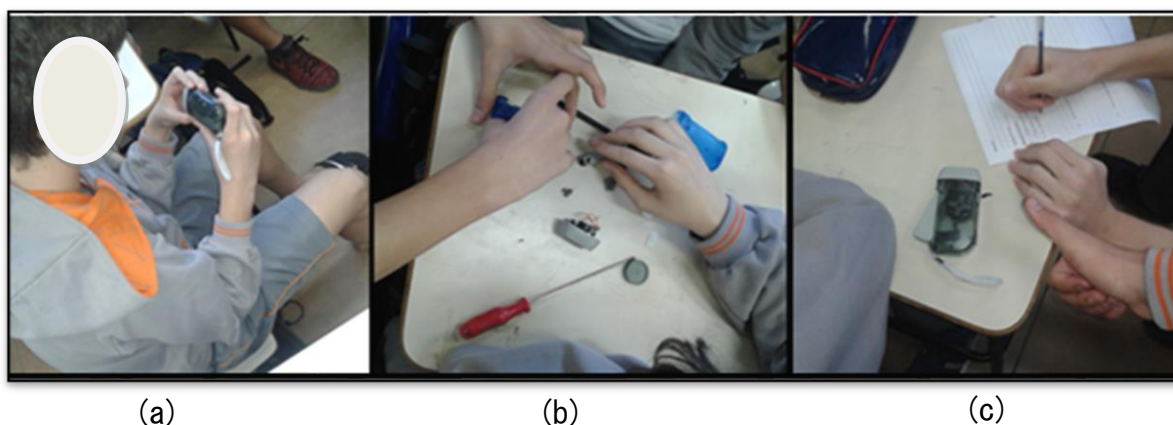
Figura 2.4 - Imagens fotográficas: (a) Lanterna de dínamo, (b) sem a tampa, (c) tirando a engrenagem branca e (c) tirando a engrenagem cinza para visualização do ímã.



Fonte: arquivos da autora.

A Figura 2.5 mostra o registro do desenvolvimento da atividade.

Figura 2.5 – Imagem fotográfica do desenvolvimento da atividade: (a) Aluno fazendo a lanterna ligar. (b) Alunos explorando a lanterna e (c) Alunos respondendo ao questionário.



Fonte: arquivos da autora.

Das aulas 6 a 12 os estudantes foram submetidos a compreender os conteúdos abordados na produção de energia elétrica de acordo com a proposta da UEPS. No

componente de Física abordou-se os conceitos físicos durante a produção da energia elétrica, em Geografia trabalhou-se os impactos ambientais durante a obtenção da energia elétrica e as resoluções de exercícios de consumo de energia, análises de gráficos, porcentagens de usinas no Brasil e no mundo, entre outros assuntos em Geometria.

Os alunos mostraram-se participativos, principalmente nos momentos em que foram trabalhados os impactos ambientais, o que mostra a preocupação dos estudantes com o meio ambiente. Também ficaram impactados com os trechos dos documentários que abordaram os acidentes de Chernobyl e do cézio 137, o que gerou grande discussão e questionamentos por parte dos discentes.

Nas aulas 13 a 16, em grupos, os alunos construíram uma maquete, o passo a ser atingido com está atividade foi o de elaboração. Com o auxílio da professora de Física e da professora de Artes os alunos confeccionaram, de acordo com a escolha, uma maquete representando a geração de energia. A escolha da usina foi feita pelos alunos. Após concluir a atividade, os trabalhos foram expostos e avaliados.

A Figura 2.6, apresenta o momento de realização da atividade:

Figura 2.6 - Imagem fotográfica do registro dos alunos construindo a maquete: a) Alunos construindo a maquete, b) Alunos elaborando a maquete, c) construindo a maquete, Professora auxiliando os alunos a conectar o *led* no motor.



Fonte: arquivos da autora.

Ao término da atividade os alunos apresentaram seus trabalhos para a professora e colegas em sala de aula e relataram, por meio da fala, o que acharam

da experiência e o que entenderam. A saber, no total foram feitas 13 maquetes, variando a quantidade de alunos participando na construção de cada uma, tendo como condição não ultrapassar a quantidade de 6 alunos por grupo.

Depois os alunos foram convidados a expor os trabalhos no pátio do colégio, para que os outros estudantes pudessem prestigiar e fazer perguntas sobre o funcionamento das usinas.

Os estudantes se mostraram confiantes neste processo, a coordenação e a professora de Artes avaliaram o trabalho de acordo com os requisitos propostos pela professora que presenteou os dois grupos vencedores (um de cada turma) com uma hora de boliche. O critério foi informado antecipadamente pela docente de Física que seria: criatividade, conseguir acender o *LED* e a habilidade na construção.

A imagem, Figura 2.7, apresenta o momento de exposição dos trabalhos no pátio do colégio.

Figura 2.7 – Imagem fotográfica do registro da exposição das maquetes pelos alunos da turma para os demais colegas do colégio.



Fonte: arquivos da autora.

Na Figura 2.8 mostra o registro do momento em que um dos membros, de uma das equipes, explica o funcionamento da usina eólica na maquete (uma das vencedoras).

Figura 2.8 – Imagem fotográfica de um dos alunos apresentando a maquete vencedora, os demais estão em pé atrás. No caso a usina eólica.



Fonte: arquivos da autora.

Por fim, na aula 17 os estudantes foram avaliados completando o quinto passo da metodologia. Os alunos fizeram um mapa conceitual a partir do tema “energia elétrica”, para facilitar e direcionar, foi entregue um esboço para ser completado pelos estudantes (Apêndice C).

RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Serão apresentados neste capítulo os resultados e análises dos mesmos obtidos durante a aplicação da UEPS. A análise seguirá a ordem das aulas, assim como a ordem dos questionários aplicados.

3.1 QUESTIONÁRIO

Dos 60 alunos, total das duas turmas, faltaram, na exibição do filme, o correspondente a 10% do total, por este motivo estes estudantes não conseguiram responder ao questionário, ficando fora do processo de avaliação para o UEPS.

Antes de responder a atividade os alunos foram levados a relembrar fatos, que assistiram no filme, na aula anterior, de forma oral, questionaram a professora para sanar as dúvidas e só após responderem ao questionário.

Nas **questões 1 e 2** as respostas foram avaliadas de forma qualitativa, nestas duas alternativas avaliou-se a vontade de responder as questões por se tratar de perguntas relacionadas diretamente ao que aconteceu no filme.

Na Figura 3.1, temos a representação dos alunos que participaram da atividade.

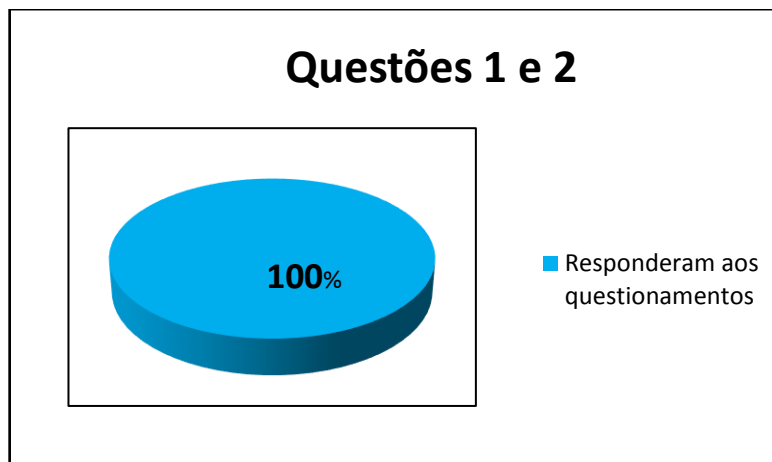
Figura 3.1 - Gráfico mostrando o percentual dos 60 alunos que assistiram ao filme e participaram da pesquisa qualitativa.



Fonte: autora.

Na Figura 3.2, apresenta-se o percentual de alunos que participaram da atividade e responderam ao questionário.

Figura 3.2 - Gráfico mostrando o percentual de alunos que assistiram ao filme e participaram da pesquisa qualitativa, respondendo as questões 1 e 2 do questionário, de forma coerente com o conteúdo.



Fonte: autora.

Logo, dos alunos que assistiram ao filme, 100% responderam as questões que estavam relacionadas ao filme realizando a atividade. Argumentaram e tiveram vontade de responder, mostrando que prestaram atenção na exibição, o que nos leva a validar a importância do uso de mídias em sala de aula, desde que ocorra de forma direcionada.

Na **questão 3:** *“O garoto montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformação de energia que aconteceram no processo.”*, analisou-se as respostas a partir da construção de uma tabela dividida em 3 grupos principais e 3 grupos secundários, de acordo com as respostas apresentadas pelos alunos:

-Grupo 1: o que se tinha inicialmente era a energia eólica, cinética devido ao movimento das hélices ou mecânica (movimento e altura ao mesmo tempo).

-Grupo 2: termos relacionados à energia eletromagnética, indução, ímã, gerador, bobina.

-Grupo 3: Energia elétrica, bateria.

-Grupo secundário 1 - Sem conexão com o assunto: neste foi acrescentado respostas que não apresentavam interpretação, como frases do tipo, não sei, não

lembro, ou que apenas descrevesse os materiais utilizados como cano de pvc, pneu de bicicleta.

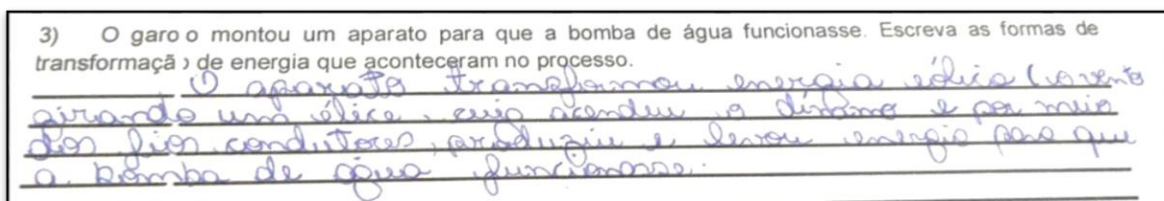
-Grupo secundário 2- Conectada ao assunto, sem usar os termos estipulados nos grupos 1 a 3, neste foram computadas as respostas que mostravam que o aluno conseguiu observar o processo, porém apresentou em uma linguagem mais simples, como: “*girou o cata-vento e isso fez ligar a bomba de água que puxou a água para regar as plantas*”.

-Grupo secundário 3 - Em branco: alunos que não responderam à questão.

A seguir serão apresentados exemplos de respostas elaboradas pelos alunos. Na Figura 3.3, temos a resposta de uma aluna que conseguiu relatar como ocorreu o processo, mesmo não tendo estudado o funcionamento de um dínamo, produção de energia elétrica, fios condutores, conseguiu perceber sua importância no processo.

Relatou que o vento fazia as hélices girarem e que a partir deste movimento acontecia algo no dínamo (escreveu que acendeu, devido ao desconhecimento do dispositivo) e que nos fios condutores se produziu a energia (no caso elétrica) para fazer a bomba de água funcionar, mesmo os conceitos não estando bem formulados, pode-se perceber que a aluna estava atenta ao que ocorreu no filme.

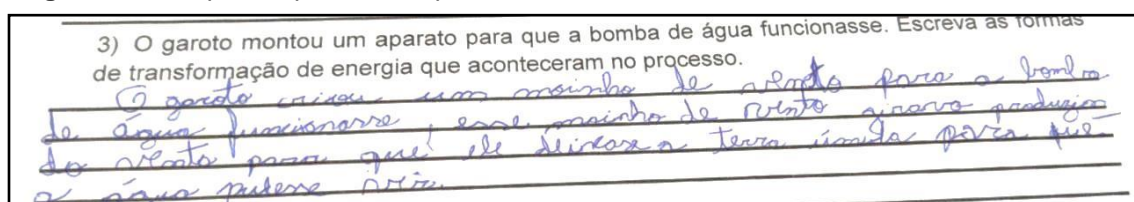
Figura 3.3: Resposta apresentada pela aluna X.



Fonte: arquivo pessoal.

Na Figura 3.4 temos o exemplo de um aluno, que apesar de saber o que o menino fez, não conseguiu relacionar com a produção de energia, mostra a dificuldade na compreensão do fato ocorrido.

Figura 3,4: Resposta apresentada pelo aluno Y.



Fonte: arquivo pessoal.

Na Figura 3.5 temos o exemplo de um aluno que não compreendeu o que de fato a questão pedia, ele detalhou o que foi utilizado na construção, alguns objetos que conseguiu lembrar, porém não falou da transformação de energia em si.

Figura 3.5 - Resposta apresentada pela aluna Z.

3) O garo o montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformaçã de energia que aconteceram no processo.

Um menino: ele usou o como de PVC, usou a corrente da bicicleta, dinamô etc.

Fonte: arquivo pessoal.

Para finalizar os exemplos, na Figura 3.6 apresenta-se a resposta de uma estudante que conseguiu observar a transformação de energia que aconteceu de forma parcial, porém interpretou o que a questão queria e respondeu adequadamente.

Figura 3.6 - Resposta apresentada pela aluna W.

3) O garo o montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformaçã de energia que aconteceram no processo.

Ele montou um cataventô que transforma a energia eólica em energia elétrica.

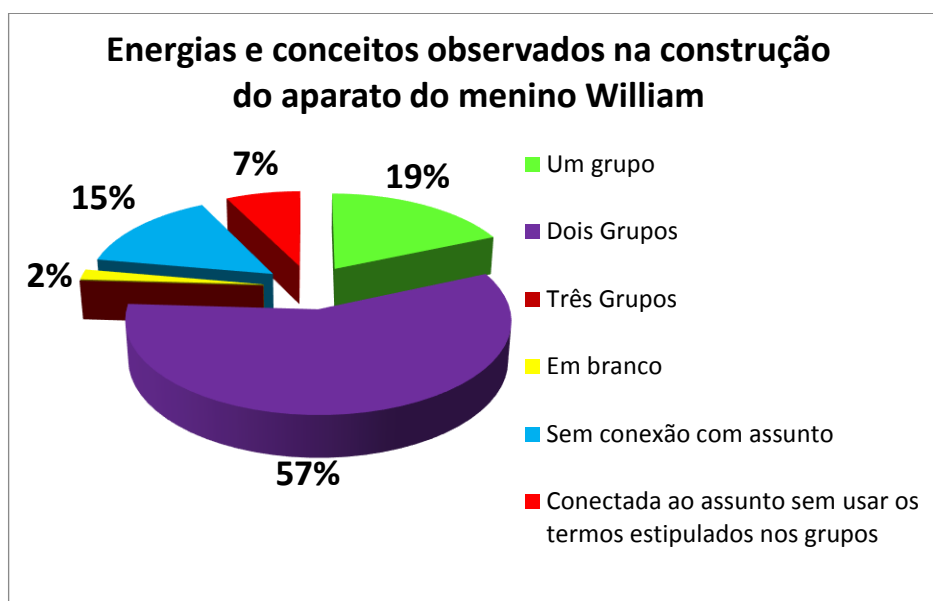
Fonte: arquivo pessoal.

Na Figura 3.7 têm-se os resultados da análise feita com os 54 alunos que assistiram ao filme. Analisou-se que 57%, conseguiram identificar pelo menos uma transformação, o correspondente a assinalar itens de dois grupos diferentes. A maioria conseguiu associar a energia eólica se transformando em elétrica.

O percentual de 19 % dos alunos percebeu uma ou mais energias relacionadas a um dos grupos, como energia eólica e energia cinética. Já 15% dos alunos não conseguiram relacionar a resposta com a questão, apresentando dificuldade de interpretação ou mesmo uma defasagem em conceitos.

Um percentual de 7% respondeu de forma conectada com o assunto, sem utilizar a palavra energia, por fim, 2% dos alunos não responderam à questão deixando-a em branco.

Figura 3.7 - Gráfico mostrando a análise das respostas dos 54 alunos para questão 3.



Fonte: arquivos da autora.

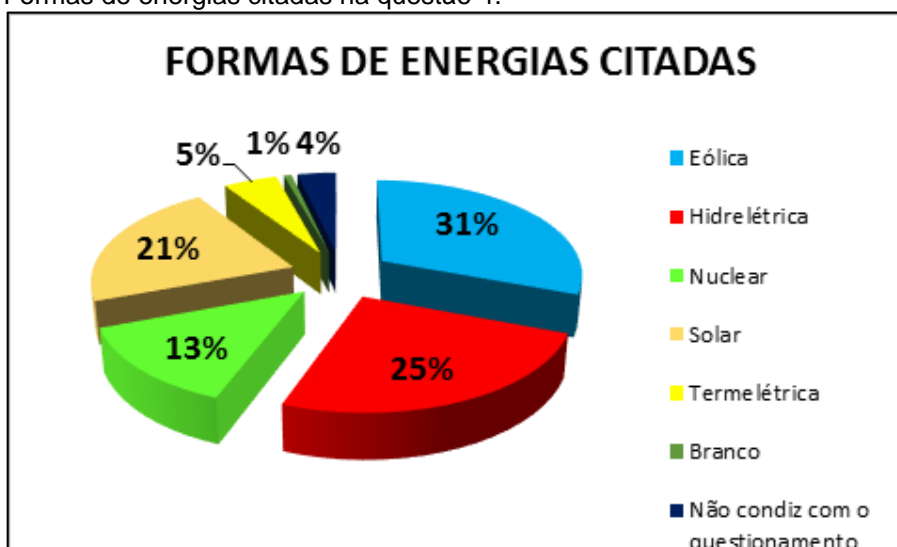
Além das observações feitas, de acordo com a separação em grupos, representadas na figura 3.7, observou-se também que 37% dos alunos, preencheram outro campo nomeado como “outros”, que não foi incluído no gráfico:

- Outros: neste grupo alguns alunos citaram outras energias que haviam estudado, porém que não foram enfatizadas no filme, meios de produção de energia e até mesmo objetos, que apesar de não saber explicar o funcionamento acreditaram ser importante no processo, tais como: energia luminosa, energia química, energia solar, energia sonora, energia térmica, hidrelétrica, fios condutores, dínamo. Destaca-se aqui que 7 alunos acharam importante a presença do dínamo no processo, porém em nenhuma das respostas mostraram conhecer o seu funcionamento. Além disso, 2 alunos citaram ter “energia hidrelétrica”, por envolver uma bomba de água na situação.

Na **questão 4**, a partir do questionamento: “No filme o sucesso do garoto foi descobrir um meio de produzir energia elétrica. Quais são as formas de produzir energia elétrica que você conhece ou já ouviu falar?”

A partir das análises construiu-se o gráfico representado na Figura 3.8, para verificar quais as energias mais citadas pelos estudantes.

Figura 3.8 - Formas de energias citadas na questão 4.



Fonte: arquivos da autora.

A forma de se produzir energia mais citadas pelos estudantes foi a energia eólica, coincidentemente a que foi apresentada no filme, sendo igual a 31%, o que corresponde a 43 vezes do total de energias citadas, é importante ressaltar que os alunos podiam apresentar mais do que uma forma de se produzir energia elétrica, por este motivo a análise foi feita em cima do total de energias apresentadas. Em seguida a mais recorrente foi à produção da energia por meio de hidrelétricas, um total de 25%, por usinas solares 21%, usina nucleares 13%, termelétrica totalizaram 5%. Houve respostas em branco e respostas que não se enquadraram no questionamento, percebe-se novamente a dificuldade de interpretação.

Questão 5: “No filme o menino faz um rádio funcionar juntando mais pilhas do que o recomendado pelo fabricante do rádio. Para que o rádio funcione é necessário passar por ele corrente elétrica, o que você entende por corrente elétrica?”

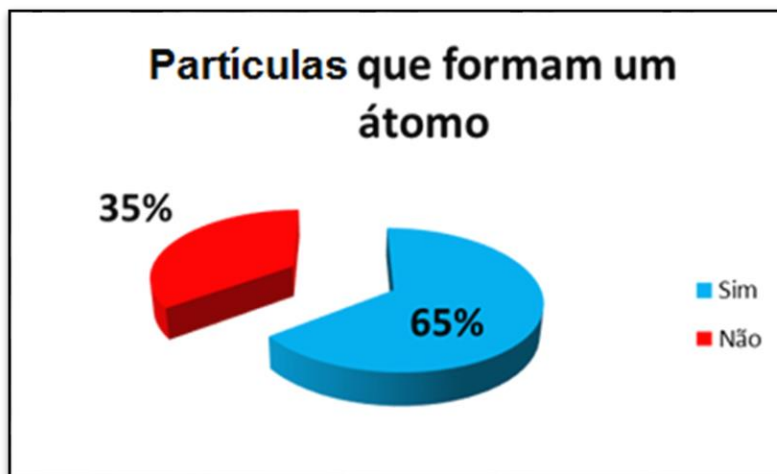
Não analisamos separadamente esta questão, visto que até o presente momento da aplicação, os alunos não haviam estudado a definição de corrente elétrica, o que se analisou nesta alternativa foi que mesmo sem saber ao certo a definição, todos os estudantes responderam, errado ou não, tiveram a iniciativa e tentaram explicar de acordo com o que acreditavam ser uma corrente elétrica.

Na **questão 6:** “Um átomo é composto basicamente por 3 partículas, assinale o nome delas”.

Verificou-se o conhecimento dos estudantes a respeito das partículas que formam um átomo, por ser um assunto que já tinham estudado em química, dando-

nos a crença de que todos já teriam o conhecimento formado. A resposta estaria correta (completa) se o aluno assinalasse dentre várias opções prótons, elétrons e nêutrons. Na Figura 3.9 temos os resultados obtidos na questão 6.

Figura 3.9 - Resultados da análise da resposta correta referente ao nome das partículas que formam um átomo.



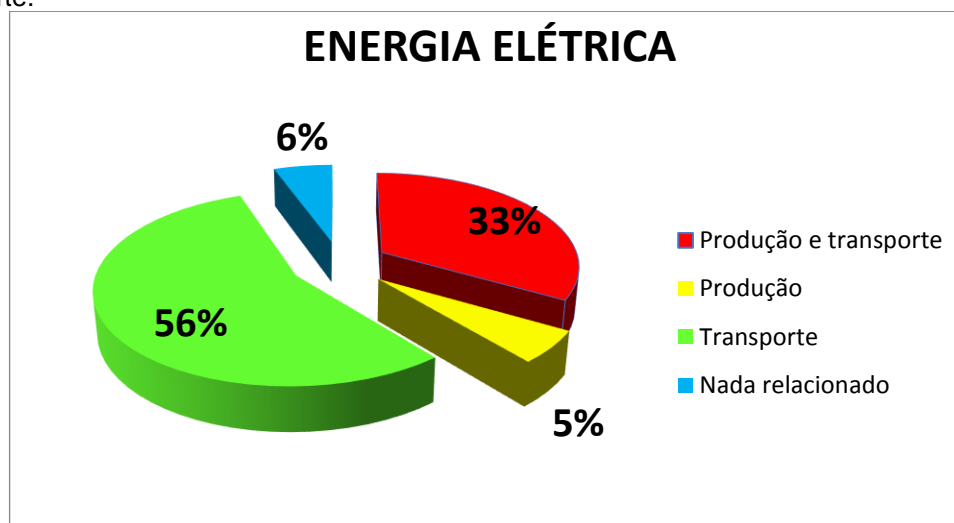
Fonte: arquivos da autora.

Observou-se que 65% dos estudantes lembraram os nomes das partículas que formam basicamente um átomo, e 35% erraram um dos nomes pelo menos, vale ressaltar que a maioria assinalou além das partículas, prótons, elétrons e nêutrons, a palavra núcleo, o que mostra a dificuldade em separar conceitos e de interpretar o que o enunciado do exercício pediu.

Podemos de acordo com a TAS acrescentar que não ocorreu, em grande parte dos alunos, uma aprendizagem significativa, a qual necessita fazer uma ancoragem com o conhecimento do aluno, pode ser que o mesmo tenha aprendido de forma mecânica e não conseguiu de fato entender o que decorou.

Na **questão 7** analisou se o aluno compreende como a energia elétrica chega até sua casa, na Figura 3.10, apresenta-se a visão dos alunos a respeito da produção e transporte da energia elétrica.

Figura 3.10 – Resultado da análise das respostas da questão 7 – referente a Energia elétrica- produção e transporte.



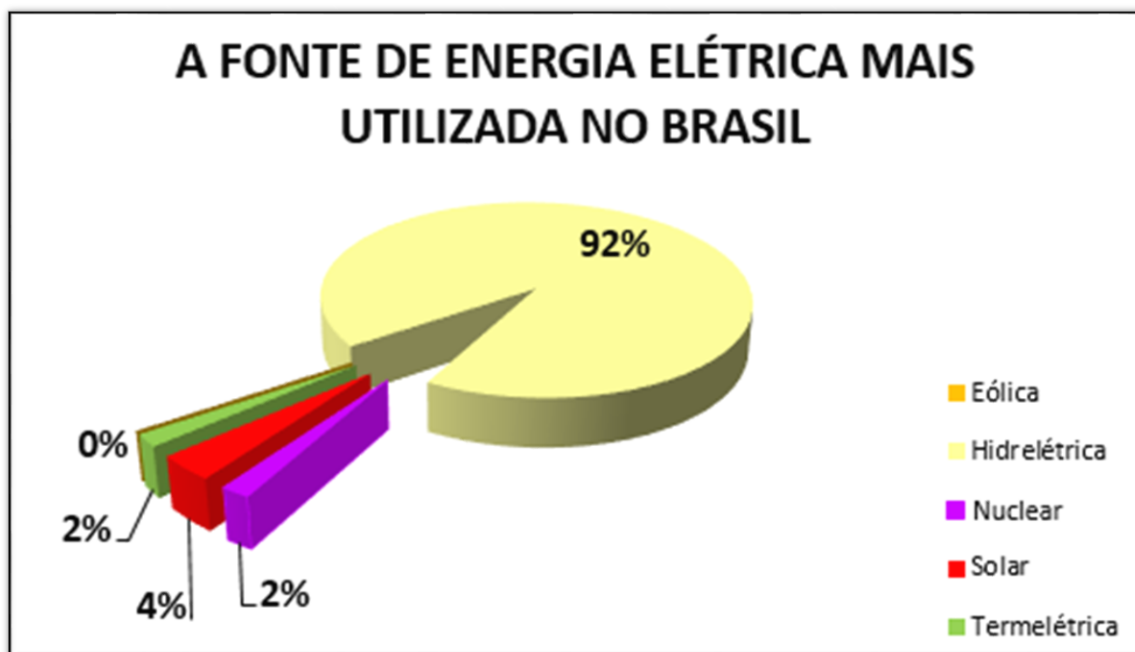
Fonte: arquivos da autora.

Nas análises das respostas apresentadas na Figura 3.12, 56% dos alunos disseram que a energia elétrica chega as suas casas a partir de fios condutores. Teve ainda um pequeno grupo, que foi mais além, dizendo que ela vem da COPEL (Companhia Paranaense de Energia), ou seja, local em que ocorre a produção, transporte, venda ou entrega da energia elétrica, que foi gerada nas hidrelétricas e que é distribuída através dos fios fixados nos postes. Um percentual de 33% respondeu que a energia é produzida em usinas e chega até a residência através de fios condutores, 5% apresentou apenas a produção que ocorre em usinas e não descreveu como chega da usina até a população e 6% escreveram respostas desconectadas com a pergunta.

Na **questão 8**, os alunos foram levados a responder qual seria a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil.

Na Figura 3.11, apresentam-se as respostas dos alunos em relação à fonte de energia elétrica mais utilizada no país.

Figura 3.11 – Análise das respostas dos alunos sobre a questão 8 que trata da fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil.



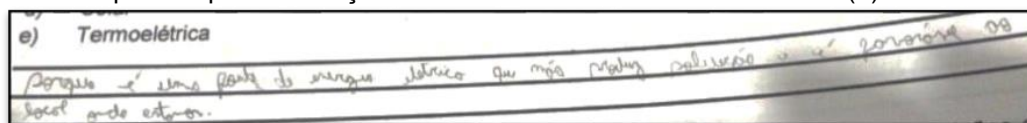
Fonte: arquivos da autora.

Conforme se pode observar na Figura 3.11, do total de alunos, 92% afirmaram que a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil é a hidrelétrica. A justificativa de maior incidência das 52 citadas foi a abundância do seu recurso, visto que há quantidade grande de água.

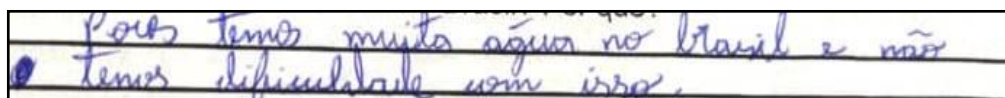
Outras justificativas se deram por se tratar de uma fonte limpa, renovável, e segura, isso quando eles compararam com os acidentes envolvendo radioatividade. Tiveram 2 alunos que não deram justificativas e 8 alunos disseram que no Brasil já tem várias, 1 aluna disse não conhecer outro tipo de se produzir energia, e 1 aluno justificou que a usina hidrelétrica serve para filtrar a água. O equivalente a 4% dos alunos citaram as usinas solares, as justificativas foram: o clima quente, fonte limpa, o custo econômico para sua construção ser grande, mas ainda assim acreditam ser a mais utilizada por se tratar de uma fonte renovável. As usinas nucleares e termelétricas tiveram 2% dos votos cada, as justificativas não foram apresentadas, e teve alunos que deram justificativas incoerente, contabilizando um total de 4 alunos.

Nas Figuras 3.12 (a) e (b), apresentam-se exemplos de respostas dadas pelos alunos para questão 8.

Figura 3.12 - Exemplos de respostas da questão 8: (a) aluno K – transcrição: “porque é uma parte da energia elétrica que não produz solução e é favorável ao local onde estamos.” (b) aluno L.



(a)



(b)

Fonte: arquivos da autora.

Por fim, na **questão 9**, os alunos foram instigados a dar a opinião sobre duas possíveis usinas a serem construídas, eles podiam justificar pensando no município de Maringá ou a nível de Brasil. Se possível ainda acrescentar um benefício e um malefício, e se teria algum impacto ambiental.

A mais citada pelos alunos foi para serem construída novas hidrelétricas, as justificativas mais repetidas foram que a fonte, no caso água, é abundante no país, por se tratar de uma usina limpa, segura e barata. Houve justificativas que ela não produz lixo (tóxico). Além disso, dos 32 alunos que a citaram, 5 apresentaram como malefício a destruição de regiões para suas construções, a necessidade de desocupação das famílias, as espécies de animais e plantas que deixariam de existir durante o processo de construção.

A segunda mais mencionada foram as usinas eólicas, por serem limpas, renováveis, seguras e não produzirem lixo. Como malefícios apresentaram o custo alto para construção, o barulho produzido, destruição de regiões para construção, e a possibilidade de matar pássaros ao passar por perto das hélices.

Seguidamente vem a usina solar, a justificativa foi que no Brasil (tiveram 2 argumentos que em Maringá) é muito quente, logo tem muito “sol”, a incidência da energia solar e isso seria algo positivo, já que a fonte necessária seria o sol que é renovável e inesgotável. Como malefícios apresentaram que sua construção é muito cara, causa danos ao ambiente, e que a noite não funcionaria por que não tem “sol”.

Enquanto que 16 alunos referiram-se as usinas nucleares com argumentos positivos, que há grandes cientistas que estudam e se dedicam a esta área, e como ponto negativo apresentaram a produção de lixo radioativo.

Apresentam-se exemplos de respostas dos estudantes para questão 9 nas Figuras 3.13 (a), (b) e (c).

Figura 3.13 – Exemplos de respostas para a questão 9: (a) aluno A – transcrição: “Usina hidroelétrica e eólica que não geram tanta contaminação, pois se tomamos como exemplo a energia nuclear pode criar acidentes devastadores no mundo. O ruim é a energia eólica já que, se não existem ventos fortes a energia não vai ser tão forte. O bom é que no Brasil existem muitas forças de vento constante. A hidroelétrica o bom é que não pode acabar e é muito boa, já que pode ser reutilizada.” (b) aluno B – transcrição: “Eu acho que a usina hidrelétrica no Brasil seria a mais viável, pois a [CIC] muitos rios em nosso país e um malefício [CIC] é [CIC] os gastos para construir essa usina, eu acho que não pode ocasionar impactos ambientais. Eu acho que a eólica também seria possível, pois em lugares com muito vento no Brasil geraria muita energia e um malefício [CIC] seria que poderia causar desmatamento na natureza e outro malefício [CIC] são os gastos para comprar ou construir essa turbina eólica [sic]”, e (c) aluno c – transcrição: “Usina hidrelétrica, Usina Nuclear Hidrelétrica B: transforma água em energia, n=acaba com a vida no rio Nuclear B: produz radiação, n=se ela explodir todas as pessoas da região morrerão ou terão doença ou alguma mutação.”

Usina hidroelétrica e eólica que não geram tanta contaminação, pois se tomamos como exemplo a energia nuclear pode criar acidentes devastadores no mundo. O ruim é a energia eólica já que, se não existem ventos fortes a energia não vai ser tão forte. O bom é que no Brasil existem muitas forças de vento constante. A hidroelétrica o bom é que não pode acabar e é muito boa já que pode ser reutilizada.

(a)

ela pode causar grandes impactos ambientais. Eu acho que a usina hidrelétrica no Brasil seria a mais viável, pois a [CIC] muitos rios em nosso país e um malefício [CIC] é [CIC] os gastos para construir essa usina, eu acho que não pode ocasionar impactos ambientais. Eu acho que a eólica também seria possível, pois em lugares com muito vento no Brasil geraria muita energia e um malefício [CIC] seria que poderia causar desmatamento na natureza e outro malefício [CIC] são os gastos para comprar ou construir essa turbina eólica.

(b)

Usina Hidrelétrica, Usina Nuclear
Hidrelétrica B: transforma água em energia, n= acaba com a vida no rio
Nuclear B: produz radiação. n= se ela explodir todas as pessoas da região morrerão ou terão doença ou alguma mutação.

(c)

Fonte: arquivos da autora.

3.2 ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO

A Figura 3.14 apresenta o momento de exploração dos alunos ao manusearem a lanterna e interação com os colegas e com a professora ao realizar a atividade.

Figura 3.14 - Imagem fotográfica dos alunos explorando a lanterna, montando e desmontando: (a) aluno explorando partes do dispositivo, (b) Interação dos alunos, (c) Aluno explorando o funcionamento da lanterna e (d) aluno respondendo questionário referente à atividade.



(a)

(b)

(c)

Fonte: arquivos da autora.

Analisou-se esta atividade de forma geral, pois tinha como objetivos propostos: a motivação, discussão, estimulação a criatividade, imaginação, comunicação e colaboração, e todas foram atingidas. Além disso, foi possível verificar que todos os alunos responderam adequadamente ao questionário relacionando a maioria dos componentes que faziam parte da lanterna e que ela se comportava como um dínamo.

3.3 AVALIAÇÃO

A forma de avaliar, para saber se houve aprendizagem por parte dos estudantes, a partir das explicações durante a UEPS, ocorreu a partir da construção de outro mapa conceitual.

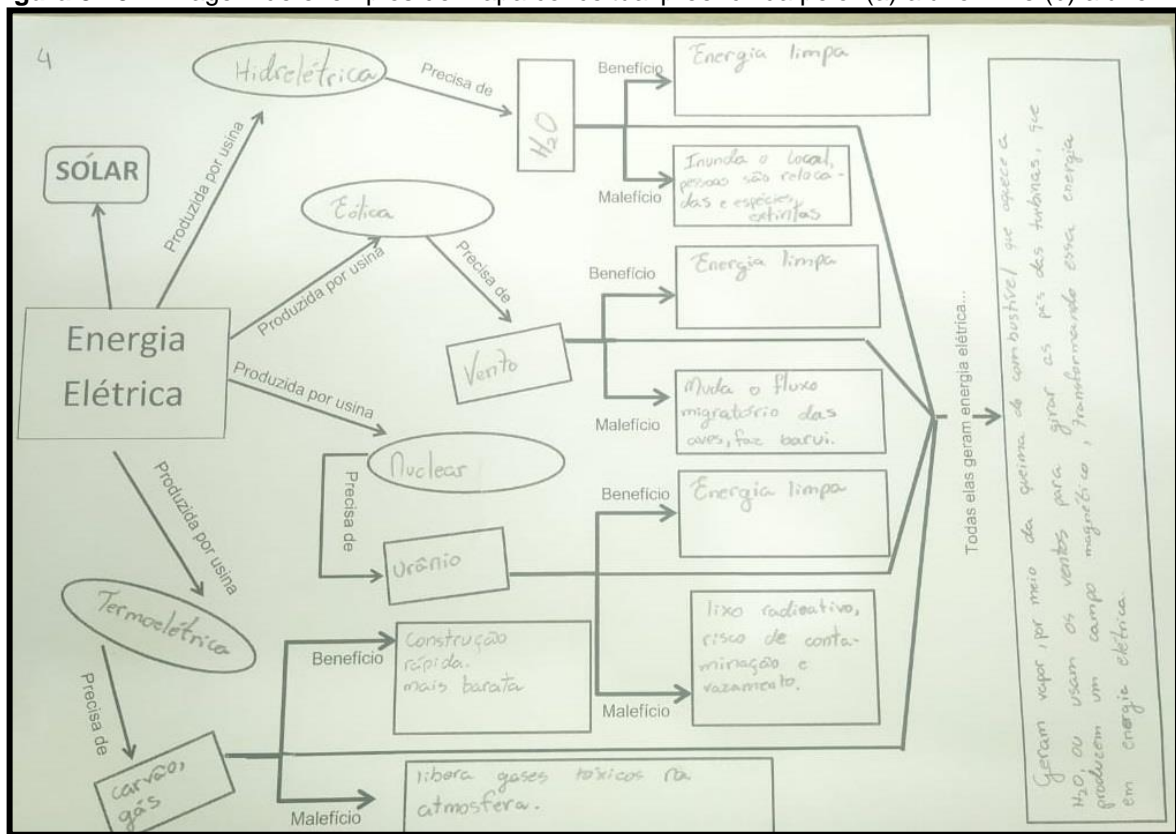
O mapa foi entregue impresso aos estudantes que deveriam, a partir das ligações propostas, preenchê-lo. Optou-se por este modelo por se tratar de alunos do 9º ano, que apresentam insegurança em momentos avaliativos, e para ajudá-los na compreensão de como ocorre o processo de produção de energia elétrica.

Verificaram-se quais os nomes das usinas que produzem energia elétrica,

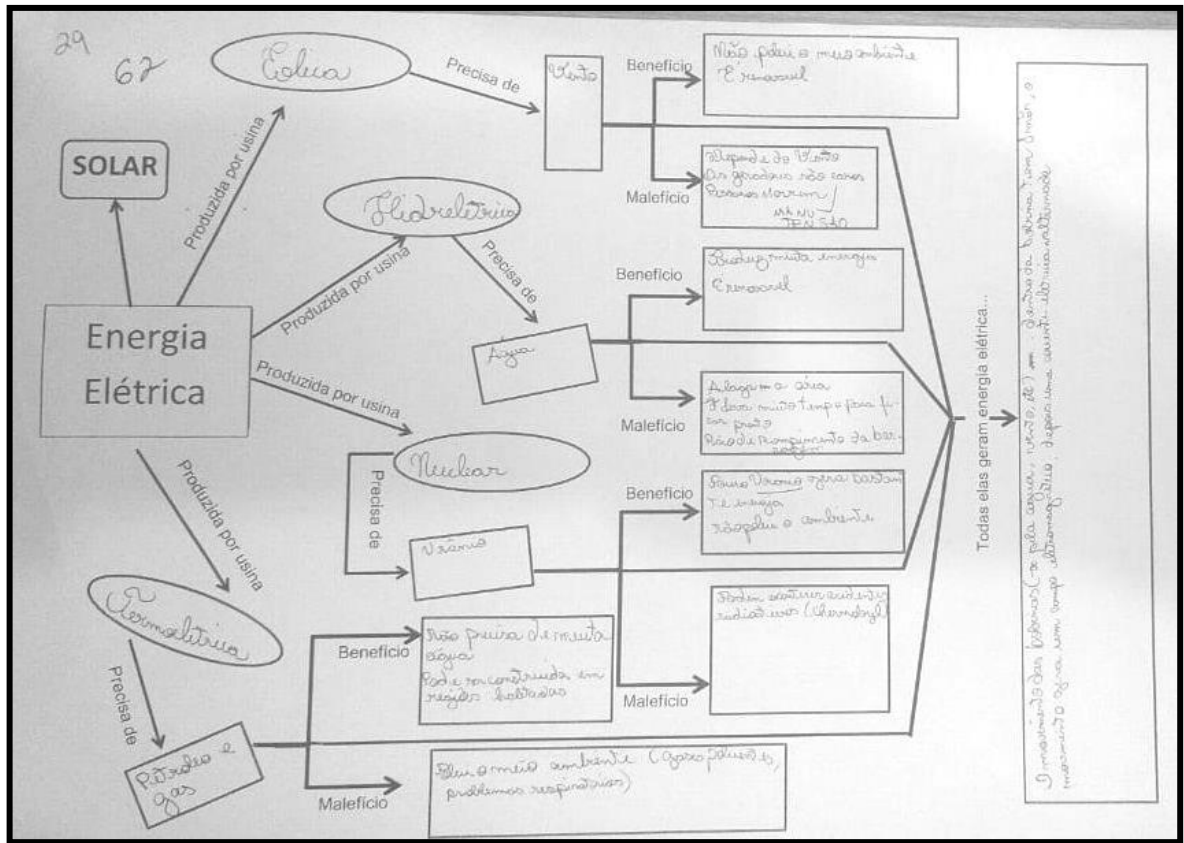
focando nas que produzem corrente elétrica do tipo alternada, nos combustíveis utilizados por cada uma. Em seguida, quais seus benefícios e malefícios, afunilando para como geram energia elétrica, mesmo o processo inicial sendo diferente, seja a partir do movimento de uma hélice ou turbina para que todo processo ocorra gerando uma variação do campo magnético, como constatado pela lei de indução Faraday-Lenz.

A seguir, Figura 3.15 (a) e (b) apresentam-se exemplos de mapas conceituais feitos pelos alunos, como forma de avaliação. O modelo do mapa em branco está no apêndice C.

Figura 3.15 – Imagem de exemplos de mapa conceitual preenchida pelo: (a) aluno XX e (b) aluno YY.



(a)



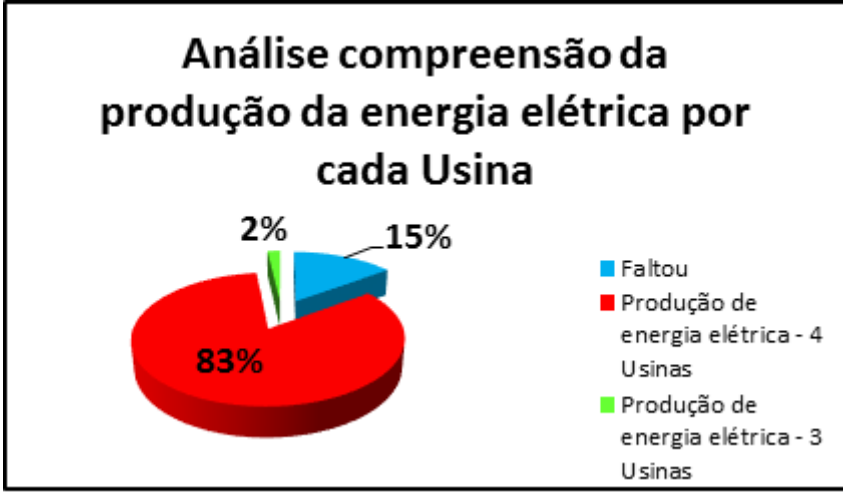
(b)

Fonte: arquivos da autora.

Na análise do mapa conceitual avaliativo descartaram-se os alunos que não participaram do questionário no início, para que assim pudesse de fato observar se houve aprendizagem ou não durante o processo, de acordo com a TAS de Ausubel.

A Figura 3.16, apresenta uma análise de quantos alunos preencheram de forma correta o nome das usinas utilizadas para produzir energia elétrica.

Figura 3.16 - Percentual de alunos que conseguiram nomear as Usinas trabalhadas na UEPS.



Fonte: arquivos da autora.

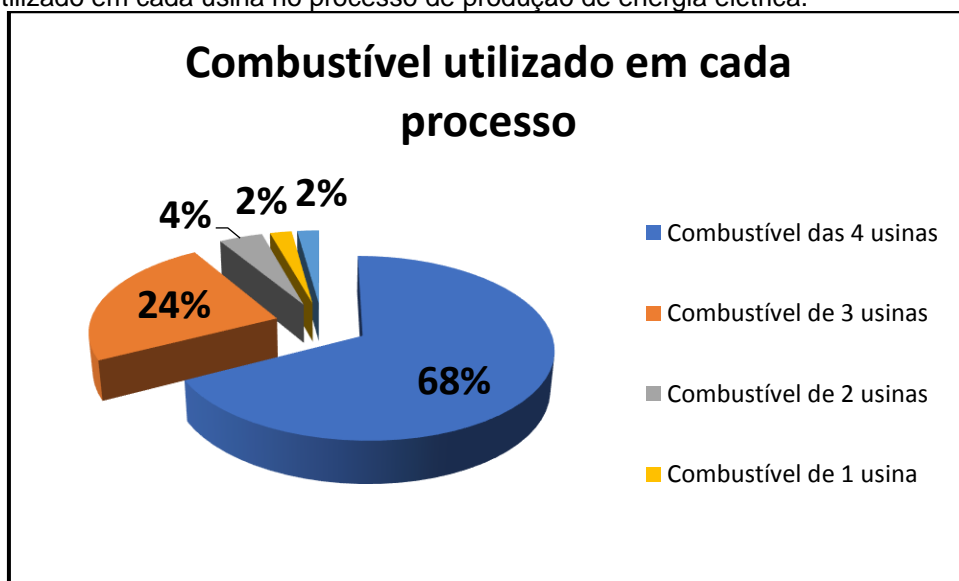
Pode-se observar que do percentual de participantes da UPES, 15% dos alunos não participaram desta atividade, devido à ausência na data da avaliação.

O percentual de 83% dos alunos participantes conseguiu nomear as 4 usinas estudadas: Eólica, Hidrelétrica, Nuclear e Termelétrica. Apenas 2% não conseguiu, nomeando 3 delas e repetindo no espaço vazio a opção solar, ficando repetido já que a mesma fora dada preenchida no modelo, visto que o foco do nosso estudo era não incluí-la.

Após, analisou-se qual o principal combustível utilizado no processo durante a produção de energia elétrica, em cada uma das usinas nomeadas.

Na Figura 3.17, apresenta-se a quantidade de respostas corretas dadas pelos alunos. Sendo que para a usina Nuclear a resposta aceita seria o urânio ou o urânio enriquecido, e para as Termelétricas seriam o bagaço de diversos tipos de plantas, restos de madeira, óleo combustível, óleo diesel, gás natural, e carvão natural.

Figura 3.17 - Este gráfico apresenta a análise das respostas dadas pelos estudantes a respeito do combustível utilizado em cada usina no processo de produção de energia elétrica.



Fonte: arquivos da autora.

O próximo tópico foi analisado à apresentação dos benefícios e malefícios que cada usina apresenta, dos 46 estudantes apenas 3 deixaram algum tópico sem preencher.

Apresenta-se primeiramente os benefícios e em seguida os malefícios:

- Usinas termelétricas: rápida construção, combustível natural, não necessitar de grandes áreas para construção, poder ser construída em regiões habitáveis,

saída para lugares que não é possível ter uma usina hidrelétrica. Como pontos negativos os impactos ambientais, doenças respiratórias, contribuir para o efeito estufa, liberação de gases na atmosfera, combustível não é renovável, poluição visual.

- Usinas Eólicas: não polui o ambiente, energia limpa, não produz gases do efeito estufa, energia renovável. Os pontos negativos destacados foram a poluição visual, poluição sonora, alterar a migração dos pássaros.
- Usinas Hidrelétricas: energia limpa, renovável, não possui gases do efeito estufa, não gera lixo tóxico. Como ponto negativo apresentou-se que o local de sua construção tem que ser inabitável, o que gera desocupação da região, causa extinção de algumas espécies de peixes e plantas, pode causar acidentes como inundação.
- Usinas Nucleares: pouco combustível gera quantidade grande de energia, não produzem gases que colaboram para o efeito estufa, energia limpa. Como fatores negativos responderam o risco de acidentes nucleares, lixo radioativo, e o valor elevado para se obter urânio enriquecido.

Para finalizar, no último tópico, analisou-se o que essas usinas tinham em comum, como cada uma delas gerava energia elétrica. Os alunos apresentaram que o início do processo, apesar de diferente e utilizarem diversos combustíveis, a partir da força da água, ou do vapor de água gerado nas caldeiras, fissão nuclear ou do aquecimento utilizando carvão ou outros combustíveis ou ainda a velocidade dos ventos, que movimentam pás ou hélices, que possuem um gerador de energia elétrica tem a mesma finalidade: gerar corrente elétrica.

Ainda explicaram que dentro do gerador há uma bobina, dentro da bobina há um ímã e o movimento desse ímã gera uma variação no campo magnético, (lei de indução de Faraday-Lenz) o que gera uma corrente elétrica do tipo alternada.

Do total de alunos três não preencheram este campo, seis alunos não explicaram como ocorre o processo, afirmaram que o comum nas usinas é a geração de corrente elétrica do tipo alternada e um aluno respondeu que o que tem em comum é a energia cinética.

Como o trabalho contou com a colaboração de outros componentes curriculares, a avaliação de Geografia foi incluída com a de Física, a de Geometria foi

avaliada pela docente responsável deste componente curricular, durante as aulas e a participação dos alunos, por isso não foi abordada nessa dissertação. A de Artes foi avaliada por meio da exposição dos alunos para o colégio, juntamente com análise da avaliação de Física, inclusive, como incentivo, com o mérito do prêmio de melhor maquete, segundo os critérios informados aos alunos antes da execução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizou-se de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), visando auxiliar o docente e o estudante no processo ensino-aprendizagem de forma significativa, sobre a produção de energia elétrica, a partir das transformações de energia que ocorrem em usinas, levando-se em consideração a abordagem STEAM e a visão da teoria de aprendizagem significativa (TAS) proposta por David Paul Ausubel.

Buscou-se realizar uma sequência de atividades embasadas na utilização do conhecimento prévio dos alunos, chamados de subsunçores e de atividades práticas em que o estudante se colocou no centro do processo de aprendizagem, passando de apenas um espectador a um ser ativo, e o professor como mediador do processo de ensino.

As atividades práticas mostraram-se eficientes e motivadoras para que os conceitos físicos dos fenômenos ocorridos fossem questionados, observados e com melhor compreensão, aproximando-os do conteúdo, até então pouco entendido ou trabalhado de forma alternativa a tradicional, o que se pôde verificar durante os momentos em que os estudantes puderam manusear objetos e construir mapas ou a maquete, a partir das atividades sugeridas na proposta didática presente nesta dissertação.

A interdisciplinaridade ocorrida com a Matemática (por meio da geometria), Geografia e Artes foi importante durante o planejamento das atividades e para o enriquecimento da teoria, que seria apresentada aos estudantes por meio da resolução de exercícios, informações com considerações ambientais e a sensibilidade artística, uma vez que se possibilitou um trabalho com abordagem voltado a lógica conceitual de Física do mundo, sem ignorar a importância da Matemática, Geografia e Artes, ou seja, da contribuição dos outros componentes curriculares para que o aprendizado ocorresse de forma ampla e diversificada. É importante ressaltar que este trabalho pode ser voltado para outros componentes curriculares, embora o foco principal aqui tenha sido a da Física, porém, aproveitou-se a possibilidade de enriquecer seu desenvolvimento, ampliando as discussões e a visão dos alunos como sociedade e sensibilidade.

Das dificuldades apresentadas pelos estudantes, uma das questões em destaque foi da interpretação dos questionários escritos, pois nestes momentos eles tinham que ler e interpretar sozinhos elaborando uma resposta lógica e seguir uma ordem para formular a explicação, a defasagem de vocabulário ao tentar explicar as situações físicas observadas também se destacou.

Os alunos puderam ter contato com uma metodologia diferenciada, que possibilitou por meio da interdisciplinaridade a compreensão de conceitos e uma aprendizagem significativa. A metodologia STEAM vem ganhando espaço em países desenvolvidos e também em escolas profissionalizantes no Brasil, além de editoras.

A partir das análises das respostas dos estudantes, por meio da fala e de questionários ao longo do processo, foi notável os vários pontos importantes que aproximou a presente proposta com o cotidiano dos alunos.

Desde a atividade inicial, com o intuito de levantar o conhecimento dos discentes e mostrar a problematização inicial com discussões, observou-se a busca pelo conhecimento por parte dos estudantes, que discutiram, apresentaram dúvidas e testemunharam experiências pessoais sobre o tema, o que é de grande valia, visto que por mais que o professor tenha planejamento e organização em seu trabalho, se o estudante não estiver com a sede do conhecimento, a aprendizagem significativa não ocorrerá.

Pode-se perceber principalmente após o contato com a prática da lanterna, a base de dínamo, e das explicações teóricas: para o entendimento no processo de produção de energia, na construção das maquetes em que tentavam fazer funcionar um *LED*, ou ainda explicar como funcionava sua “usina” e quais elementos, foram indispensáveis no processo.

Acredita-se ainda, que a aplicação desta proposta contribuiu para uma Aprendizagem Significativa dos estudantes envolvidos e poderá contribuir para o Ensino de Física, em vários níveis, podendo acrescentar nas futuras práticas docentes. Constatou-se um material eficiente para explicação e motivação do estudo sobre as transformações de energia e a produção de energia elétrica.

Salientamos que, é sempre possível fazer adaptações pelo professor de modo a aplicar a UEPS, de acordo com a sua possibilidade e realidade, uma vez que a quantidade de aulas disponíveis para o componente curricular de Física, em muitas

instituições, é pequena, sendo muitas vezes 2 aulas semanais e nem sempre há a colaboração de outros componentes curriculares.

Aplicamos e desenvolvemos este trabalho em uma escola que possui o Ensino organizado em bimestres, 2 aulas de Física semanais no 9º ano, de 45 minutos e contamos com a colaboração de professores de outro componente curricular cedendo aulas e abraçando a ideia. Portanto, as adaptações correspondentes a PE desta dissertação ficará a cargo do docente de Física que deverá levar em conta a sua realidade e a dos estudantes, além do tempo disponível.

Finalizamos o presente trabalho que tratou da temática “Produção de Energia Elétrica”, sendo um conteúdo relevante para o ensino de Física, assim como no cotidiano dos alunos, elaborado por meio da UEPS contendo duas atividades práticas: uma de exploração e outra de criação, distribuídas em etapas, visando o entendimento do conteúdo a partir das atividades propostas que contemplaram os 5 momentos da metodologia STEAM.

Como principal resultado, entendemos que a finalização deste trabalho não encerra a discussão sobre o processo ensino aprendizagem, mas contribui para impulsionar novas discussões que contribuem para a formação do professor, que é o sujeito protagonista do processo de ensino, enquanto o aluno é indiscutivelmente o protagonista do processo de aprendizagem. A qualidade do processo depende da perfeita sincronia entre estes agentes. Por isso, discutir os limites das funções de cada um destes sujeitos é essencial para discutir a qualidade do ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2.ed. Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733 p.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 212p.

AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

CAMPANHOLI JUNIOR, L. **O uso de um protótipo de refrigerador com pastilhas peltier: uma proposta didática para o processo ensino-aprendizagem das leis da termodinâmica e introdução aos conceitos de termoeletricidade**. 2019.XV,182. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, 2019, Maringá-PR.

CASTRO, Leonardo Pires de Santana. MORTALE, Talita Aline de Brito. **Energia: Levantamento das Concepções Alternativas**. 1ª ed. São Paulo. Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2012.

CATTERALL, L. **A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider**. The STEAM Journal, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2017.

FANTÁSTICO. **Césio 137: 30 anos - Fantástico - 03/09/2017**. 2017. Disponível em: < youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM >. Acesso em: 06/05/2019.

FAZENDA, I. C. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: Loyola, 1979.

FAZENDA, I. C.A. **Interdisciplinaridade E Transdisciplinaridade Na Formação De Professores**. v.10. Foz do Iguaçu. Revista do Centro de Educação e Letras, UNIOESTE. 2008.

FERREIRA, A. B. H. **Mini Aurélio Século XXI Escolar – O minidicionário da língua portuguesa**. 4ª ed. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 2000.

FEYNMAN, R.P. **Lições de física**, 2ª ed. São Paulo. Bookman. 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GADOTTI, M. **A organização do trabalho na escola: alguns pressupostos**. São Paulo: Ática, 2004, 105p.

GAROFALO, D. **Como levar o STEAM para a sala de aula**. 2019. Disponível em: <novaescola.org.br/conteudo/18021/como-levar-o-steam-para-a-sala-de-aula>. Acesso em: 05/05/2019.

GASPAR, A. **Cinquenta Anos de Ensino de Física: Muitos Equívocos, Alguns Acertos e a Necessidade do Resgate do Papel do Professor**. In: XV Encontro de físicos do norte e nordeste. **Anais**. Natal: SBF, 1997, p. 1–13.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física** Instituto de Física da USP- 1998.

GODOY, L. OGO, M. **Livro e manual do professor – 9º ano – Ciências**. 1ª ed. São Paulo. FTD. 2015.

GONICK, L. HUFFMAN, A. **Introdução Ilustrada à Física**. 1ª ed. São Paulo. HARBRA. 1994.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. 3ª ed. São Paulo. Pearson. 2011.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 3 - Eletromagnetismo**. 4ª ed. Rio de Janeiro. JC. 1984.

HELERBROCK, R. **Usinas de eletricidade**. 2019. Disponível em: <brasilecola.uol.com.br/fisica/usinas-eletricidade.htm. >. Acesso em: 20/01/2020.

HENRIKSEN, D. **Creating STEAM with Design Thinking: Beyond STEM and Arts Integration**. The STEAM Journal. v. 3, n. 1, p.1-15, Article 11, nov. 2017.

HERMANSON, A. P; PARIS, C; SANTOS, M. A.B. **Fundamento CIÊNCIAS – Professor – 9º ano**. 1ª ed. Ribeirão Preto. Saraiva. 2016.

HILGE, T. R.; GRIEBELER, A. **Uma Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativo utilizando mapas conceituais, Investigações em Ensino de Ciências – V18(1), pp. 199-213, 2013.**

HONEY, M. PEARSON, G. SCHWEINGRUBER, H. **STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research**. Washington, DC. The National Academie Press. 2014.

KLAUSEN, L. S. **Aprendizagem Significativa: um desafio, EDUCERE**, Congresso Nacional de Educação, 2015 disponível em :<https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/25702_12706.pdf> Acesso 05 de mai. 2020

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. (Texto Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O Ensino), **Revista Galaico Portuguesa de Sociopedagogia e Sociolinguística**,

Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n 23 a 28, p. 87-95, 1988. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 10. junho. 2020.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem: A teoria da aprendizagem de Ausubel**. Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo, 1999. p. 151-165.

MOREIRA, M. A. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidade de ensino potencialmente significativas. **Instituto de Física/ UFRGS**, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://profjudes.unir.br>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

MOREIRA, M. A. O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. **Educação e Seleção**, n.10, p.17-34, 2013.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2020.

MORETTI, R. **Ciências nos dias de hoje**. 2ª ed. São Paulo. LEYA.2015.

MORETTO, E. M.; GOMES, C. S.; ROQUETT D. R.; JORDÃO, C. O. **Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica**. 2012. Disponível em: <scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2012000300009&script=sci_arttext >. Acesso em: 20/01/2020.

NOVAK, J. D; GOWIN, D. B. **Learning howtolearn**. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. (2011). **Teorias da aprendizagem**. 2010. Disponível em: < <http://files.pibid-unibr-sao-vicente.webnode.com/200000051-0d0a70e086/Teorias%20de%20aprendizagem.pdf>>

PEREIRA JUNIOR, A. **Fantástico - Acidente Nuclear Chernobyl - 30 Anos**. 2016. Disponível em: < youtube.com/watch?v=jsIHCA19kWg >. Acesso em: 06/05/2019.

PEREIRA JUNIOR, A. **Fantástico Acidente Nuclear Chernobyl 30 Anos - parte 2**. 2016. Disponível em: < youtube.com/watch?v=L7o6kDqhVy8 >. Acesso em: 06/05/2019.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14 n. 03 p. 167-183, set-dez, 2012.

ROLDÃO, C. G.; NAKAZONE, H. e outros autores. **Araribá Plus – Ciências 9.** 4ª ed. São Paulo. Moderna. 2014.

ZANATTA, S. C.; BRANCO, E.P.; BRANCO, A. B. G.; NEVES, M. C. D. Uma análise sobre a reforma do ensino médio e a implantação da base nacional curricular contexto das políticas neoliberais. **Revista e-curriculum**, v.17, n.4, p.1711, 2019. Disponível em <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/35183/30862>. Acesso em 05/02/2021.

SÓ FÍSICA. **História da Eletricidade.** 2008. Disponível em: < [sofisica.com.br/conteudos/ HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php](http://sofisica.com.br/conteudos/HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php)>. Acesso em: 20/05/2019.

THE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **STEM Integration in K-12 Education.** 2015. Disponível em: < [youtube.com/watch?v=AIPJ48sintE](https://www.youtube.com/watch?v=AIPJ48sintE) >. Acesso em: 11/09/2019.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p.545-554, 2008.

TIPLER, P.A. **Física para cientistas e engenheiros.** 4ª ed. Rio de Janeiro. JC. 2000.

TORGAN, D. A. **Lançamento de foguetes - uma unidade de ensino potencialmente significativa.** 2019. 210f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar - PPIFOR) - Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí, 2019.

VALLE, Mariana Guelero. HERMANSON, Ana Paula. SANTOS, Marcos Anderson Benfica. **Novo CIÊNCIAS – Professor – 9º ano.** 1ª ed. Ribeirão Preto. Saraiva. 2015.

YAKMAN, G. STEAM Education. In: research on technology, innovation, design & engineering teaching, 19: Pupils' Attitudes Towards Technology - PATT. **Anais.** Salt Lake City/Utah/USA, 2008, p. 1-28. Disponível em: <https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education>. acesso 26 junho 2020.

Anexo A - Termo de Autorização da Escola



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação do Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Maringá, 06 de Julho de 2019.

À Diretora Eliza Mitie Shiozaki
Diretora do Colégio São Francisco Xavier- Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio.
Rua: Monsenhor Kimura, 31- Vila Cleópatra, Maringá, Paraná, 87010-000

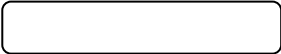
Prezada Diretora,

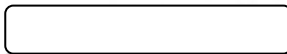
Venho por meio desta, apresentar a Pós-Graduanda **Bruna Eloisa Moreira Zanon (RA 400597)**, acadêmica regularmente matriculada no Programa de Pós Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), desde 01/08/2017. Esta desenvolve o trabalho intitulado: "UMA SD SOBRE A PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA PELO MÉTODO STEAM" sob a orientação da Professora Dr. Shalimar Calegari Zanata. Nesse sentido, solicitamos a autorização desta Escola para que a pós-graduanda **Bruna Eloisa Moreira Zanon** possa realizar a sua pesquisa para desenvolver e aplicar seu trabalho de mestrado no Colégio São Francisco Xavier- Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, nas duas turmas do nono ano do Ensino fundamental, respeitando o caráter ético e assegurando a preservação da identidade das pessoas participantes.

Esclarecendo que os acadêmicos do MNPEF são professores da rede de ensino que ministram a componente curricular Física ou Ciências, e que o trabalho de mestrado destes deve gerar um Produto Educacional e uma Dissertação explorando a validade de seu produto educacional. Solicitamos assim, a permissão para a divulgação do trabalho desenvolvido incluindo os resultados e suas respectivas conclusões da aplicação do Produto Educacional preservando sigilo e ética.

Por fim, nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o desenvolvimento do projeto de pesquisa que está sendo realizado.

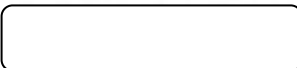
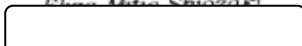
Agradecemos vossa compreensão e colaboração.
Atenciosamente,


Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanata
Orientadora


Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes
Coordenador do Programa de Pós-Graduação do
Profissional em Ensino de Física (Polo UEM)

AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO:

Concordo com o solicitado:


Diretora Eliza Mitie Shiozaki


Av. Colombo, 5.790 – Campus Universitário – CEP 87.020-900 – Bloco G56 – sala 022 – Maringá – PR
Fone: (44) 3011-5900 / e-mail: mnpef_uem@dfi.uem.br / site: <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/>

Anexo B – Declaração de Revisão Ortográfica

Declaração

Eu, Éllen Araújo Tavares Silva, portadora do Rg: 8010952-0, residente no município de Maringá, estado do Paraná, licenciada em letras e pós-graduada em Língua Portuguesa pela UEL, atualmente professora na rede privada de ensino. Declaro, para os devidos fins e a quem interessar que realizei a revisão ortográfica em Língua Portuguesa da dissertação de mestrado: **“O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA-UMA UEPS DESENVOLVIDA NO CONTEXTO DAS METODOLOGIAS STEAM”**, bem como, do Produto Educacional: **PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA METODOLOGIA STEAM.**

Por ser expressão de verdade, firmo a presente declaração.

Maringá-PR, 17 de fevereiro de 2021.



Éllen Araújo Tavares Silva

RG: 8010952-0

APÊNDICE A – Questionário Avaliativo- (Filme)

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO



Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Física

Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física

Aluno (a): _____ nº _____, ____ ano ____

Professor (a): _____

Disciplina: Física

1) Assinale com um X os objetos utilizados pelo garoto no filme “O menino que descobriu o vento” para fazer a bomba de água funcionar.

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> dínamo | <input type="checkbox"/> fios isolantes | <input type="checkbox"/> energia elétrica (tomada) |
| <input type="checkbox"/> Lâmpada | <input type="checkbox"/> bateria | <input type="checkbox"/> carvão |
| <input type="checkbox"/> Coroa de bicicleta | <input type="checkbox"/> Hélice | <input type="checkbox"/> Canos de pvc |
| <input type="checkbox"/> fios condutores | <input type="checkbox"/> Corrente de bicicleta | <input type="checkbox"/> pilhas |

2) Qual o nome do equipamento instalado na bicicleta do professor do personagem principal, que despertou sua curiosidade? Como este equipamento funciona?

3) O garoto montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformação de energia que aconteceram no processo.

4) No filme o sucesso do garoto foi descobrir um meio de produzir energia elétrica. Quais são as formas de produzir energia elétrica que você conhece ou já ouviu falar?

5) No filme o menino faz um rádio funcionar juntando mais pilhas do que o recomendado pelo fabricante do rádio. Para que o rádio funcione é necessário passar por ele corrente elétrica, o que você entende por corrente elétrica?

a) É algo que está armazenado no interior dos eletrônicos, que é transferido para a tomada no momento em que nela se conectam.

b) É o movimento organizado de cargas elétricas que vem da tomada para os eletrônicos.

c) São cargas que estão nos fios de nossas casas, se movendo de forma desorganizadas que interrompem o movimento quando se conecta um eletrônico na tomada.

d) Não entendo o significado do termo corrente elétrica.

6) Um átomo é composto basicamente por 3 partículas, assinale o nome delas:

Nêutrons

Gema

Prótons

Capacitor

Elétrons

Núcleo

Elétronos

Íons

7) Como a energia elétrica chega em nossas casas?

8) Qual a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil? Por quê?

- a) Eólica
- b) Hidrelétrica
- c) Nuclear
- d) Solar
- e) Termoelétrica

9) Para geração da energia elétrica é necessário a construção de uma usina. Cite duas opções de usinas para se construir no Brasil? Cite um benefício e um malefício de cada uma para sociedade e se ela pode causar grandes impactos ambientais.

POSSIBILIDADES DE RESPOSTAS

1) Assinale com um x os objetos utilizados pelo garoto no filme “O menino que descobriu o vento” para fazer a bomba de água funcionar.

R: *Dínamo, Coroa de bicicleta, bateria, hélice, corrente de bicicleta, canos de pvc, fios condutores.*

2) Qual o nome do equipamento instalado na bicicleta do professor do personagem principal, que despertou sua curiosidade? Como este equipamento funciona?

R: Dínamo. Este equipamento é composto por um ímã fixo, que está no interior de uma bobina, que são fios condutores enrolados, formando um conjunto de espiras, no dispositivo apresentado o movimento de rotação da roda de bicicleta, ou da correia, se transfere para o dínamo fazendo com que o ímã no interior da bobina rotacione, gerando um campo magnético variável no qual induz na bobina uma diferença de potencial, que por sua vez gera uma corrente elétrica alternada, este dispositivo transforma energia mecânica em energia.

3) O garoto montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformação de energia que aconteceram no processo.

R: - Energia cinética em eletromagnética – Considerando o movimento da hélice que gira o ímã no interior do dínamo.

-Energia eletromagnética em Elétrica - considerando a transformação no dínamo.

-Energia Elétrica em Química - considerando o carregamento da bateria.

-Energia Química em Cinética - considerando a bomba da água puxando a água do poço.

-Energia cinética em Potencial gravitacional - considerando a água do poço indo para superfície.

4) No filme o sucesso do garoto foi descobrir um meio de produzir energia elétrica. Quais são as formas de produzir energia elétrica que você conhece ou já ouviu falar?

R: A produção de energia em usinas Hidrelétricas, Eólica, Nuclear e Solar.

5) No filme o menino faz um rádio funcionar juntando mais pilhas do que o recomendado pelo fabricante do rádio. Para que o rádio funcione é necessário passar por ele corrente elétrica, o que você entende por corrente elétrica?

R: É o movimento organizado de cargas elétricas.

6) Um átomo é composto basicamente por 3 partículas, assinale o nome delas:

R: Nêutrons, Prótons e Elétrons.

Como a energia elétrica chega a nossas casas?

R: *A energia elétrica é produzida em usinas, após isso seguem para estações de transmissão, onde transformadores aumentam sua tensão, em seguida segue pelas linhas de alta tensão, através de fios condutores até a cidade de destino, nas subestações, para diminuir a tensão e seguir até o transformador que tem no poste que reduz novamente, até ser utilizada nas tomadas.*

7) Qual a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil? Por quê?

R: *Hidrelétrica. Porque a quantidade de água é abundante no Brasil.*

8) Para geração da energia elétrica é necessário à construção de uma usina, cite duas opções de usinas para se construir no Brasil? Cite um benefício e um malefício de cada uma para sociedade e se ela pode causar grandes impactos ambientais.

R: *Pessoal*

APÊNDICE B – Questionário Atividade Lanterna



QUESTIONÁRIO ATIVIDADE EXPLORAÇÃO

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Física

Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física

Alunos: _____ n^o _____
_____ n^o _____
_____ n^o _____
_____ n^o _____
_____ n^o _____

Professor (a): _____

Disciplina: Física _____ ano _____

1) Quais dispositivos fazem parte da lanterna?

2) Como você explica o funcionamento da lanterna?

3) Como carregar a bateria da lanterna?

4) Qual a transformação de energia observada na lanterna durante o processo de carregamento da bateria?

- a) Mecânica para elétrica
- b) Luminosa para elétrica
- c) Eólica para elétrica
- d) Potencial gravitacional em elétrica

POSSIBILIDADE DE RESPOSTAS

1) Quais dispositivos fazem parte da lanterna?

R: 3 LEDs, gatilho para gerar energia, uma trava, ímãs, engrenagem, fios condutores.

2) Como você explica o funcionamento da lanterna?

R: Funciona com a eletricidade gerada pelo movimento do usuário (energia mecânica), nesta o funcionamento é apertando um gatilho, porém há modelos que funcionam a partir da rotação de uma manivela.

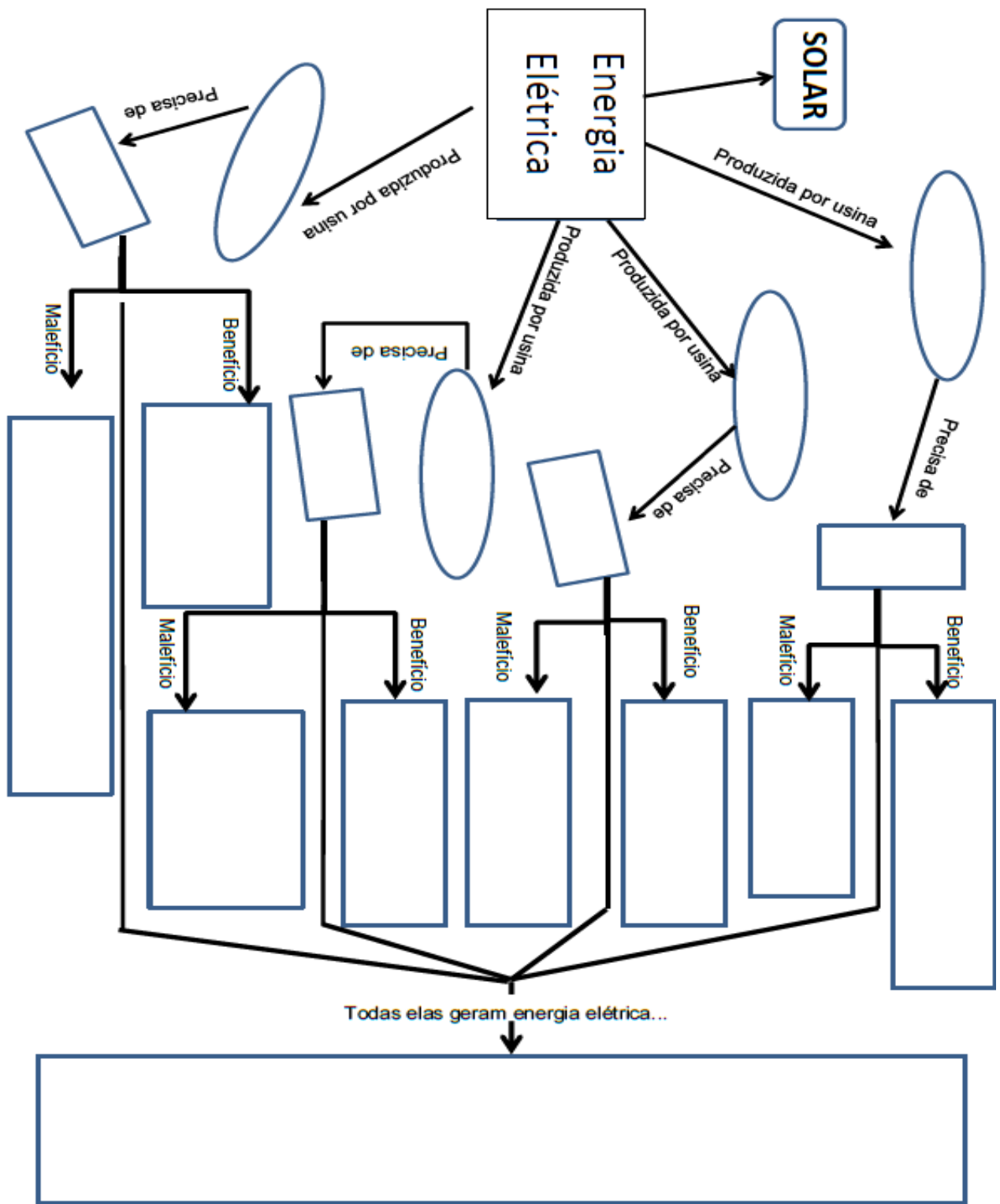
3) Como carregar a bateria da lanterna?

R: Através do movimento no gatilho é possível gerar a energia necessária para carregar a bateria.

4) Qual a transformação de energia observada na lanterna durante o processo de carregamento da bateria?

- a) Mecânica para elétrica
- b) Luminosa para elétrica
- c) eólica para elétrica
- d) potencial gravitacional em elétrica

APÊNDICE C – Mapa Conceitual



APÊNDICE D – Roteiro do Filme Fragmentado

Introdução: Aborda-se a história de um morador nascido no Malauí, um dos países mais pobres da África, William Kamkwamba sempre acreditou num futuro diferente ao de seus familiares. Em 2001, quando tinha 13 anos, a região onde morava foi assolada por uma seca e a plantação de sua família acabou devastada, coincidentemente no mesmo ano em que aconteceu a queda das torres gêmeas nos EUA, apesar de ser uma história recente (18 anos atrás) mostra uma realidade cultural e científica muito diferente da nossa, e por isso é tão importante à busca pelo conhecimento.

As partes em destaque são partes que foram descartadas, porém para evitar que o filme ficasse descontextualizado, nestas partes fez-se uma síntese. (Na atividade realizada a professora apenas acelerou o filme de acordo com os intervalos apresentados a seguir, porém pode-se utilizar um programa de edição de vídeos e cortar estas partes, lembrando-se de fazer os comentários para não perder a sequência lógica do filme).

1ª fragmentação: 18min 30s a 24min 00s

Neste momento o chefe do vilarejo tenta alertar os moradores que quando a indústria de tabaco foi para o sul, ficou difícil competir com a produção de tabaco, então começaram a vender as madeiras da região para queimar e secar as folhas de tabaco da região sul, neste momento o governo que se faz presente na reunião tenta negociar com os moradores a compra das árvores que eles possuem, e começa uma discussão, pois outras regiões que venderam suas árvores deixaram de produzir, porque os terrenos começaram a ter inundações (comentar a importância das árvores para impedir os processos de erosão, fazer isso de forma breve e clara).

O chefe tentou alegar que o único poder que eles tinham contra o governo era o de serem donos das árvores e por isso os moradores não deveriam aceitar a proposta do governo, mesmo a maioria dos moradores obedecendo ao pedido do chefe, não vendendo suas árvores, tiveram alguns que cederam ao governo e venderam, pensando apenas no dinheiro oferecido, gerando inundações futuras nos

terrenos, o que dificultou a colheita e gerou mais dificuldades para os moradores. Como a chuva tardou eles sabiam que viria uma época difícil, porém foi inevitável.

2ª Fragmentação: 30min 15s a 40min 55s

Nesta parte os pais do William conversam sobre as dificuldades financeiras, que estão enfrentando e chegam à conclusão que terão que esperar o final da colheita para que William retorne aos estudos, visto que não estão conseguindo pagar a mensalidade do colégio, sendo assim o menino teve que parar de estudar por falta de pagamento da mensalidade.

Começa um período de chuvas intensas e junto vêm inundações, na escola o William é convidado a parar de frequentar as aulas enquanto o pai não acertar a mensalidade, como foi na época que EUA foi atacado, as bolsas de valores foram afetadas, o país vendeu seus grãos antes de tudo acontecer e quando passou o período de chuvas veio um período de seca muito grande e o país não tinha grãos para a população o que gerou grande fome (cerca de 10 mil africanos morreram, informação registrada em um depoimento do William).

3ª Fragmentação: 47min 00s a 55min 15s

William começa a frequentar a biblioteca escondido e continua participando das aulas de ciências, após chantagear o professor (o menino descobre que o professor namora sua irmã).

Começa uma reunião política e o chefe da comunidade, a pedido do pai de William, tenta sabotar falando na frente dos políticos aos moradores que muitos problemas estão por vim, alertando que o povo precisa de uma garantia por parte dos candidatos, insinuando que o governo está tentando manipular o povo e que para evitar a enganação, isso tem que ser alterado nas urnas.

Após sua fala é retirado para um lugar reservado e é espancado, ficando gravemente ferido.

Em seguida mostra a colheita de milho, as espigas não têm grãos de milhos, é preciso comprar alimentos, por consequência da colheita ruim eles não têm dinheiro

para comprar comida, então o pai do William tira todo o telhado da casa e vende para arrumar dinheiro, cobrindo a casa com palhas.

Quando vai até a vila vizinha para vender o telhado, o pai do William resolve ir para a capital com um grupo de manifestantes que se opõem ao atual governo.

4ª Fragmentação: 56min 00s a 1h13min 55s

Quando William chega à sala de aula tem um imprevisto, não é o professor que namora sua irmã que está lá, substituindo está o diretor que o advertiu anteriormente por não ter condições de pagar a mensalidade.

A bibliotecária tenta explicar ao diretor que o menino está estudando sozinho, que está empenhado e tem boas ideias, mesmo assim o menino é expulso e impedido de frequentar a biblioteca.

E assim ele retorna ao vilarejo. Ao chegar à casa, a família se depara com um caminhão que está carregado com grãos (lembrando que a comida está escassa) e então a mãe de William pede ao menino que volte a cidade para comprar comida, o que acaba sendo algo bem difícil, devido à quantidade de pessoas tentando comprar.

A mãe fica sozinha em casa com as filhas, já que o pai foi manifestar e William foi comprar grãos. O que estava difícil acaba piorando, um homem aproveita a ausência dos homens invadindo a casa, rouba o pouco de alimento e dinheiro que a família tinha na dispensa.

Quando o pai retorna e fica sabendo de tudo que aconteceu e vê que tudo que a família possui é meio saco de grãos (o que William conseguiu comprar) ele estabelece que, a partir daquela noite, eles poderão fazer apenas uma refeição por dia. E isso acontece, a cachorra de William morre de fome...

5ª Fragmentação: 1h 14min 38s a 1h 18min 42s

A Irmã de William foge com o professor, em troca o professor dá o dínamo para William, ela deixa uma carta em que explica que foi tentar sobreviver e que agora a família terá uma boca a menos para alimentar.

A mãe do menino fica desesperada, quando descobre que ela fugiu com o professor, vai até a escola tirar satisfação com o diretor, o qual informa que a escola

está sendo fechada por falta de alunos, e que não tem o que fazer. William pede para usar a biblioteca.

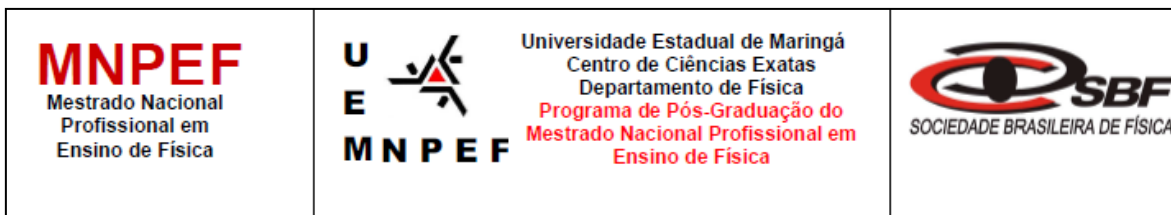
6ª Fragmentação: 1h 24min 39s a 1h 35min 33s

O pai de William não dá o apoio que ele gostaria, então ele busca apoio nos colegas, que tentam afrontar o pai na tentativa de pegar a bicicleta, como não conseguem, frustrados vão embora, ficando apenas William para trás.

A mãe de William toma suas dores e pede para que o pai de apoio ao filho, já que não há esperanças, pede que ele de um voto de confiança e assim mesmo contrariado o pai resolve ouvir a esposa, ajudando o filho a construir seu aparato.

APÊNDICE E - Produto Educacional

Neste apêndice apresenta-se o Produto Educacional que é uma produção a parte da dissertação, produzido para facilitar o uso e aplicação da UEPS de acordo com as normas do MNPEF/SBF.



PRODUTO EDUCACIONAL

STEAM – METODOLOGIA INOVADORA PARA TRABALHAR O CONCEITO DE ENERGIA ELÉTRICA

BRUNA ELOISA MOREIRA ZANON

Produto Educacional apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta

MARINGÁ - PR
2020

CARTA AO PROFESSOR

Caro Professor,

Quando escolhemos esta profissão sabíamos das dificuldades que enfrentaríamos em sala de aula, dentre os vários desafios encontrados por nós, a busca por estratégias motivadoras que de fato resultem em uma aprendizagem efetiva e de qualidade e não apenas o cumprimento de um currículo e atribuições de notas para conclusão de uma série, sendo assim, é nítida a necessidade de levarmos em consideração aquilo que é importante para nossos alunos como membros da sociedade.

Neste Produto Educacional, destacamos a importância de atividades diferenciadas em que o aluno é questionado, e instigado a participar do processo de aprendizagem durante o desenvolvimento de conceitos físicos que estão presentes em sua vida nas situações cotidianas, nesse caso, a produção da energia elétrica e os impactos que essa produção traz para o meio ambiente.

Como professor concluir que seu aluno de fato compreendeu, ou está motivado pela busca do conhecimento é algo profissionalmente satisfatório e uma maneira de se sentir realizado. Dessa forma, acreditamos que a busca por metodologias diferenciadas que propõem atividades motivadoras de forma a levar o aluno a atingir uma aprendizagem significativa é possível e pode desmistificar que aprender Física é para um pequeno grupo de pessoas, que já nasceram com esse dom, é possível sim se apaixonar, compreender e aplicar conceitos deste componente curricular.

O foco principal na construção desse material é demonstrar que um conceito abstrato, porém de extrema importância para alunos, pode ser compreendido, este trabalho também foi uma forma de contribuir interdisciplinarmente, permitindo o enriquecimento das aulas, a partir do auxílio de outros componentes curriculares durante o planejamento das atividades.

Com os resultados obtidos com a elaboração e aplicação deste Produto Educacional, obteve-se materiais para realização do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, sendo assim espero que possa ajudar a melhorar suas estratégias, assim como este programa de mestrado me ajudou. Mãos à obra!

A autora

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	117
1	ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DA UNIDADE EDUCACIONAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	118
1.1	Objetivos	118
1.2	Público Alvo	118
1.3	Pré-requisitos.....	118
1.4	Recursos didáticos	119
1.5	Materiais para construção da maquete	119
1.6	Ficha técnica	120
2	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	124
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
4	REFERÊNCIAS	150
	APÊNDICE A - Texto de Apoio ao Professor	152

APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional (PE) tem por objetivo apresentar de forma organizada e planejada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa UEPS com o intuito de orientar o professor para que trabalhe o conteúdo sobre a produção de energia elétrica com clareza e confiança, de forma dinâmica, interdisciplinar e atualizada de acordo com as novas tendências metodológicas mundiais.

Nesse contexto a presente UEPS propõe a utilização da metodologia STEAM, (acrônimo formado pelas iniciais dos nomes, em inglês, das disciplinas Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) divulgada, pelos Estados Unidos, como a solução do processo educacional para o século XXI.

Apesar de os Estados Unidos hoje falar em Educação STEAM, indo muito além de apenas metodologias, no Brasil, a dinâmica não é amplamente conhecida. Seria impossível nos modelos atuais adotados no Brasil, falarmos em Educação STEAM. O que podemos sugerir é a transposição das principais ideias para a sala de aula.

Propõe-se a exposição da dinâmica metodológica aos alunos, explicando sobre a proposta, a metodologia STEAM, em seguida de acordo com a TAS propor uma atividade fazendo um levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema proposto.

A seguir a divisão dos 5 passos propostos na metodologia:

Primeiro passo “Engajamento”: Trata-se de uma atividade para despertar a motivação dos estudantes, na presente UEPS usaremos o filme: “O menino que descobriu o vento” com o intuito de situá-los e motivá-los a partir das atitudes do personagem Willian.

Segundo passo “Exploração”: Uma atividade que instigue a curiosidade e solução de problemas através do manuseio de um objeto, aqui será utilizado, para contemplar este passo, uma lanterna movida a dínamo que poderá ser desmontada e montada quantas vezes o grupo achar necessário.

Terceiro passo “Explicação”: Abordar os conteúdos envolvidos no tema escolhido, neste caso optou-se por utilizar alguns temas apresentados na apostila dos alunos, porém por se tratar de textos soltos e em tópicos diferentes, buscou-se outras fontes para complementar os conceitos físicos envolvidos.

Quarto passo “Elaboração”: Desenvolvimento de uma atividade com ênfase em artes, desenvolvendo a criatividade: Construção de maquete como atividade artística.

Quinto passo “Avaliação”: Verificação da aprendizagem, através da construção de um mapa conceitual individual.

Neste trabalho apresentamos a UEPS com elementos didáticos que valorizam a criatividade, a arte, o conhecimento relacionado entre as áreas do saber que envolvem o tema em estudo, os conceitos do eletromagnetismo e da produção da energia elétrica.

A escolha do tema se deu devido a importância do mesmo no contexto da sociedade moderna. A utilização e ampliação da matriz energética é um dos principais temas para se discutir o avanço tecnológico.

Maringá, agosto de 2020.
Bruna Eloisa Moreira Zanon

INTRODUÇÃO

O processo ensino aprendizagem, de modo geral, está inserido no contexto da necessidade de especialização da mão-de-obra. Assim, não nos causa estranheza que influências externas interfiram na organização da educação nacional, como por exemplo, na formação inicial, na capacitação continuada e no papel do professor enquanto agente central da transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade.

Quanto ao processo ensino aprendizagem de Física, especificamente, as análises são ainda mais complexas porque as influências das políticas neoliberais se somam à sua relação com o desenvolvimento tecnológico e com sua própria natureza epistemológica, tornando esta área do saber um desafio ainda maior.

Diante da complexidade mencionada, ressaltamos que a formação do professor é essencial para definir seu papel no processo ensino aprendizagem.

Para Gaspar (1997), as metodologias de ensino não podem expropriar o papel do professor como agente transmissor do conhecimento.

Assim, esta UEPS valoriza o papel do professor como agente transmissor do conhecimento e valoriza também a necessidade dele em se apropriar de um conhecimento interdisciplinar amplo e profundo para desenvolver metodologias que estão em consonância com a teoria de aprendizagem de Ausubel e com as normativas mais atuais da Educação STEAM.

Neste intuito, apresentamos nesse PE no capítulo 1 a organização para aplicação da UEPS, no capítulo 2 a aplicação do produto educacional, por fim no capítulo 3 as considerações finais. Segue no apêndice A, um texto de apoio que servirá de suporte teórico para o professor.

Como principal resultado, entendemos que a finalização deste trabalho não encerra a discussão sobre o processo ensino aprendizagem, mas contribui para impulsionar novas discussões que contribuem para a formação do professor, que é o sujeito protagonista do processo de ensino, enquanto o aluno é indiscutivelmente o protagonista do processo de aprendizagem. A qualidade do processo depende da perfeita sincronia entre estes agentes. Por isso, discutir os limites das funções de cada um destes sujeitos é essencial para discutir a qualidade do ensino.

ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DA UNIDADE EDUCACIONAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Será apresentado o objetivo da aplicação da UEPS, o público alvo, os pré-requisitos esperados, uma lista de materiais necessários para construção de uma maquete que será necessária no desenvolvimento da proposta, uma ficha técnica e um quadro com o resumo de como foi organizada e dividida as aulas.

1.1. Objetivos

- 1- Identificar o conceito de energia como capacidade de realizar trabalho;
- 2- Identificar a produção da corrente elétrica alternada
- 3- Diferenciar corrente elétrica contínua e alternada
- 4- Diferenciar formas de produção de corrente elétrica.
- 5- Reconhecer as transformações de energia para a produção da energia elétrica alternada
- 6- Enunciar a descoberta de Oersted e a Lei de Ampère⁷, e a Lei de Faraday-Lenz⁸.

1.2 Público Alvo

Alunos do 9º ano do ensino fundamental, porém fica a sugestão de aplicação para alunos do 1º e 2º ano do Ensino Médio dependendo da grade curricular proposta no colégio.

1.3 Pré-requisito

Como pré-requisito para o desenvolvimento dessa atividade, os estudantes devem ter conhecimento do conceito de energia, tipos de energia e conservação da energia mecânica. De acordo com a TAS de David Ausubel, esses conceitos são parte

⁷ Oersted + Lei de Ampère = uma corrente elétrica gera um campo magnético;

⁸ Lei Faraday-Lenz => Lei de Faraday fornece o valor da fem no circuito e por meio desta obter o valor da corrente induzida e a Lei de Lenz = estabelece o sentido do campo magnético gerado por essa corrente induzida.

dos subsunçores (conhecimentos prévios) do tema que será abordado neste trabalho.

1.4 Recursos didáticos

- a) Quadro negro ou quadro branco
- b) Giz ou pincel de quadro branco
- c) Papel sulfite
- d) *Datashow*
- e) Computador
- f) Lanterna a base de dínamo
- g) Chave de fenda

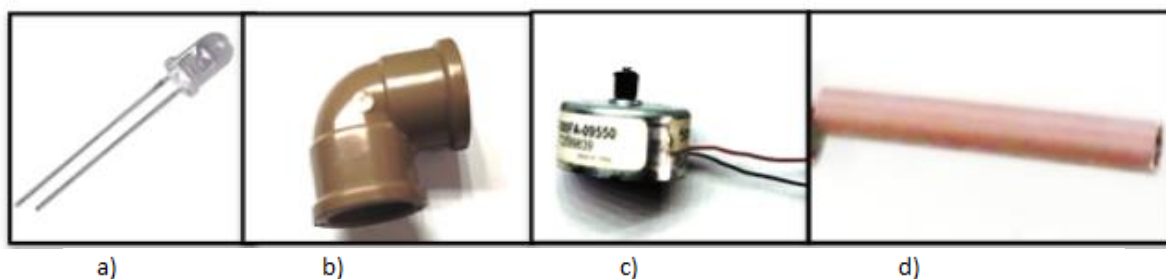
1.5 Materiais para construção da maquete:

- a) 1 Placa de isopor, (50 × 100)cm, podendo ser substituído por madeira, MDF ou papelão.
- b) 1 LED (podendo utilizar mais, dependendo da proposta do aluno).
- c) 1 Motor gerador (encontrado em aparelhos de DVD brinquedos ou em casas de eletrônicos).
- d) 1 m de Fios condutores (o comprimento pode variar de acordo com a montagem do aluno).
- e) 1 Hélices (feitas de CD, papelão ou compradas prontas, fundo de um vaso de flor).
- f) Palitos de sorvete.
- g) Tinta guache.
- h) Pincéis.
- i) Tesoura.
- j) Papelão.
- k) Cartolina.
- l) Fita adesiva.
- m) Cano de PVC (30 cm).
- n) 1 Joelho de PVC.

- o) Ventilador.
- p) Pistola de cola quente.

A Figura 1.1 representa alguns dos materiais necessários para construção da maquete, os demais elementos não foram apresentados devido à facilidade de acessibilidade no ambiente escolar e por supor que são materiais conhecidos e comuns na vida de um docente.

Figura 1,1 - Imagens ilustrativas de alguns materiais solicitados para construção da maquete: (a) *led*; (b) joelho de PVC; (c) motor gerador e (d) cano de pvc.



Fonte: arquivos da autora

1.6 Ficha Técnica

A seguir, apresenta-se o Quadro 1, ficha técnica e as etapas para aplicação da UEPS para que se possa prever conteúdos abordados, materiais necessários, quantidade de aulas e recursos a serem utilizados.

Quadro 1.1 - Ficha técnica para a aplicação da UEPS

Tema - Produção de Energia Elétrica pelo método STEAM	
Município: Maringá-PR	
Professora: Bruna Eloisa Moreira Zanon	
Turma: 9º ano	
Duração: 17 aulas de 45 minutos	
Área de conhecimento: Ciências da Natureza	
Componente curricular: Física	
Conteúdo: Eletromagnetismo	
Unidade Temática: Matéria e Energia	
Conteúdos	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de energia elétrica.

	<ul style="list-style-type: none"> • Usinas. • Descoberta de Oersted e a Lei de Ampère. • Lei de Faraday-Lenz.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o processo da produção de energia elétrica em nosso dia a dia com uma proposta de interdisciplinaridade durante o processo de explicação. • Construir uma maquete demonstrando a produção de energia elétrica. • Explicar o funcionamento de um dínamo.
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> • STEAM.
Recursos didáticos e tecnológicos:	<ul style="list-style-type: none"> • Apostila dos alunos. • <i>Datashow</i>. • Materiais impressos. • Lousa. • Computador.
Avaliações	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação física acerca do conteúdo explorado pela metodologia STEAM visando à aprendizagem significativa de D. Ausubel, a partir da análise dos mapas conceituais e questionários respondidos pelos alunos. • Participação dos alunos nas atividades. • Construção e exposição explicativa de uma maquete sobre o tema usina.
Bibliografia	<ul style="list-style-type: none"> • Apostila dos alunos Editora FTD. • Apostilas e livros nível fundamental II e Médio. • Artigos. • Livros. • Filme: o menino que descobriu o vento (<https://www.youtube.com/watch?v=rqqP0RHFvfk>). • Vídeos/documentários acessados no Youtube Césio 137: 30 anos - Fantástico (<https://www.youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM>),

	Fantástico - Acidente Nuclear Chernobyl - 30 Anos (https://youtu.be/NZ1-pwXYVSM).
--	---

Fonte: autora

O Quadro 1.2, apresenta as divisões entre os diferentes momentos desta UEPS.

Quadro1.2 - Cronograma para aplicação do conteúdo da Unidade Educacional Potencialmente Significativa (UEPS) por aula.

Cronograma de Aplicação da PD			
Data	Momentos	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	Nº de aulas
29/05	Levantamento prévio do conhecimento dos alunos sobre o tema.	- Elaboração mapa conceitual conjunto no quadro, por meio dos questionamentos feitos pela professora, tais como: tipos de energia, característica, fonte, benefícios, entre outros.	01
03/06	Engajamento	- Filme fragmentado "O menino que descobriu o vento." - Discutir sobre os conceitos Físicos apresentados no filme.	02
10/06	Engajamento	- Retomada do que foi abordado no filme na aula anterior. - Promover um debate sobre os assuntos levantados no filme. - Responder um questionário conceitual que servirá como uma avaliação diagnóstica acerca dos assuntos que serão abordados nas próximas aulas, assim como assuntos apresentados pelo filme. - Separação dos grupos (deixando os alunos escolherem por afinidade ou de forma aleatória, dependendo da turma) para elaboração da maquete.	01

17/06	Exploração	- Atividade prática: Manuseio de uma lanterna movida a dínamo, como atividade de exploração, os alunos deverão desmontar a lanterna para analisar quais os componentes que a constitui. - Responder um questionário que servirá como uma avaliação diagnóstica acerca dos assuntos que serão abordados nas próximas aulas e da atividade realizada na aula.	01
24 e 26/06	Explicação	- Explicação do conteúdo utilizando o <i>datashow</i> , imagens, trechos de documentários, notícias sobre produção de energia elétrica em usinas nucleares, eólicas, termoelétricas e hidroelétricas. - Lei de Faraday-Lenz. -Acidente de Chernobyl e Césio 137. - Consumo de energia.	03
24/06 a 06/07	Explicação	- Resolução de exercícios	01
24/06 a 06/07	Explicação	Conteúdos de Geografia abordar: -Fontes de energia e seus impactos. - Vantagens e desvantagens de cada forma de produção de energia. - Porcentagem de usinas pelo mundo e alguns acidentes envolvendo usinas nucleares.	03
01 e 03/07	Elaboração	Construção da maquete.	02
01 a 05/07	Elaboração	Construção maquete	02
08/07	Avaliação	Mapa conceitual servirá como uma avaliação diagnóstica e comparação das mesmas com os questionários aplicados nas aulas anteriores, conforme D. Ausubel, que visa uma aprendizagem significativa.	01

Fonte: autora

APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A seguir, será apresentado a Unidade de ensino potencialmente significativa, baseada em 5 momentos de acordo com a proposta da metodologia STEAM, seguida com a discriminação das atividades, orientações de como realizar e sugestões de novas possibilidades.

Aula 1 - Problematização Inicial

Professor(a):

Tema: Construção de um mapa conceitual

Componente curricular: Física

Duração: 45 minutos

Data: __/__/__

Objetivo: Identificar o conhecimento dos alunos sobre o tema energia.

Desenvolvimento do tema

Explicar aos alunos sobre a UEPS que será realizada.

Construir com os alunos um mapa conceitual com o tema energia, a professora é responsável por fazer os questionamentos necessários para que as ligações ocorram e escrever no quadro as respostas dos alunos.

Espera-se que os alunos apresentem as energias que estudaram anteriormente, como: energia cinética, potencial gravitacional, química, sonora, luminosa, entre outras e que consiga associá-las a situações ou conceitos, como associar energia cinética com o movimento e velocidade, energia potencial gravitacional com altura, energia química com alimentos, pilhas, baterias e assim por diante.

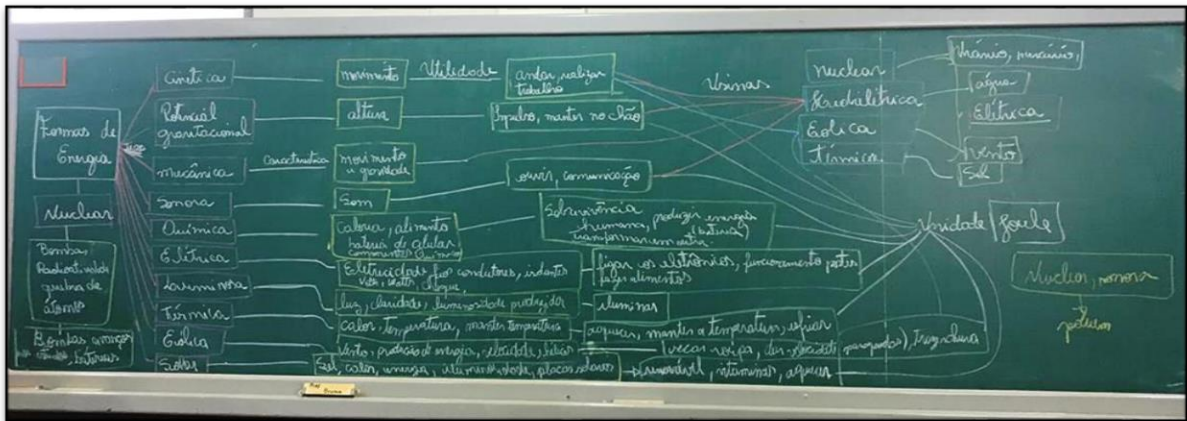
Ausubel nomeia de subsunçores a estrutura cognitiva existente, sendo importante para o desenvolvimento do processo de aprendizagem significativa, pois possibilita conhecer as premissas dos alunos e a partir disso elaborar as aulas para que consiga obter bons resultados.

Relato da aula

Durante a atividade os alunos se mostraram motivados e participativos, opinaram, colaboraram diretamente ou questionando os colegas, reforçando ou não o registro no quadro. A atividade foi encerrada devido ao término da aula, porém os alunos ainda estavam motivados a acrescentar mais informação no mapa, mas foi necessário o fechamento da atividade.

Na Figura 2.1, apresenta-se uma foto do resultado do mapa conceitual, referente à Turma 1.

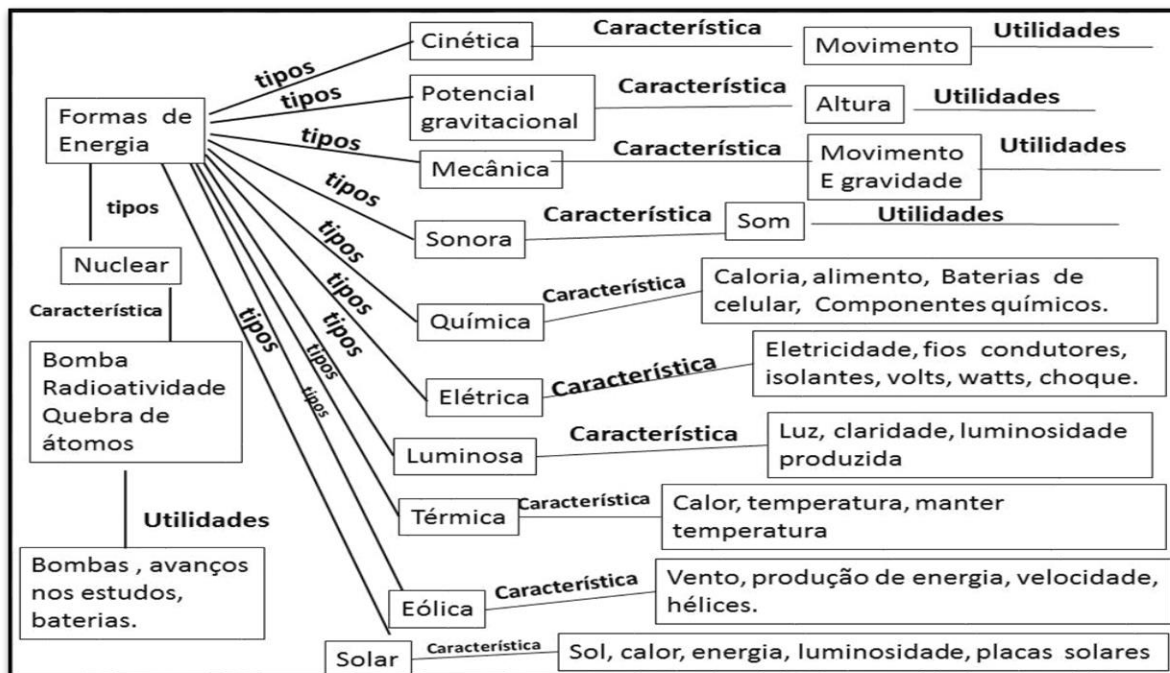
Figura 2.1 – Imagem fotográfica do mapa conceitual por inteiro, conforme elaborado pelos alunos do 9º ano B -Turma 1, e registrado em aula.



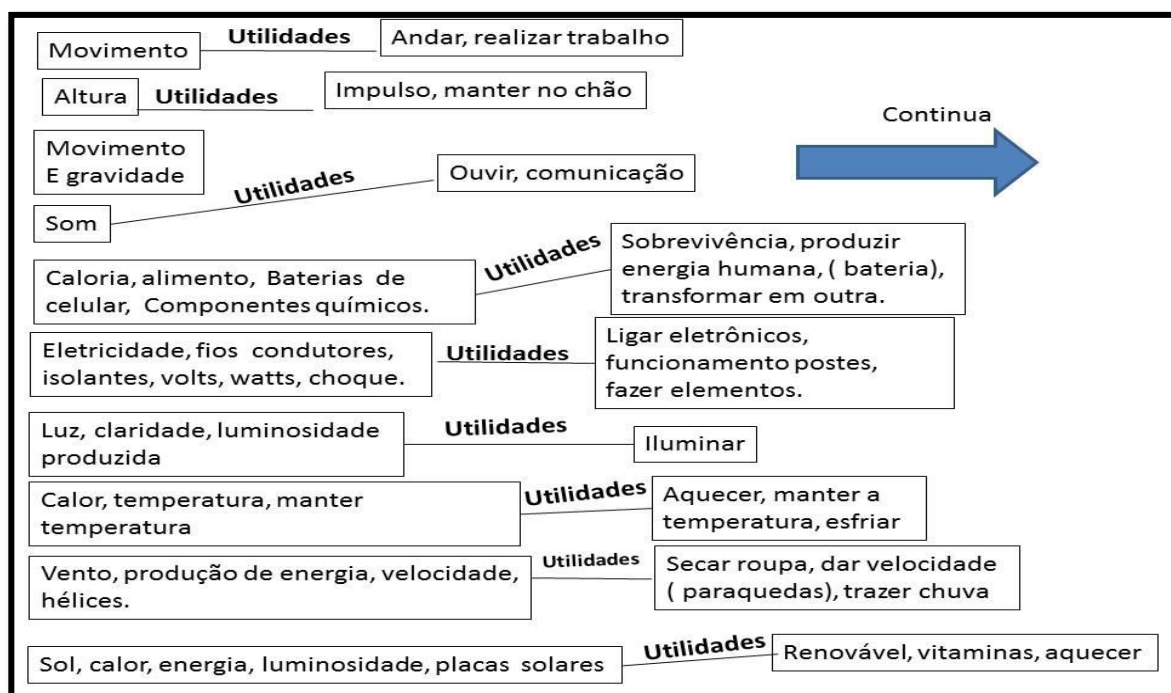
Fonte: arquivos da autora.

Como fica difícil a sua leitura, foi transcrita por partes, sendo um total de 3 partes: Figuras 2.2 (a) até (c).

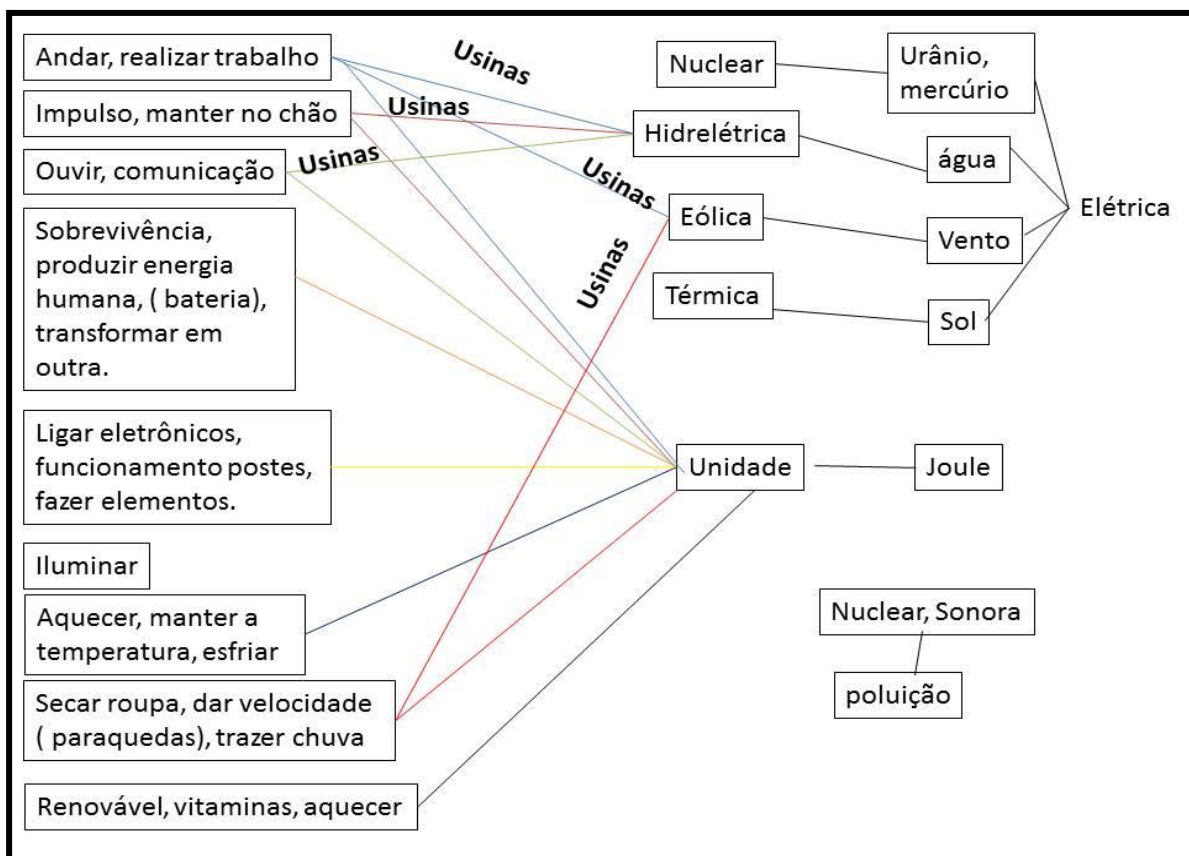
Figura 2.2. Desenho esquemático da transcrição mapa 9ºano B conceitual parte 1.- Turma 1, dividido em 3 partes (a), (b) e (c), a Figura 2 para facilitar a visualização.



(a)



(b)



(c)

Fonte: autora

Na Figura 2.3, apresenta-se uma foto do resultado do mapa conceitual, referente a Turma 2.

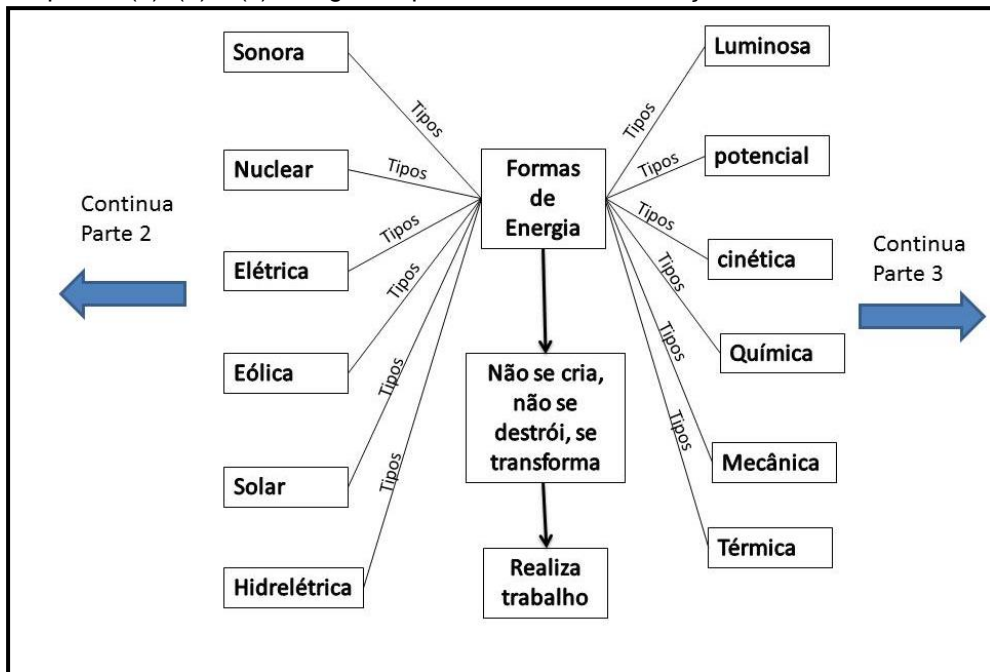
Figura 2.3 - Foto do mapa conceitual por inteiro, conforme elaborado pelos alunos do 9º ano A – Turma 2, e registrado em aula.



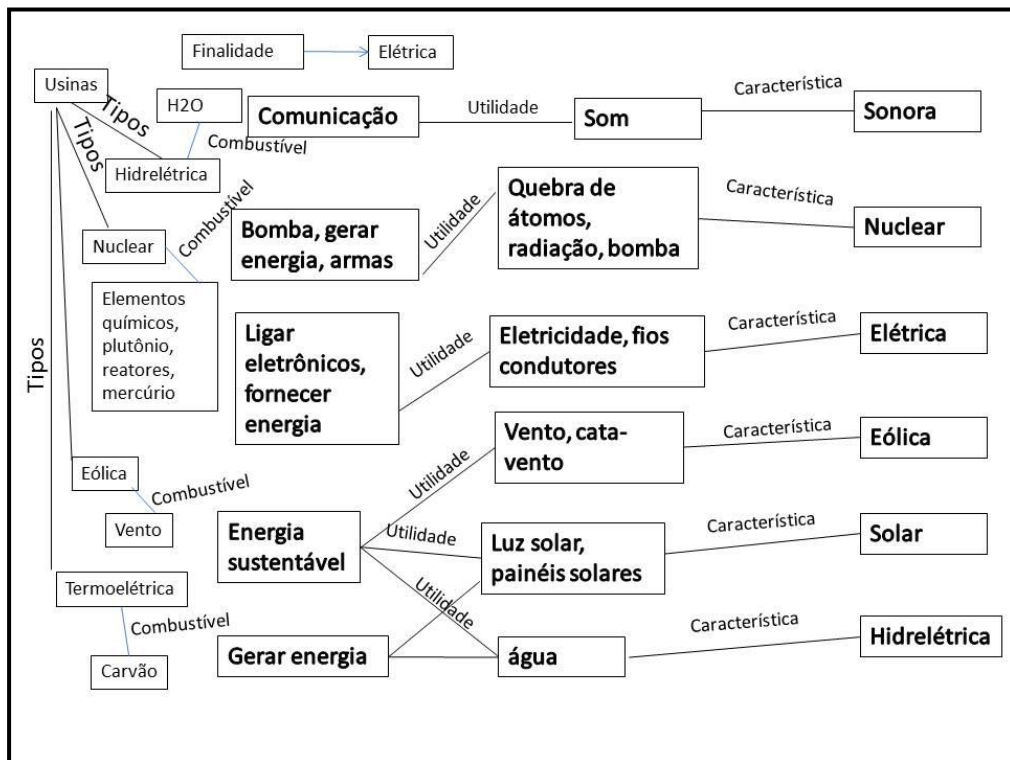
Fonte: Arquivos da autora.

Como fica difícil a sua leitura, foi transcrita por partes, sendo um total de 3 partes: Figuras 2.4 (a) até (c).

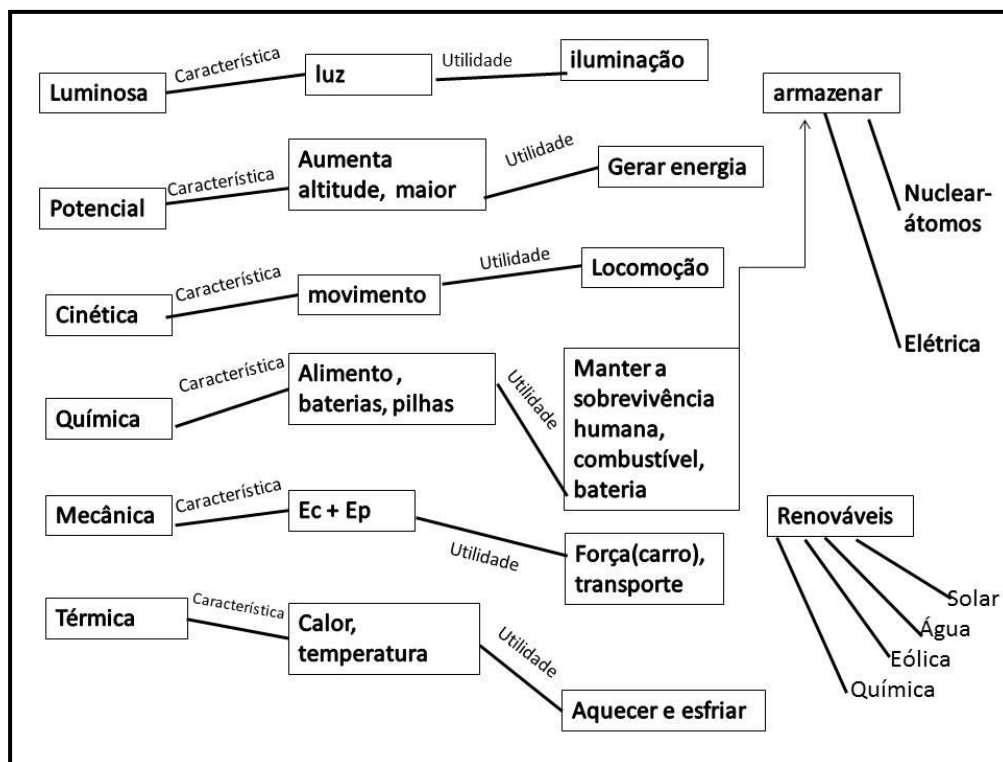
Figura 2.4 - Desenho esquemático da transcrição mapa 9ºano A conceitual parte 1.- Turma 2, dividido em 3 partes (a), (b) e (c), a Figura 4 para facilitar a visualização.



(a)



(b)



(c)

Fonte: arquivos da autora.

Sugestão: os mapas foram montados de formas diferentes, no primeiro iniciou-se na parte esquerda no quadro e as informações foram sendo relacionadas e acrescentadas à direita o que permitiu uma visibilidade mais clara na hora de analisar os resultados. Já no segundo iniciou-se com o tema no centro do quadro o que dificultou na hora de relacionar as informações, já que dados que eram comuns a mais de uma forma de energia estavam em lados diferentes, dificultando a ligação. Outra sugestão é construir utilizando o computador (pode levar o mapa com as janelas prontas para serem preenchidas) mostrando aos alunos com um projetor durante o processo.

Aula 2, 3 e 4 - Engajamento

Professor (a):

Tema: Engajamento (Filme: O menino que descobriu o vento)

Componente curricular: Física

Duração: 135 minutos

Data: __/__/__

Objetivo: Motivar o aluno.

Desenvolvimento do tema

Etapa 1: Antes de iniciar o filme informar aos alunos que após a exposição terão que responder um questionário sobre as situações apresentadas.

Etapa 2: Fazer uma breve introdução do que será abordado no filme.

Etapa 3: Filme. Por se tratar de um filme longo que aborda além de conceitos físicos dificuldades sociais e econômicas, como sugestão pode-se usar o roteiro preparado pela professora (Apêndice D), passando o filme de forma fragmentada.

Separou-se em seis partes, com o tempo variando de 40 minutos às 1h e 30 min. no máximo. Seguindo o roteiro serão transmitidas as partes que abordam a produção da energia elétrica ou apresenta conceitos físicos que poderão ser trabalhados nas aulas. Nas partes fragmentadas fazer a contextualização situando os alunos sobre o que aconteceu no filme, mas direcionando a atenção para os conceitos físicos abordados.

O filme: “O menino que descobriu o vento” aborda a história de um morador da África que salva a sua comunidade da fome e da miséria, montando um gerador eólico com objetos de ferro velho, ele conseguiu isso em meio as dificuldades financeiras, sem o apoio inicialmente de sua família, a partir de seu esforço, lendo livros de física escondido na biblioteca da escola. Pelo feito ganhou uma bolsa de estudos nos Estados Unidos para fazer curso superior.

Desde 1970 a educação para as mídias vem se desenvolvendo como um novo campo de saber com o objetivo de formar os seus beneficiários ativos, críticos, criativos (Dorigoni, Silva, O), ao apresentar um filme em sala de aula o professor tem que ter claro que os resultados só serão positivos se o docente tiver assistido anteriormente e destacados pontos potenciais para serem trabalhados, podemos utilizar um vídeo como meio de sensibilização, sendo assim interessante para introduzir um novo assunto, despertar a curiosidade e até mesmo motivar para novos temas, isso ainda nos traz a possibilidade da utilização como conteúdo de ensino mostrando direta ou indiretamente um assunto.

Nossos alunos estão imersos em um mundo de tecnologia e informações que chegam ao seu conhecimento em questão de segundos, tudo acontece muito rápido

e sem muito esforço, diferente do que temos na sala de aula atual, em que a informação é dada pelo livro, quadro e pela fala do professor, há facilidade de acesso a notícias, vídeos, desenhos, fotos com um click ele pode conhecer o mundo, tudo é apresentado de forma resumida, simples e direta, o que para eles já é o suficiente, sem a preocupação da veracidade das informações.

Relato da aula 2 e 3

Durante a execução do filme principalmente por se tratar de uma exibição fragmentada, os alunos se mantiveram atentos, e questionavam o que estava acontecendo no enredo. Tiveram alguns alunos que nos momentos em que a professora interrompia o filme para ir para outra cena, solicitavam que deixasse todo o filme passar, pois queriam ver todas as cenas, neste momento a professora explicou-lhes que devido ao pouco tempo disponível não era cabível, mas que o aluno poderia assistir novamente em sua casa.

Em vários momentos os alunos se mostraram emocionados, principalmente quando o personagem principal precisou deixar seus estudos por não conseguir pagar as mensalidades, nos momentos de dificuldades eles se mostravam complacentes, quando o pai do menino não o apoiou inicialmente na construção do aparato, os alunos tomaram as dores do personagem William e questionavam que o pai ia se arrepender, mostrando que eles confiavam que o menino ia conseguir o grande feito e teve até alguns que choraram ao ver o aparato funcionar trazendo água ao vilarejo.

A Figura 2.5 apresenta a imagem dos alunos assistindo ao filme de forma fragmentada.

Figura 2.5 - Imagem fotográfica dos alunos assistindo o filme: “O menino que descobriu o vento”.



Fonte: arquivo da autora.

Após assistir ao filme, dar continuidade aos passos:

Etapa 6: elencar os conceitos Físicos abordados no filme. Isso deverá resultar de uma discussão direcionada pela professora explorando a situação econômica, a necessidade do conhecimento, o procedimento utilizado pelo menino para produzir o sistema de irrigação, os benefícios e malefícios das descobertas da ciência, reforçando a questão social e política da ciência, enfatizando também a ideia de que a produção da corrente elétrica segue o mesmo princípio físico do movimento relativo entre os ímãs e a bobina, esse movimento pode ser produzido pelo vento (eólica) pela água (hidrelétrica) pela fissão nuclear (nuclear).

Etapa 7: submeter os estudantes a resolução de um questionário conceitual, uma avaliação diagnóstica para base dos assuntos das aulas seguintes.

Questionamentos:

- 1) Assinale com um X os objetos utilizados pelo garoto no filme “O menino que descobriu o vento” para fazer a bomba de água funcionar.
- () dínamo
 - () lâmpada
 - () coroa de bicicleta
 - () fios condutores

- () fios isolantes
- () bateria
- () hélice
- () corrente de bicicleta
- () energia elétrica (tomada)
- () carvão
- () canos de pvc
- () pilhas

2) Qual o nome do equipamento instalado na bicicleta do professor do personagem principal que despertou sua curiosidade? Como este equipamento funciona?

3) O garoto montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformação de energia que aconteceram no processo.

4) No filme o sucesso do garoto foi descobrir um meio de produzir energia elétrica. Quais são as formas de produzir energia elétrica que você conhece ou já ouviu falar?

5) No filme o menino faz um rádio funcionar juntando mais pilhas do que o recomendado pelo fabricante do rádio. Para que o rádio funcione é necessário passar por ele corrente elétrica, o que você entende por corrente elétrica?

a) () É algo que está armazenado no interior dos eletrônicos que é transferido para a tomada no momento em que nela se conectam.

b) () É o movimento organizado de cargas elétricas que vem da tomada para os eletrônicos.

c) () São cargas que estão nos fios de nossas casas, se movendo de forma desorganizadas que interrompem o movimento quando se conecta um eletrônico na tomada.

d) () Não entendo o significado do termo corrente elétrica.

6) Um átomo é composto basicamente por 3 partículas, assinale o nome delas:

() Nêutrons

() Gema

() Prótons

() Capacitor

() Elétrons

() Núcleo

() Elétronos

() Íons

7) Como a energia elétrica chega em nossas casas?

8) Qual a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil? Por quê?

a) Eólica

b) Hidrelétrica

c) Nuclear

d) Solar

e) Termoelétrica

9) Para geração da energia elétrica é necessário a construção de uma usina. Cite duas opções de usinas para se construir no Brasil? Cite um benefício e um malefício de cada uma para sociedade e se ela pode causar grandes impactos ambientais.

POSSIBILIDADES DE RESPOSTAS

1) Assinale com um x os objetos utilizados pelo garoto no filme “O menino que descobriu o vento” para fazer a bomba de água funcionar.

R: *Dínamo, Coroa de bicicleta, bateria, hélice, corrente de bicicleta, canos de pvc, fios condutores.*

2) Qual o nome do equipamento instalado na bicicleta do professor do personagem principal que despertou sua curiosidade? Como este equipamento funciona?

R: *Dínamo. Este equipamento é composto por um ímã fixo que está no interior de uma bobina que são fios condutores enrolados, formando um conjunto de espiras, no dispositivo apresentado o movimento de rotação da roda de bicicleta, ou da correia, se transfere para o dínamo fazendo com que o ímã no interior da bobina rotacione gerando um campo magnético variável no qual induz na bobina uma diferença de potencial que por sua vez gera uma corrente elétrica alternada, este dispositivo transforma energia mecânica em energia.*

3) O garoto montou um aparato para que a bomba de água funcionasse. Escreva as formas de transformação de energia que aconteceram no processo.

R: - *Energia cinética em eletromagnética–Considerando o movimento da hélice que gira o ímã no interior do dínamo.*

-*Energia eletromagnética em Elétrica-Considerando a transformação no dínamo.*

-*Energia Elétrica em Química- Considerando o carregamento da bateria.*

-*Energia Química em Cinética- Considerando a bomba da água puxando a água do poço.*

-*Energia cinética em Potencial gravitacional- Considerando a água do poço indo para superfície.*

4) No filme o sucesso do garoto foi descobrir um meio de produzir energia elétrica. Quais são as formas de produzir energia elétrica que você conhece ou já ouviu falar?

R: *A produção de energia em usinas Hidrelétricas, Eólica, Nuclear e Solar.*

5) No filme o menino faz um rádio funcionar juntando mais pilhas do que o recomendado pelo fabricante do rádio. Para que o rádio funcione é necessário passar por ele corrente elétrica, o que você entende por corrente elétrica?

R: *É o movimento organizado de cargas elétricas.*

6) Um átomo é composto basicamente por 3 partículas, assinale o nome delas:

R: *Nêutrons, Prótons e Elétrons.*

7) Como a energia elétrica chega a nossas casas?

R: *A energia elétrica é produzida em usinas, após seguem para estações de transmissão onde transformadores aumentam sua tensão, em seguida segue pelas linhas de alta tensão através de fios condutores até a cidade de destino na subestações para diminuir a tensão e seguir até o transformador que tem no poste que reduz novamente até ser utilizada nas tomadas.*

8) Qual a fonte de energia elétrica mais utilizada no Brasil? Por quê?

R: *Hidrelétrica*

9) Para geração da energia elétrica é necessário à construção de uma usina, cite duas opções de usinas para se construir no Brasil? Cite um benefício e um malefício de cada uma para sociedade e se ela pode causar grandes impactos ambientais.

R: *Pessoal*

Etapa 8: Dar as instruções para atividade maquete, devido a necessidade de organização e aquisição de materiais.

Aula 5 - Exploração

Professor (a):

Tema: Exploração.

Componente curricular: Física

Duração: 45 minutos

Data: __/__/__

Objetivo: Explorar e conhecer os elementos que configuram a lanterna de dínamo e entender o funcionamento elaborando hipóteses.

Desenvolvimento do tema

Etapa 1: Pedir aos alunos que se organizem em pequenos grupos.

Etapa 2: Entregar para cada grupo um questionário para que seja respondido após o terceiro momento.

Etapa 3: Cada grupo deverá receber uma lanterna movida a dínamo e uma chave de fenda, os alunos deverão manusear, podendo desmontar a lanterna, conversar entre si, para elaborar as respostas, imaginar, discutir e registrar, o professor deverá orientar e direcionar através de questionamentos, porém tomar o cuidado de não resolver o problema.

Etapa 4: Responder o questionário.

Questionamentos

1) Quais dispositivos fazem parte da lanterna?

2) Como você explica o funcionamento da lanterna?

3) Como carregar a bateria da lanterna?

4) Qual a transformação de energia observada na lanterna durante o processo de carregamento da bateria?

- a) Mecânica para elétrica
- b) Luminosa para elétrica
- c) eólica para elétrica
- d) potencial gravitacional em elétrica

POSSIBILIDADE DE RESPOSTAS

1) Quais dispositivos fazem parte da lanterna?

R: 3 LEDs, gatilho para gerar energia, uma trava, ímãs, engrenagem, fios condutores.

2) Como você explica o funcionamento da lanterna?

R: Funciona com a eletricidade gerada pelo movimento do usuário (energia mecânica), nesta o funcionamento é apertando um gatilho, porém há modelos que funcionam a partir da rotação de uma manivela.

3) Como carregar a bateria da lanterna?

R: Através do movimento no gatilho é possível gerar a energia necessária para carregar a bateria.

4) Qual a transformação de energia observada na lanterna durante o processo de carregamento da bateria?

- a) Mecânica para elétrica
- b) Luminosa para elétrica
- c) eólica para elétrica
- d) potencial gravitacional em elétrica

A Figura 2.6 apresenta as imagens das partes do dispositivo utilizado e da realização da atividade.

Figura 2.6 - Imagens fotográficas: (a) Lanterna de dínamo, (b) sem a tampa, (c) tirando a engrenagem branca e (c) tirando a engrenagem cinza para visualização do ímã.



(a)

(b)

(c)

(d)

Fonte: arquivos da autora.

Sugestão: Se preferir o professor poderá utilizar um dínamo de bicicleta como o apresentado no filme ou outro dispositivo que utilize este mecanismo para funcionar. A lanterna utilizada na atividade foi comprada pela internet no mercado livre, “lanterna de dínamo”, pode ser encontrada em lojas que vendem aparatos do Paraguai, ou em lojas de materiais para pesca.

Relato da aula

Os alunos participaram de forma positiva, todos os integrantes do grupo queriam ver como a lanterna funcionava, alguns apresentaram dificuldade em destravar a lanterna, outros já conseguiram com facilidade.

Perceberam a ligação do movimento da alavanca com o funcionamento da lanterna. Durante o processo de desmontagem da lanterna tentaram descobrir o nome das peças, e quando não conseguiam, solicitaram o auxílio da professora que lhes explicou o que era cada elemento.

Após, responderam ao questionário.

A Figura 2.7 apresenta o momento de exploração dos alunos ao manusear a lanterna e interação com os colegas e com a professora ao realizar a atividade.

Figura 2.7 - Alunos explorando a lanterna, montando e desmontando: (a) Alunos explorando partes do dispositivo, (b) Interação dos alunos, (c) Aluno explorando o funcionamento da lanterna e (d) aluno respondendo questionário referente à atividade.



(a)

(b)

(c)

(d)

Fonte: arquivos da autora.

Aula 6, 7 e 8 - Explicação do conteúdo

Professor (a):

Tema: Explicação.

Componente curricular: Física

Duração: 135 minutos

Data: __/__/__

Objetivo: Compreender o conteúdo envolvido na produção de energia elétrica.

Desenvolvimento do tema

A partir da análise dos conteúdos e textos propostos na apostila de ciências dos alunos, FTD Educação e de outras editoras, assim como documentários, videoaulas pesquisadas nos canais do Youtube e em livros do nível superior, preparou-se Slides para a explicação dos conteúdos, segue no apêndice AA uma orientação para professor.

- Iniciar com uma breve retomada do que se entende por energia na física, suas características, a conservação de energia mecânica, transformações de energia.

- Questionar qual a importância da energia elétrica para eles, qual a importância da energia elétrica para sociedade e se há pessoas que vivem sem a energia elétrica no Brasil e se conseguem se colocar no lugar dessas pessoas, tentar fazê-los refletir

sobre a importância da descoberta da eletricidade e como muitas coisas ficaram mais fáceis a partir do seu surgimento.

- O professor deve explicar o conteúdo e esclarecer as dúvidas apresentadas pelos alunos, neste momento perceberá que muitos tem um conhecimento considerável a respeito do assunto e alguns nunca pararam para refletir sobre o tema, os próprios alunos tentam explicar para os colegas quando percebem a dúvida, é importante o professor participar deste momento, mas tomar o cuidado de não inibir quando o aluno der uma explicação equivocada, a partir do raciocínio do estudante deixar o assunto claro e correto, possibilitar que a ancoragem possa acontecer e assim a aprendizagem acontecer de forma significativa.

- Apesar do foco do trabalho ser as usinas que produzem corrente do tipo alternada, é importante apresentar a produção de energia elétrica a partir de usinas solares, pois este é um assunto que eles costumam questionar, por verem placas fotovoltaicas presentes em muitas casas, sendo algo que desperta a curiosidade. Iniciar com a usina solar, deixando nítido que este não será o foco das atividades, apresentar as placas, pode-se abordar brevemente o efeito fotoelétrico, fonte utilizada, custos para construção e como ocorre a produção de energia elétrica.

- Iniciar com fotografias de usinas, questionando se os alunos conseguem identificar qual está sendo apresentada em cada imagem, isto servirá como um levantamento diagnóstico a respeito do conhecimento dos alunos.

- Trabalhar as demais usinas, hidrelétrica, eólica, termelétrica/nuclear, mostrar imagens, apresentar a fonte de combustível utilizada por cada uma e focar no final, no que ambas tem em comum, se possível trazer benefícios e malefícios da construção de cada uma, vantagens e desvantagens, os riscos, acidentes que já aconteceram e como sugestão, segue no apêndice AA, alguns links de vídeos do canal Youtube, o professor pode fragmentar se achar necessário, ou apresentar outros documentários que achar pertinente, tudo dependerá do tempo disponível.

- Retomar a produção de energia elétrica focando no que é um gerador de energia, o que é um ímã, lei de indução de Faraday, funcionamento de um dínamo, corrente elétrica (não há necessidade de aprofundar neste momento, pois o mesmo assunto será retomado no quarto bimestre, no conteúdo de eletricidade, para alunos do 9º ano e para alunos do ensino médio, dependerá da grade curricular estabelecida na instituição de ensino).

- Trabalhar como essa energia produzida nas usinas chega até as tomadas, consumo e custo de energia.

Por se tratar de textos retirados da apostila dos alunos, pode ser difícil acessá-los quando não for uma instituição que trabalhe com o mesmo material, porém o professor pode utilizar e sugerir outros textos que abordem o assunto, visto que esta atividade serve como um recurso extra para os estudantes, o nome e uma síntese dos textos trabalhados estará no apêndice AA.

Aula 9 - Explicação do conteúdo

Professora:

Tema: Explicação

Componente curricular: Geometria

Duração: 45 minutos

Data: __/__/__

O objetivo: Resolver exercícios.

Desenvolvimento do tema

Trabalhar a resolução de exercícios com os alunos, os mesmos podem ser elaborados em parceria com o professor de Física, de acordo com os conteúdos abordados.

Sugestão: se o docente preferir poderá trabalhar o conteúdo de porcentagens em relação a cada tipo de usinas no Brasil ou no mundo, o uso de gráficos para verificação dessas informações, consumo de energia a partir da análise da fatura de energia ou dos equipamentos eletrônicos, entre outros assuntos que quiser relacionar.

Aula 10, 11, 12- Explicação do conteúdo

Professor(a):

Tema: Explicação

Componente curricular: Geografia

Duração: 125 minutos

Data: __/__/__

O objetivo: Explicar os impactos ambientais que as formas de se obter energia elétrica podem ocasionar.

Desenvolvimento do tema

Sugestão: Preparar a aula para apresentação em slides, para mostrar as imagens das usinas, combustíveis utilizados, impactos, estatísticas, o que torna a aula mais atrativa, a proposta é que nessas aulas os temas sejam abordados através da fala e que incentive o diálogo e debates.

- Trabalhar com os alunos as fontes de energia.

- Apresentar as estatísticas apresentadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) referentes aos maiores produtores de energia do mundo, apresentar quais são os maiores consumidores de recursos energéticos, qual o percentual de cada combustível utilizados pelo mundo.

- Explicar quais são as vantagens e desvantagens de se utilizar cada tipo de usina, em relação ao tempo de construção, as regiões de instalação, impactos ambientais custo final da geração de energia, impactos causados pelas barragens, interferência no modo de vida aquático e animais que habitam ou habitavam a região, lixo produzido pelas usinas nucleares, riscos de contaminação.

Aula 13 e 14 – Elaboração

Professor (a):

Tema: Elaboração

Componente curricular: Física

Duração: 90 minutos

Data: __/__/__

O objetivo: Construir uma maquete que consiga ligar um *led* gerando a energia necessária para isso.

Desenvolvimento tema:

Etapa 1: organizar a sala em grupos e iniciar a construção da maquete.

Etapa 2: Auxiliar os alunos na construção das maquetes, não interferir na criatividade, deixá-los livres para criar, apenas cuidar para que não ocorra acidentes com a cola quente, tesouras ou materiais cortantes.

Após as aulas para construção da maquete e a conclusão da atividade, sugere-se que os alunos sejam avaliados pelas suas obras.

Sugestão para avaliar as maquetes: preparar um momento de exposição para os colegas da escola, convide outros docentes, a coordenação ou direção, aqueles que tiverem interesse ou se sentirem a vontade com a posição, dando papéis para darem notas de 1 a 5 em algumas características importantes, que devem ser apresentadas aos alunos antes da confecção da maquete, tais como: criatividade, dificuldade, habilidade, funcionamento, ao final aquele grupo que obtiver a maior pontuação ganhará uma recompensa, algo para motivá-los. Na proposta apresentada o grupo vencedor ganhou uma hora de boliche, pode-se pensar em outros agrados, um troféu, uma medalha, um livro. Se o docente não quiser realizar a exposição poderá avaliá-los na sala de aula e poderá usar os mesmos critérios.

Na figura 2.8 têm-se imagens dos alunos no processo de construção das maquetes, interação entre aluno/aluno e professor/aluno, momento em que estavam livres para explorar a imaginação, criatividade e mostrar suas habilidades artísticas.

Figura 2.8 - Imagem fotográfica dos alunos construindo a maquete: (a) Professora auxiliando alunos na utilização de um *led*, (b) alunos interagindo durante a construção das maquetes, (c) Aluno com maquete pronta, (d) alunos confeccionando maquete.



a)

b)

c)

d)

Fonte: arquivos da autora.

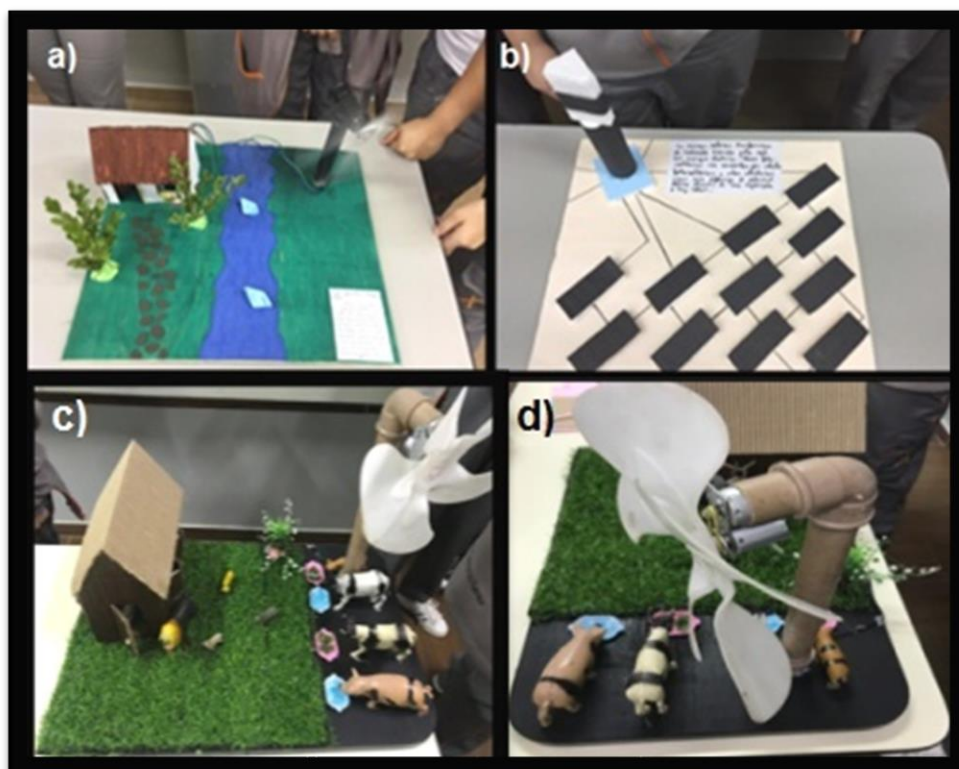
Após as aulas, para construção da maquete, teve-se um momento de exposição na sala, para que as mesmas fossem avaliadas, na Figura 2.9 (a), (b), (c) e (d), Figura 2.10 (a), (b), (c) e (d), e Figura 2.11 (a), (b), (c) e (d), teremos as maquetes prontas, alguns alunos construíram maquetes estáticas representando usina nuclear, usina hidrelétrica, usina solar e maquetes dinâmicas, representando usina Eólica, os alunos tiveram a liberdade para escolher qual usina gostaria de representar em uma maquete, porém um dos critérios avaliados foi à dificuldade na execução, outros foram a criatividade e a estética.

Figura 2.9 - Maquetes produzidas pelos alunos: (a) Maquete de uma usina eólica, ligando 6 *leds* a partir do movimento de uma hélice, (b) Maquete de uma usina eólica ligando 2 *leds*, (c) Maquete usina eólica com 4 *leds* utilizando uma bateria e (d) Maquete funcionando.



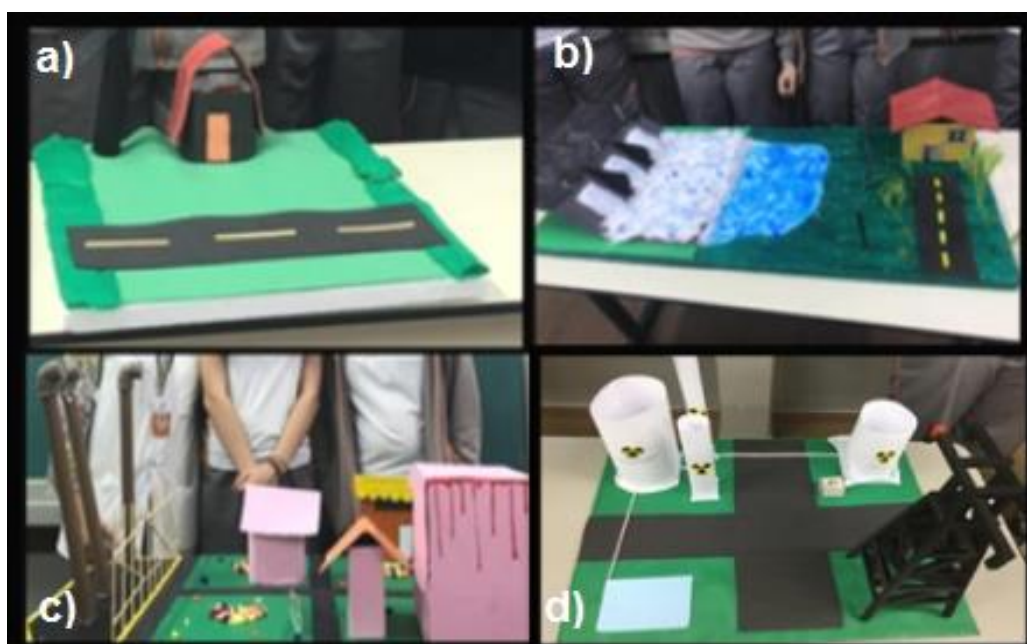
Fonte: arquivos da autora.

Figura 2.10 - Maquetes produzidas pelos alunos: (a) Maquete de uma usina eólica, ligando 1 led, (b) Maquete de uma usina solar, (c) Maquete usina eólica com 4 leds utilizando uma bateria e (d) Maquete funcionando.



Fonte: arquivos da autora.

Figura 2.11 - Maquetes produzidas pelos alunos: (a) Maquete inacabada, (b) Maquete de uma usina hidrelétrica, (c) Maquete usina eólica com 3 geradores (d) Maquete usina nuclear.



Fonte: arquivos da autora.

Aula 15 e 16- Elaboração

Professor (a):

Tema: Elaboração

Componente curricular: Artes

Duração: 90 minutos

Data: __/__/__

Objetivo: Construir uma maquete que consiga ligar um *led* gerando a energia necessária para isso.

Desenvolvimento tema

Etapa 1: Solicitar aos alunos que continuem a construção da maquete.

Etapa 2: Professora deve auxiliá-los na construção, dando ideias, ajudando na execução quando achar necessário e motivá-los a utilizarem a criatividade, deixá-los livres para criar, apenas cuidar para que não ocorra acidentes com a cola quente, tesouras ou materiais cortantes que possam estar utilizando.

Aula 17- Avaliação

Professora:

Tema: Avaliação.

Componente curricular: Física

Duração: 45 minutos

Data: __/__/__

O objetivo: Avaliar os alunos a partir da construção de um mapa conceitual.

Desenvolvimento do tema

Etapa 1: Entregar aos alunos um modelo de mapa conceitual (apêndice C).

Etapa 2: Construção do mapa.

Etapa 3: Recolher os mapas para análise e avaliação.

Após a conclusão da UEPS os trabalhos dos alunos foram expostos no pátio do colégio, para que outros alunos pudessem prestigiar o trabalho, na Figura 2.12, temos imagens da exposição dos alunos sendo prestigiados pelos seus colegas e professores.

Figura 2.12 - Exposição dos alunos e explicação do trabalho no pátio do colégio.



Fonte: arquivos da autora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Produto Educacional foi elaborado como uma proposta para o desenvolvimento do trabalho da dissertação do mestrado no programa de Pós-Graduação no Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física (MNPEF) do polo da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Paraná. Buscou-se com este trabalho uma nova experiência docente, que possibilitou conhecer e aplicar uma metodologia com novos elementos ou novas formas de abordagem.

Para a obtenção de resultados satisfatórios buscou-se realizar uma sequência de atividades, a partir de teorias que se baseiam na utilização do conhecimento prévio dos alunos, chamado de subsunçores na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, realizando as atividades a partir desse momento.

A partir das análises das respostas dos estudantes, através da fala e por meio de questionários ao longo do processo, percebeu-se vários pontos importantes em que se aproximou a proposta com o cotidiano dos alunos. Desde a atividade inicial com o intuito de levantar o conhecimento dos discentes e mostrar a problematização inicial com discussões, observou-se a busca pelo conhecimento por parte dos estudantes que discutiram, apresentaram dúvidas e testemunharam experiências pessoais sobre o tema. Pode-se perceber, principalmente após o contato com a prática da lanterna e das explicações teóricas, o entendimento no processo de produção de energia, na construção das maquetes em que tentavam fazer funcionar um *LED* ou ainda ao explicar como funcionava sua “usina” e quais elementos eram indispensáveis no processo.

Acredita-se que docentes que optem por utilizar as propostas deste trabalho proporcionarão uma aprendizagem significativa a seus alunos, que será construída a partir de momentos de motivação, interação, exploração, criatividade desenvolvidas em atividades práticas que buscam a aprendizagem de conceitos de eletricidade.

A escolha pelo assunto se fez a partir de experiências da autora, por se tratar de um assunto que se apresenta abstrato aos alunos, porém está presente em grande parte de suas experiências cotidianas.

Portanto, espera-se, que ao utilizar este material como uma fonte de pesquisa, o docente tenha contato com propostas úteis ao ambiente escolar e que consiga realizar o processo de ensino-aprendizagem, que esta proposta motive para novas práticas educacionais.

REFERÊNCIAS

AMÊNDOLA, C. A. M. **Contribuição ao Estudo de Aerogeradores de Velocidade e Passo Variáveis com Gerador Duplamente Alimentado e Sistema de Controle Difuso**. 2007. Disponível em: < teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-06122007-142431/publico/TESE_AmendolaCAM.pdf >. Acesso em: 19/01/2020.

CASTRO, L. P. S.; MORTALE, T. A. d. B. **Energia: Levantamento das Concepções Alternativas**. 1ª ed. São Paulo. Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2012.

FANTÁSTICO. **Césio 137: 30 anos - Fantástico - 03/09/2017**. 2017. Disponível em: < youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM >. Acesso em: 06/05/2019.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade E Transdisciplinaridade Na Formação De Professores**. v.10. Foz do Iguaçu. Revista do Centro de Educação e Letras, UNIOESTE. 2008.

FERREIRA, A. B. H.. **Mini Aurélio Século XXI Escolar – O minidicionário da língua portuguesa**. 4ª ed. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 2000.

GAROFALO, D. **Como levar o STEAM para a sala de aula**. 2019. Disponível em: < novaescola.org.br/conteudo/18021/como-levar-o-steam-para-a-sala-de-aula >. Acesso em: 05/05/2019.

GODOY, L.; OGO, M. **Livro e manual do professor – 9º ano – Ciências**. 1ª ed. São Paulo. FTD. 2015.

GONICK, L.; HUFFMAN, A. **Introdução Ilustrada à Física**. 1ª ed. São Paulo. HARBRA. 1994.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. 3ª ed. São Paulo. Pearson. 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 3 - Eletromagnetismo**. 4ª ed. Rio de Janeiro. JC. 1984.

HELERBROCK, R. **Usinas de eletricidade**. 2019. Disponível em: < brasilecola.uol.com.br/fisica/usinas-eletricidade.htm >. Acesso em: 20/01/2020.

HERMANSON, Ana Paula. PARIS, Cláudio. SANTOS, Marcos Anderson Benfica. **Fundamento CIÊNCIAS – Professor – 9º ano**. 1ª ed. Ribeirão Preto. Saraiva. 2016.

HONEY, M.; PEARSON, G.; SCHWEINGRUBER, H. **STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research**. Washington, DC. The National Academie Press. 2014.

MORETTO, E. M.; GOMES, C. S. e outros autores. **Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica**. 2012. Disponível em:

<scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2012000300009&script=sci_arttext >. Acesso em: 20/01/2020.

PEREIRA, Á. J. **Fantástico - Acidente Nuclear Chernobyl - 30 Anos**. 2016. Disponível em: < youtube.com/watch?v=jslHCA19kWg >. Acesso em: 06/05/2019.

PEREIRA, Á. J. **Fantástico Acidente Nuclear Chernobyl 30 Anos - parte 2**. 2016. Disponível em: < youtube.com/watch?v=L7o6kDqhVy8 >. Acesso em: 06/05/2019.

ROLDÃO, C. G.; NAKAZONE, H. e outros autores. **Araribá Plus – Ciências 9**. 4ª ed. São Paulo. Moderna. 2014.

SANTIAGO, E. **Dínamo**. 2012. Disponível em: < nfoescola.com/eletricidade/dinamo/ >. Acesso em: 20/01/2020.

SÓ FÍSICA. **História da Eletricidade**. 2008. Disponível em: < sofisica.com.br/conteudos/ HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php >. Acesso em: 20/05/2019.

THE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **STEM Integration in K-12 Education**. 2015. Disponível em: < youtube.com/watch?v=AIPJ48simtE >. Acesso em: 11/09/2019.

VALLE, M. G.; HERMANSON, A. P.; SANTOS, M. A. B. **Novo CIÊNCIAS – Professor – 9º ano**. 1ª ed. Ribeirão Preto. Saraiva. 2015.

Apêndice A - Texto de Apoio ao Professor

1- Conceitos Físicos - Energia Elétrica

Nesta seção, abordaremos o referencial teórico sobre os principais conceitos utilizados no processo de produção de energia elétrica. Para este levantamento de conteúdos baseou-se principalmente nos textos de Larry Gonick e Art Huffman (1994), David J, Griffiths (2011), David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker (2009), Richard Feynman (2008) e Paul Tipler (2000) em nível de graduação. Utilizou-se também o livro editado pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 1998) (Coordenado pelos professores Luiz Carlos Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume), Física-3, Eletromagnetismo. Nas aulas foram utilizados os livros didáticos do nível fundamental II e Ensino Médio e apostilas de várias editoras foram: “Araribá *plus* Ciências” - Moderna (2014), “Física 9ºano” Positivo (2012), “Física” Poliedro (2019), “Ciências” Poliedro (2019), apostila FTD (2016) e apostila Ético (2015). A escolha pelos livros do ensino fundamental e médio se fez devido a obrigatoriedade em se utilizar o material proposto pela escola.

ENERGIA

A definição de energia é uma ideia abstrata segundo Feynman (2008), ela é um princípio matemático que diz que existe uma quantidade numérica, que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas algo que podemos calcular, algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. Em suas próprias palavras:

É importante perceber que, na física atual, não temos conhecimento do que é a energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isto não é assim. Entretanto, existem fórmulas para calcular certas quantidades numéricas e ao somarmos tudo o resultado é “28” – sempre o mesmo número. É algo abstrato no sentido de que não nos informa o mecanismo ou a *razão* para as várias fórmulas. (FEYNMAN, 2008, cap. 4-1).

A definição mais utilizada para definir energia é por meio da sua relação com o

trabalho⁹, por este motivo definimos energia como a capacidade de realizar trabalho. Assim, trabalho do ponto de vista da Física é o processo de transformação de uma forma de energia em outra. Na natureza, do ponto de vista macroscópico, onde as leis do movimento são ditadas pelas leis de Newton, a energia é constante. Não se cria e nem se destrói a energia.

Realmente, esta descrição é utilizada por Halliday (2009). Para o autor, o termo energia é tão amplo, que é difícil uma definição concisa. Uma definição menos rigorosa que serve de ponto de partida é a de que energia é um número que se associa a um sistema de um ou mais objetos, se por meio de uma força o objeto entrar em movimento, o número que descreve a energia irá variar. O autor continua: “A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total é sempre a mesma (a energia é conservada). Até hoje, nunca foi encontrada uma exceção desta lei de conservação da energia”. (HALLIDAY, 2009, v.2, p. 153).

Santos (2012) explica que, a energia é uma grandeza escalar, e trata-se de um recurso natural que pode ser utilizada para satisfação das necessidades dos homens.

A unidade de medida utilizada para energia no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Joule. Que significa que 1 Joule é a quantidade de energia utilizada para uma força de 1 N mover um corpo por 1 metro. O Quadro 1.1 apresenta as unidades correspondentes de energia em equivalência ao Joule.

Quadro 1.1 - Unidades de medida para energia em relação ao Joule.

Unidade de medida para energia no SI	Unidade correspondente
1 Joule	1 <i>N m</i> (Newton metro)
1 Joule	10 ⁷ ergs (sistema gaussiano)
1,6 10 ⁻¹⁹ Joule	1 <i>eV</i> (elétron-volt)
4,2 Joule	1 <i>cal</i> (calorias)

Fonte: a autora.

Iniciaremos por apresentar a energia no contexto da mecânica newtoniana, visto que para compreender o funcionamento da geração de energia necessita-se do conceito de Energia Potencial gravitacional e energia cinética, e sua relação com a energia mecânica. E, este processo é normalmente desenvolvido por meio do conceito

⁹ A palavra trabalho empregada pelos físicos não tem o mesmo significado da palavra empregada pela população em geral.

de trabalho.

O trabalho quando realizado por uma força constante \vec{F} , é dado pelo produto escalar entre a força e o vetor deslocamento:

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (1.1)$$

Em que: $\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$ é o vetor que representa a força aplicada em um corpo ao longo do percurso de A para B e $d\vec{r} = dx \hat{i} + dy \hat{j} + dz \hat{k}$ é o vetor deslocamento. O trabalho assim como a energia é uma grandeza escalar. A equação (1.1) pode ser escrita¹⁰, na forma unidimensional na direção de x , como:

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B F_x dx \cos \theta . \quad (1.2)$$

E, que:

- para $\theta = 0^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = \int_A^B F_x dx$, caso a força seja constante: $W_{A \rightarrow B} = F \Delta x$;
- para $\theta = 90^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = 0$
- para $\theta = 180^\circ \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = - \int_A^B F_x dx$, caso a força seja constante: $W_{A \rightarrow B} = -F \Delta x$;

Os casos em que as forças são constantes, são como os vistos no ensino médio.

A solução da Eq. (1.1) ou (1.2) em uma única dimensão, fornece um tipo de energia armazenada no corpo ao sofrer um deslocamento devido a uma força \vec{F} .

Temos um tipo de força, chamada de força conservativa, que produz o mesmo trabalho independente do caminho realizado pelo corpo para ir de A até B. A força gravitacional é um exemplo dessa força. Não importa se liberarmos um corpo de uma altura 'h', com relação à superfície, por meio de uma rampa inclinada ou liberar o corpo na vertical, o trabalho será o mesmo, desde que sejam desprezadas as forças dissipativas no sistema. O corpo terá, ao final do trabalho realizado, uma energia potencial convertida em energia cinética, em qualquer um dos casos.

¹⁰ Utilizando a definição de produto escalar $\vec{A} \cdot \vec{B} = A B \cos \theta$, sendo A e B o módulo dos vetores \vec{A} e \vec{B} , respectivamente e θ o ângulo entre eles.

Assim, no caso desses exemplos, na ausência da força de atrito e de resistência do ar, que são forças dissipativas, a energia mecânica que é definida pela soma da energia potencial gravitacional (mgh), mais a energia cinética ($\frac{1}{2}mv^2$), que se compensam entre a situação inicial e final, cujo resultado será sempre uma constante, satisfaz a lei de conservação de energia mecânica, $\Delta E_m = 0$, ou seja, que, a energia mecânica total inicial será igual a energia mecânica total final:

$$Em_i = Em_f . \quad (1.3)$$

$$\Delta E_m = 0$$

Que é a lei de conservação de energia dada pela equação.

A energia pode se manifestar em diferentes formas, além dessas duas: a potencial gravitacional e a cinética. Veja alguns exemplos.

- 9) Energia elétrica: está relacionada ao movimento de cargas elétricas.
- 10) Energia hídrica: proveniente do movimento das águas.
- 11) Energia solar: a fonte é a radiação solar
- 12) Energia química: extraída dos alimentos e de reações químicas.
- 13) Energia eólica: gerada pelo movimento do ar.
- 14) Energia nuclear: proveniente da fissão do núcleo de um átomo.
- 15) Energia potencial elástica: relacionada à deformação plástica de um material elástico.
- 16) Energia geotérmica: relacionada ao interior da Terra, entre outras.

A energia elétrica, seja qual for sua fonte, não é utilizada apenas para manter a refrigeração ou uma máquina funcionando. Na sociedade atual, ela é fonte para o desenvolvimento econômico, tecnológico, industrial. Ou seja, ela está diretamente relacionada a qualidade de vida da população. Não seria possível imaginarmos nossa sociedade sem energia elétrica.

No entanto, sua produção pode estar relacionada a custos ambientais, na qual toda a sociedade paga por eles. Cabe ao professor levar esta questão aos estudantes, além dos conceitos científicos envolvidos.

ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é uma consequência direta da existência da carga elétrica.

No século VI a.C., na Grécia Antiga, o filósofo Tales de Mileto descobriu que quando uma resina vegetal fóssil petrificada chamada âmbar (*elektron* em grego), era esfregada com pele e lã de animais, podia atrair objetos leves como palhas, fragmentos de madeira e penas.

Em 1730, o físico inglês Stephen Gray identificou que, além da eletrização por atrito, também era possível eletrizar corpos por contato (encostando um corpo eletrizado num corpo neutro). Por meio de tais observações, ele chegou ao conceito de existência de materiais que conduzem eletricidade com maior ou menor eficácia, e os denominou como condutores e isolantes elétricos. Com isso, Gray viu a possibilidade de canalizar a eletricidade e levá-la de um corpo a outro.

O químico francês Charles Dufay, em 1733, propôs a existência de dois tipos de eletricidade, a vítrea e a resinosa, que fomentaram a hipótese de existência de fluidos elétricos.

Essa teoria foi, mais tarde, aperfeiçoada por Benjamin Franklin, que devido suas descobertas sobre a eletricidade lhe trouxeram uma reputação internacional. Franklin identificou as cargas positivas e negativas e demonstrou que os trovões são fenômenos de natureza elétrica. Esse conhecimento serviu de base para seu principal invento, o para-raios.

Portanto, carga elétrica é uma propriedade inerente da matéria e não um fluido. É uma propriedade intrínseca de uma das partículas elementares da natureza – o elétron. E pode explicar uma série de outros fenômenos da natureza.

Alessandro Volta inventa, em 1799, a pilha voltaica, obtendo uma fonte de corrente elétrica estável. A lista não acaba por aqui, Thomas Edison desenvolveu muitos equipamentos elétricos, destacando-se a lâmpada elétrica (1879).

Para melhor compreensão, considere que o modelo atômico de Rutherford (apresentado à comunidade científica em 1911). O átomo é formado por um núcleo com prótons (os quais, por convenção, apresentam carga elétrica positiva), nêutrons (não apresentam carga elétrica) e por elétrons (apresentam carga elétrica negativa) girando ao redor do núcleo, organizados em camadas específicas, ou eletrosferas. Ou seja, um átomo é um elemento eletricamente neutro, sendo assim o número de

prótons, com carga positiva no núcleo, é o mesmo número de elétrons com carga negativa na eletrosfera.

A carga elementar equivale a $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb (C) e é negativa para o elétron e positiva para o próton.

Quando dizemos que um corpo está carregado positivamente, significa que ele perdeu elétrons. E quando dizemos que um corpo está carregado negativamente, dizemos que ele ganhou elétrons. O material apresenta capacidade de ganhar ou perder elétrons por atrito, contato ou indução.

A carga elétrica total será dada por um múltiplo inteiro da carga fundamental:

$$Q = n e \quad , \quad (1.4)$$

em que: Q é a quantidade de carga de um corpo, unidade no SI (C); e é a carga elementar, unidade no SI (C), e n é a diferença entre o número de prótons e o número de elétrons.

Conforme citado em Tipler (2000), uma carga elétrica gera um campo elétrico \vec{E} em todo o espaço, e é este campo quem exerce uma força (\vec{F}) sobre uma segunda carga, e no caso de um conjunto de cargas gerando campos elétricos preenchendo todo o espaço, e colocando uma carga de prova positiva em algum ponto próximo a elas, haverá uma força exercida sobre essa carga de prova por cada carga individual, e a expressão para calcular o campo elétrico em um ponto é dada por:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad , \quad (1.5)$$

cuja unidade é N/C . E, a força exercida sobre uma carga de prova em qualquer ponto está relacionada ao campo elétrico naquele ponto por:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad , \quad (1.6)$$

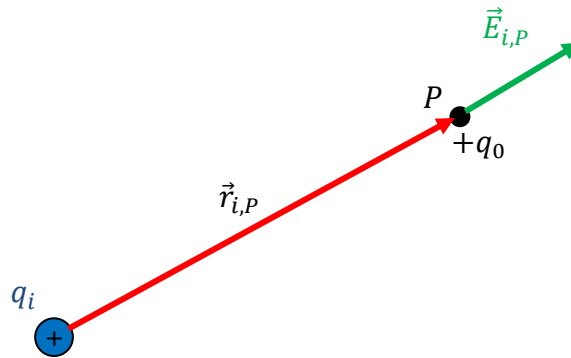
A lei de Coulomb afirma que a força entre uma carga de prova $+q_0$ (situada em P) e uma carga q_i distantes de uma quantidade $\vec{r}_{i,0}$ (Figura 1.1) é representada pela

expressão:

$$\vec{F}_{i,P} = \frac{kq_i q_0}{r_{i,P}^2} \hat{r}_{i,P} \quad (1.7)$$

em que k é a constante de proporcionalidade (constante eletrostática), que no vácuo é dada por: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, com $\epsilon_0 = 8,8541878176 \cdot 10^{-12}$ F/m, denominada de constante de permissividade elétrica no vácuo.

Figura 1.1 – Representação da força atuando entre duas cargas sendo uma delas a de prova q_0 e uma carga pontual q_i (fonte puntiforme), e o campo elétrico devido a ela no ponto P .



Fonte: adaptado da referência Tipler (2006).

De forma que o campo elétrico no ponto P devido à carga q_i é dada por:

$$\vec{E}_{i,P} = \frac{kq_i}{r_{i,P}^2} \hat{r}_{i,P} \quad (1.10)$$

Na Tabela 1.1 apresentam-se alguns valores de campos elétricos encontrados na natureza.

Tabela 1.1 – Dados da magnitude de campos elétricos encontrados na natureza.

Elementos	$E \left(\frac{N}{C} \right)$
Condutores elétricos domésticos	10^{-2}
Ondas de rádio	10^{-1}
Atmosfera	10^2
Luz Solar	10^3
Sob uma nuvem de tempestade, ou em um raio, ou em um tubo de raios X	10^4
Elétron de um átomo de hidrogênio	6×10^{11}
Superfície de um núcleo de urânio	2×10^{21}

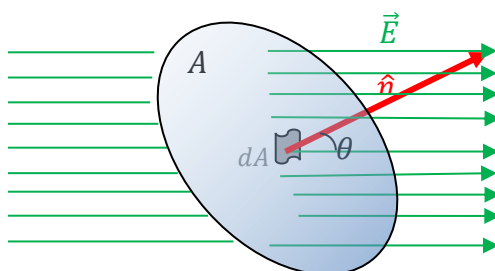
Fonte: adaptado da referência Tipler (2000).

O número de linhas de campo que atravessam uma superfície é denominado de fluxo elétrico, \vec{E} é proporcional ao número de linhas do campo por unidade de área (A), \hat{n} é a normal a superfície (Figura 1.2), sendo representado pela equação:

$$\phi = \vec{E} \cdot \hat{n} A = EA \cos \theta \quad (1.11)$$

sendo θ o ângulo formado entre o vetor campo elétrico e o vetor normal a superfície \hat{n} (Figura 1.2). Cujas unidades no SI é $(Nm^2)/C$.

Figura 1.2 – Representação do fluxo do campo elétrico \vec{E} , em que o campo elétrico faz um ângulo θ relação ao elemento de área dA normal \hat{n} a superfície.



Fonte: adaptado da referência (Tipler, 2000).

Podemos classificar os materiais em condutores e isolantes elétricos, em que o primeiro grupo representa materiais que oferecem baixa resistência ao movimento dos elétrons e o segundo grupo representa alta resistência, como borracha, plástico, madeira.

Esta propriedade está relacionada com o tipo de ligação química entre as

unidades constituintes do material, átomos ou moléculas. Por exemplo, os metais são bons condutores de eletricidade porque permitem o movimento dos elétrons nas bandas de condução. As bandas são formadas pelo agrupamento das camadas eletrônicas devido à proximidade entre um átomo do metal e outro.

Como definição de corrente elétrica, de acordo com os livros ou apostilas didáticas, é um fluxo ordenado de elétrons que se movimentam devido à aplicação de uma diferença de potencial. Portanto, quando as extremidades de um fio condutor estão conectadas aos polos de um gerador elétrico (pilhas, baterias), os elétrons são colocados em movimento, seguindo uma mesma direção e sentido.

A definição de corrente elétrica, como a taxa de carga que passa através da área da seção transversal de um condutor, em um determinado tempo, $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, com uma determinada velocidade $v_d = \frac{\ell}{\Delta t}$, e considerando a eq. (1.6) com $n = NA\ell$ fica representada por:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = e N A v_d \quad (1.13)$$

Sendo: i a corrente elétrica cuja unidade de corrente elétrica é dada pela razão Coulomb (C) por segundo (s), conhecido como Ampère (A); e a carga do elétron dada em (C); N é o número de elétrons por cm^3 ; v_d é a velocidade de migração dos portadores de carga no intervalo de tempo Δt (m/s); A é a área de seção reta do condutor (m^2).

Comumente representa-se corrente por uma seta ($\overset{i}{\rightarrow}$), mas é importante lembrar que corrente elétrica é uma grandeza escalar. O sentido da corrente, por convenção, é oposto ao deslocamento dos elétrons.

Quando um ponto carregado tem mais cargas elétricas negativas que o outro, dizemos que ele é negativo e o outro, positivo. Assim, a designação entre positivo e negativo se refere a um valor relativo de quantidade de cargas entre dois pontos distintos no espaço. Se um condutor preencher este espaço, teremos uma corrente contínua enquanto existir a diferença de cargas.

Quando a energia potencial no ponto A é menor do que no ponto B, conseqüentemente a ddp no ponto A, também vai ser menor do que no ponto B, o que indica que a energia elétrica da corrente aumenta, e o trabalho é denominado de resistente, pois o movimento das cargas é de forma forçada.

A potência é definida como a variação do trabalho em relação ao tempo:

$$P = \frac{dW}{dt} . \quad (1.14)$$

Após, manipulações matemáticas, temos:

$$P = \frac{U\Delta q}{\Delta t} = U i, \quad (1.15)$$

em que considerou-se $\frac{\Delta q}{\Delta t} = i$, a corrente elétrica.

A potência também pode ser entendida como a razão da energia pelo tempo, e a energia depende do tipo de energia que está sendo estudado, se o estudo é de energia mecânica pelo tempo teremos potência mecânica, se tivermos energia luminosa pelo tempo teremos energia luminosa e a variação da energia elétrica E_{el} ($J = kgm^2/s^2$) pelo intervalo de tempo Δt em s, será potência elétrica P ($J/s = W = kg m^2/s^2$):

$$P = \frac{\Delta E_{el}}{\Delta t} . \quad (1.16)$$

No entanto, é importante ressaltar que geralmente, nos livros didáticos, o desenho esquemático para representar a corrente elétrica é bastante ingênuo. Na verdade, os elétrons não podem 'andar' livremente mesmo em materiais condutores. Mesmo as ditas correntes contínuas, produzidas por pilhas e baterias, o que se move é uma energia eletromagnética devido ao movimento da carga elétrica. É essa a forma de produção de energia que vamos abordar aqui.

Primeiramente, vamos relatar que uma força de atração ou repulsão, semelhante à observada como consequência da carga elétrica, foi verificada na magnetita (Fe_3O_4), que são minerais encontrados no solo e em meteoros.

Andrade (2018) explica que estes objetos denominados de pedra-ímã, são minerais que tem a capacidade de atrair materiais ferromagnéticos (materiais compostos por: ferro, cobalto, níquel e ligas compostas por elas).

Atualmente o conhecimento do comportamento magnético destes óxidos minerais permite a confecção de ímãs com propriedades magnéticas predeterminadas.

Não é escopo deste trabalho discutir as propriedades relevantes para a obtenção de ímãs, mas é importante salientar que um elétron possui uma propriedade intrínseca que é o *spin*, e ele junto com o momento angular, que elas possuem ao

redor do átomo, são os responsáveis pela propriedade magnética da matéria (Oliveira, 2010). O *spin* é um ímã elementar do elétron. O campo magnético é o resultado do movimento da carga elétrica. Assim, tanto o momento angular de *spin* e orbital podem se somar gerando um campo magnético resultante. Daí a observação de que não existem cargas magnéticas e nem monopolo magnéticos.

Griffiths (2011) destaca que:

Se você perguntar a uma pessoa comum o que é 'magnetismo', ela provavelmente irá lhe falar sobre ímãs, agulhas de bússola e o polo Norte-nenhum dos quais tem qualquer relação óbvia com cargas em movimento ou fios pelos quais passam correntes. E, no entanto, todos os fenômenos magnéticos são devidos a cargas elétricas em movimento. (GRIFFITHS, 2011, p.177)

Assim, apesar da natureza distinta na obtenção de forças por atração ou repulsão das cargas elétricas e das forças magnéticas observadas no ímã natural, estes fenômenos estão relacionados.

Em 1819, Hans C. Oersted observou que se uma corrente contínua (nesta época só existia corrente contínua) percorresse um fio, paralelo a uma agulha de uma bússola, esta sofreria deflexão. Mas se a agulha estivesse perpendicular ao fio nenhum efeito era observado. A explicação foi dada considerando que havia um campo magnético ao redor do fio por onde passa uma corrente elétrica.

Em 1820, Ampère, após realizar mais experimentos, formaliza a relação entre corrente elétrica e campo magnético:

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

sendo μ_0 a permeabilidade magnética no vácuo dada por $4\pi \cdot 10^{-7} \text{N/A}^2$.

Onze anos após, em 1831, Michel Faraday observou que uma força eletromotriz e uma corrente poderiam ser induzidas em uma espira variando o campo magnético que atravessa a espira. A seguir apresentam-se relatos de uma série de experimentos em que se detecta uma corrente elétrica:

- a) Movendo uma espira de fio para direita, através de um campo magnético, observou que uma corrente passava pela espira;
- b) Mantendo a espira parada e movendo o ímã para esquerda, novamente se observou a passagem de corrente pela espira;

- c) Mantendo a espira e o ímã em repouso, mas mudando a intensidade do campo, observou novamente que uma corrente passou pela bobina.

Assim, conforme citado por Gonick, 1993:

“Quando se move o ímã próximo ao aro ou espira metálica, surge a corrente. De onde vem a energia que faz balançar o ponteiro do galvanômetro ou faz piscar uma lampadinha? Ora, quando a corrente induzida surge no fio, ela também produz um campo magnético que resiste ao movimento do ímã. É preciso então trabalho para movê-lo.” (Gonick, 1993, p. 168).

Faraday descobriu empiricamente, que a força eletromotriz (*fem*) é igual a taxa de mudança de fluxo magnético no tempo, Lenz generalizou surgindo um sinal negativo (informando que a corrente induzida como sendo contrária a variação do campo magnético que a gerou.):

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.17)$$

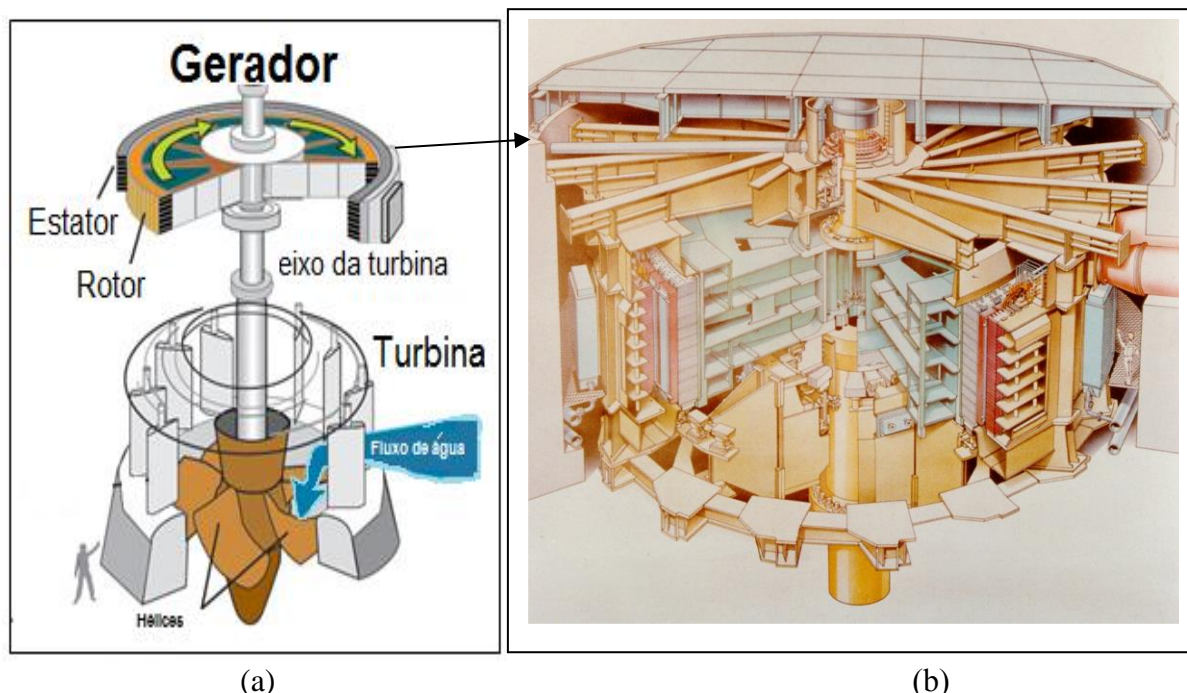
A indução eletromagnética é a produção de uma corrente elétrica induzida, a partir da variação de um campo magnético.

As usinas, geradoras de corrente elétrica, são fontes da força eletromotriz e utilizam este princípio.

Logo, os geradores elétricos são dispositivos que convertem um tipo de energia em energia elétrica, este funcionamento ocorre graças aos eletroímãs presentes em seu interior. (Hermanson, 2015).

Para gerar energia elétrica em uma usina hidrelétrica, por exemplo, o processo se dá por meio da rotação de uma série de eletroímãs dentro de espiras metálicas. Na Figura 1.3 apresenta-se um modelo do interior de um gerador, dessas partes, duas se relacionam diretamente a geração da energia elétrica: o rotor e o estator (*Stator*).

Figura 1.3 – Figura esquemática indicando as partes de (a) forma geral do gerador acoplado à turbina, e (b) ampliada do interior de um gerador de hidroelétrica.



Fontes: (a) adaptada de Wikimedia Commons; (b) <https://www.itaipu.gov.br/energia/unidades-geradoras>.

As bobinas dos eletroímãs recebem de uma fonte a energia elétrica, o que gera nestas bobinas um campo magnético e magnetiza o núcleo de ferro, no interior das bobinas do estator. O rotor é o conjunto de eletroímãs presos ao eixo da turbina, eles são formados por um núcleo de ferro com fios de cobre enrolados.

O movimento do rotor faz gerar um fluxo de campo magnético, no interior das bobinas, gerando a corrente induzida. O estator é o conjunto de bobinas que ficam paradas enquanto o rotor gira.

O fluxo do campo magnético, Φ_B , (Wb), através da bobina, é dado por:

$$\Phi_B = NBA \cos \theta \quad (1.18)$$

Sendo: N o número de espiras girando em um campo magnético constante; B é o campo magnético (T); A é a área da bobina (m^2), e θ é o ângulo que a normal ao plano da bobina faz com o campo magnético. Conforme ilustrado na Figura 1.5, trocando o campo elétrico pelo magnético.

Uma tensão é induzida entre os terminais quando uma força externa gira a bobina, variando o fluxo que a atravessa. O ângulo no instante t será dado:

$$\theta = \omega t + \delta , \quad (1.19)$$

sendo ω é a velocidade de rotação e δ o ângulo inicial. Nesse caso a equação do fluxo magnético através da bobina passa a ser dado:

$$\Phi_B = NBA \cos(\omega t + \delta) \quad (1.20)$$

A tensão máxima, *fem*, na bobina é dada por:

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} = NBA \omega . \quad (1.21)$$

É importante ressaltar que na prática os geradores usados são mais complexos. A mesma bobina em um campo magnético, que produz uma tensão alternada no gerador de corrente alternada (CA), pode ser utilizada como um motor de CA.

Assim, podemos produzir a energia elétrica por meio de um gerador e obter o que chamamos de corrente alternada, que é a energia que chega em nossas casas.

A energia elétrica das nossas casas é produzida por um imenso gerador e que por questões de praticidade, nosso consumo é medido em quilowatt-hora ou KWh. Esta grandeza é a medida de energia em Joule, mas obtida pelo tempo de uso de cada aparelho, que consome uma energia elétrica de acordo com sua potência, a conversão do consumo em *Kwh* para *J* pode ser feito da seguinte maneira:

$$1kwh = \left(1.000 \frac{J}{s}\right) (3.600 s)$$

$$1kwh = 3,6 \times 10^6 J.$$

Como apontado por Tipler (2000) a corrente alternada pode ser usada para transportar energia elétrica a grandes distâncias, usando altas tensões e baixas correntes, reduzindo assim, as perdas de energia nas linhas de transmissão por efeito Joule. O efeito Joule é o aquecimento dos fios por onde passa uma corrente elétrica. Trata-se de um efeito dissipativo. A energia térmica não pode ser recuperada para ser

empregada para a energia elétrica.

Outra aplicação da Lei de indução eletromagnética é em um dispositivo chamado de dínamo. Ele é capaz de transformar energia mecânica em energia elétrica. É constituído basicamente por um ímã fixo no interior de uma bobina sem que haja entre eles contato físico. O funcionamento de um dínamo está relacionado à indução eletromagnética podendo ser explicada pela lei de Lenz, que estabelece o sentido da corrente induzida como sendo contrária a variação do campo magnético que a gerou.

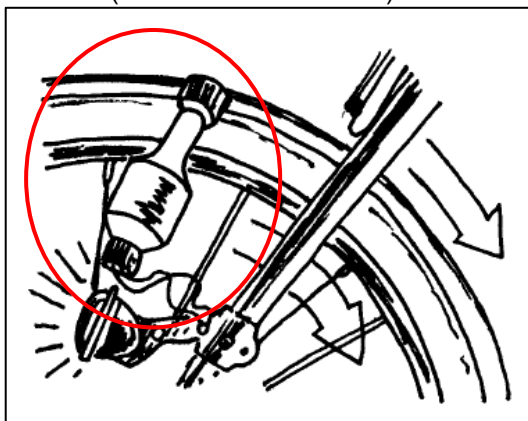
Segundo o GREF (1998), além dos geradores em usinas, temos também alternadores e dínamos que funcionam a partir do mesmo princípio, o que difere é a forma de se obter a rotação do eixo do gerador.

No dínamo usado em bicicletas, normalmente para acender a lâmpada/*leds* farol, não há contato físico entre o ímã e as bobinas, porém se influenciam mutuamente devido a presença de um campo magnético. Só a presença dos ímãs no interior do dínamo não é suficiente para acender a lâmpada/*leds*, há a necessidade de alguém pedalando para que eixo do dínamo gire (GREF, 1998).

A necessidade do movimento para fornecer energia se dá devido ao princípio da conservação de energia, já que o contínuo de energia luminosa e térmica para fora do sistema, não pode ser causado de forma contínua por algo que está parado, no caso o ímã.

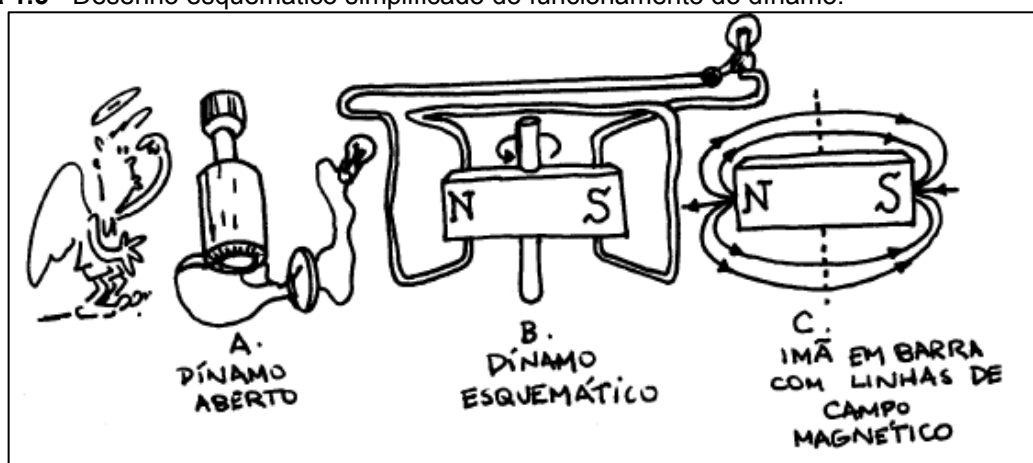
A Figura 1.4 representa um dínamo em contato com a roda de uma bicicleta, em que o movimento do pneu transfere rotação ao dínamo, o ímã é fixo no eixo e gira entre as bobinas e é isso que faz a lâmpada (atualmente se usam *leds*) do farol acender.

Figura 1.4 - Ilustração de um dínamo (circulado em vermelho) em contato com a roda de uma bicicleta.



Na Figura 1.5, temos a representação do fenômeno Físico de geração de corrente elétrica pelo dínamo de bicicleta, através de um ímã colocado entre duas espiras (GREF, 1998, p.83). Em (a) apresenta um dínamo com a parte inferior aberta; de forma esquemática em (b) o ímã fixo em um eixo de rotação, girando no sentido anti-horário, entre duas espiras, e, em (c) a ilustração das linhas de campo magnético em torno do ímã, o campo magnético variando no tempo irá gerar uma corrente elétrica, que acenderá a lâmpada/led, apresentado em (a).

Figura 1.5 - Desenho esquemático simplificado do funcionamento do dínamo.



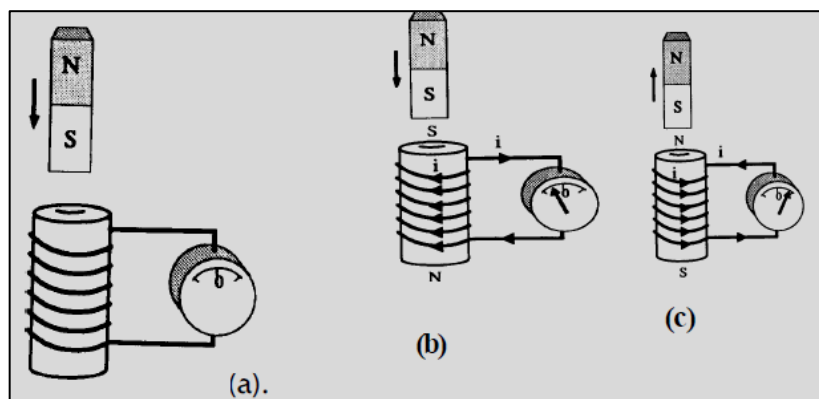
Fonte: GREF, 1983, p. 83, disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro4.pdf>>.

Portanto, o funcionamento do dínamo representa um caso particular das leis do eletromagnetismo que é a lei de Faraday, em que uma corrente é gerada num circuito fechado quando tivermos a variação de um campo magnético (GREF, 1998). Nesse caso, a corrente gerada é alternada, no entanto, no interior do dínamo há dispositivos capazes de retificar a corrente de alternada para corrente contínua e fazer funcionar com êxito a lâmpada/led do farol acoplado à bicicleta. Portanto, o princípio de funcionamento é o mesmo do gerador de uma usina, em que no caso uma energia potencial do desnível da queda de água, gira as hélices da turbina (Figura 1.6 (a)).

Haverá para essa corrente induzida um sentido determinado durante o processo de indução, e para definir o sentido é necessário utilizar a lei de Lenz. Esta é definida como: “o sentido da corrente é tal que, o campo magnético criado por ela, se opõe à causa que lhe deu origem” (GREF, 1998, p.84). Ainda na referência GREF (1998), os autores continuam explicando que o ato de aproximar um ímã na direção da espira é a “causa” que origina a corrente induzida. Na Figura 1.6 (a) temos uma

espira ligada a um galvanômetro e um ímã se aproximando, (b) temos que a face da espira voltada para o ímã que se aproxima da espira é o polo sul para que ocorra a repulsão, a corrente induzida deve obedecer o sentido indicado na figura. Na (c) se afastarmos o ímã, a corrente induzida deve se opor a essa separação, dando origem a um polo Norte na face da espira voltada para o ímã.

Figura 1.6 - Representação do sentido da corrente de acordo com a lei de Lenz.



Fonte: GREF, 1998, p. 84.

PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

Uma busca no dicionário Aurélio Ferreira (2000) indica que a definição da palavra usina significa qualquer estabelecimento industrial equipado de máquinas, sendo sinônimos da palavra os termos oficina, fábrica, indústria.

Em uma usina terá uma série de equipamentos que irão transformar matéria prima em um produto acabado, mas também é comumente utilizado para instalações de porte industrial com o objetivo de se produzir energia.

Para a geração da energia elétrica, diferentes fontes de energia são utilizadas e classificadas em: renováveis e não renováveis, o resultado será o mesmo, porém elas diferem em suas estruturas, matéria prima, preço para produção, impactos no meio ambiente e instalações. O resultado esperado em ambas é o mesmo, obter a energia elétrica. “As fontes de energia renováveis como a água, a luz solar e os ventos são considerados formas mais limpas do que as não renováveis, como petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio.” (Oto, 2015).

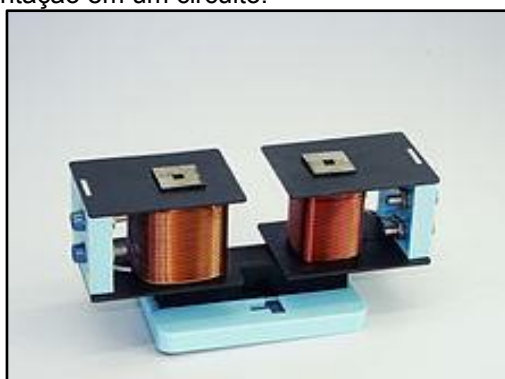
Apesar de utilizarmos o termo produção de energia elétrica, é errôneo dizer que uma usina “produz” energia, de acordo com o princípio da conservação de energia,

ela não pode ser criada e nem destruída, pode ser transformada e é este processo que ocorre em uma usina.

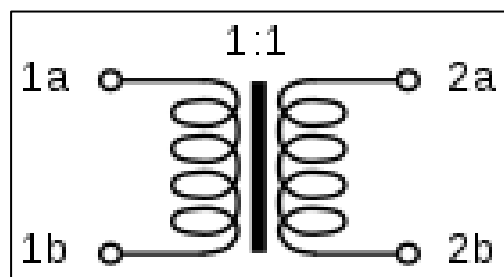
Nas diversas formas de “produção” de energia elétrica, existe um circuito que se coloca em rotação numa região onde há um campo magnético. Ao girar a espira, varia-se o fluxo magnético que a atravessa, criando, assim, uma *fem* induzida.

No processo de transformação de energia um equipamento muito utilizado é denominado de transformador. Um transformador é um dispositivo utilizado para modificar as tensões e correntes alternadas sem perda significativa de potência. Ele é constituído por duas bobinas que são fios, normalmente de cobre enrolados em torno de um núcleo de ferro, um primário (P) e um secundário (S). A utilidade do núcleo de ferro é orientar o campo magnético de modo que quase todo o fluxo que passe em um dos enrolamentos passe também pelo outro (Figura 1.7).

Figura 1.7 - (a) imagem fotográfica da parte interna de um transformador, e em (b) na forma de representação em um circuito.



(a)



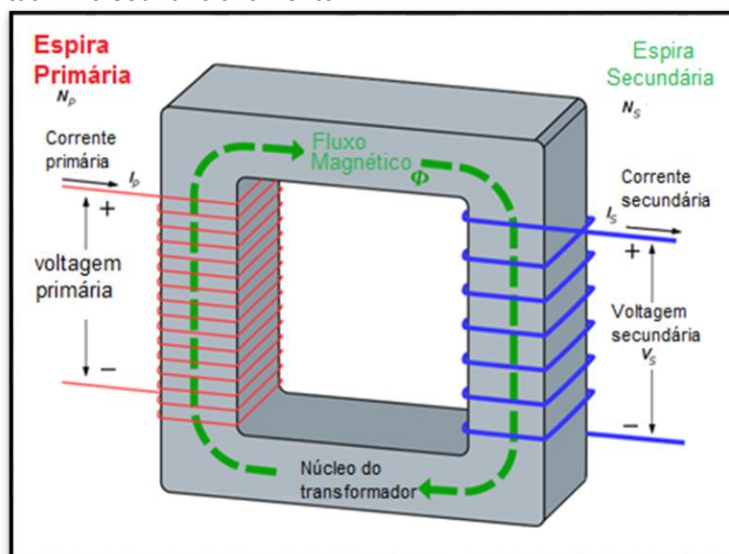
(b)

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador>.

Halliday (2009) explica que o transformador é um dispositivo capaz de aumentar e diminuir os valores de tensão nos circuitos, mantendo o produto da corrente com a tensão praticamente constante.

Um transformador ideal é constituído por duas bobinas com diferentes números de espiras enroladas em um mesmo núcleo de ferro. No enrolamento primário está ligado um gerador de corrente e o enrolamento secundário está ligado a uma resistência de carga R , não havendo corrente no circuito se a chave estiver aberta. Na Figura 1.8 temos a representação de um transformador ideal.

Figura 1.8 - Desenho esquemático das partes que constituem um transformador ideal e as principais grandezas físicas que atuam no seu funcionamento.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador>.

Conforme a corrente alternada entra na bobina primária, de acordo com o experimento de Oersted, gera um fluxo magnético variável. No lado que contém a bobina secundária, ocorre a indução magnética que faz aparecer uma *fem* induzida U_2 na bobina e também uma corrente elétrica i_2 .

Se a bobina secundária tiver um número maior de espiras comparada a primária, o resultado será uma tensão secundária maior que a primária, sendo assim, o transformador será do tipo elevador. A equação que representa essa relação entre número de espiras (N) e a ddp (U) é:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_p}{N_s}. \quad (1.28)$$

Basicamente, as usinas: hidrelétricas, eólicas, termoelétricas e nucleares têm em comum a produção de energia elétrica, no gerador produz a corrente elétrica do tipo alternada, a partir de uma fonte de energia diferente, elas giram as pás de turbinas que estão conectadas a geradores, o que causa em seu interior uma variação de campo magnético, o que gera a corrente elétrica.

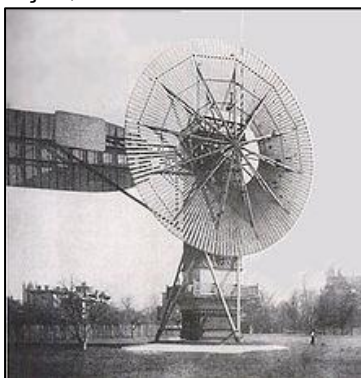
As etapas que antecedem a produção da energia elétrica no gerador são diferentes, sendo que em uma usina hidrelétrica a água é represada por barragens, para formar reservatórios capazes de armazenar um grande nível de água,

aumentando a energia potencial gravitacional (E_p), que se transforma em energia cinética, (E_c) ao escoar pelos dutos em direção as pás das turbinas. Teixeira (2017) explica que no funcionamento do modelo, a turbina é a parte que conecta a mecânica de fluidos à mecânica de rotação, que a partir disso aciona o gerador. A água expelida pelo mecanismo de pressurização sai com uma velocidade e ao colidir com as pás da turbina, imprime uma força ortogonal à pá, resultando em um torque quase instantâneo, que causa uma aceleração angular.

No Brasil, devido à grande quantidade de rios com grandes volumes de água, a maior parte da energia elétrica é produzida a partir da energia hídrica, podendo ser está a justificativa por optar por usinas hidrelétricas. (Moretto, 2012).

Quando a fonte de energia utilizada é a que provém dos ventos, é chamada de energia eólica, para utilizar este recurso é preciso ter uma boa disposição dos ventos, caso contrário não será possível uma regularidade no equipamento. A Figura 1.9, apresenta uma imagem da turbina eólica que em 1888, Charles Francis Brush, engenheiro norte americano, produziu energia elétrica por meio dela, que gerava 12KW. Em (b) uma imagem fotográfica das turbinas existentes no sul do Brasil e em (c) as partes de uma turbina eólica: 1- Fundação; 2 - conector à rede elétrica; 3 -Torre; 4 - Escada; 5 - Controle de orientação; 6 - Nacelle (termo usado em aviões para o suporte do motor fixado na sua asa); 7 - Gerador; 8 - Anemômetro; 9 - Freio elétrico ou mecânico; 10 - caixa de velocidades; 11 - Lâmina; 12 - Controle de orientação; 13 - Roda.

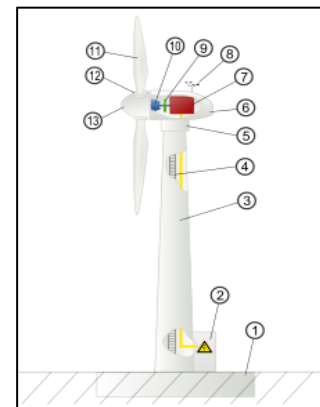
Figura 1.9 – (a) Imagem da turbina eólica que gerou energia em 1888 nos USA; (b) Imagem fotográfica da usina eólica de Osório no Rio Grande do Sul, Brasil; (c) Partes de uma turbina eólica: 1-Fundação; 2- Conector à rede elétrica; 3-Torre; 4-Escada; 5-Control de orientação; 6-Nacelle; 7-Gerador; 8-Anemômetro; 9-Freio elétrico ou mecânico; 10- Caixa de velocidades; 11-Lâmina; 12-Control de orientação; 13-Roda.



(a)



(b)



(c)

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica.

A partir da utilização de aerogeradores se explora a energia eólica para realizar a produção da energia elétrica. Isso passou a acontecer em diversos países, sendo a velocidade considerada aproveitável para 50 m de altura de 7 a 8 m/s. As usinas eólicas movimentam as hélices da turbina, utilizando a energia dos ventos, esses ventos ocorrem devido ao aquecimento da superfície do planeta pela energia solar, o que causa o movimento das massas de ar. Ao passar pelas hélices da turbina, o vento transfere energia cinética fazendo-as girar (Roldão, 2014).

O vento é uma fonte de energia inesgotável e limpa, o que traz benefícios ambientais, tais como diminuição da queima de combustíveis fósseis, não gera emissões de gases tóxicos, não gera lixo radioativo, não contamina a água, e os impactos causados por estas usinas são locais: colisão com aves, poluição visual, poluição sonora, erosão e consumo de água.

Além das fontes de energia já citadas, como o uso da água faz mover equipamentos, tais como rodas d'água, que são chamadas de energia hídrica, daí o termo hidroelétrica ou hidrelétrica, e a eólica, provinda dos ventos, há ainda o Sol como fonte de energia para os seres vivos e para a manutenção de vários fenômenos naturais, quando armazenada para ser transformada em energia térmica ou elétrica recebe o nome de energia solar (Figura 1.10 (a)).

A fonte utilizada em usinas solares são as radiações solares, o que no Brasil expressa grande potencial para geração da energia elétrica, por se tratar de uma região em que os níveis de irradiação são altos e podem ser aproveitados em projetos. (Nascimento, 2017).

Além disso, há a energia nuclear, em que uma das formas de obtê-la é por meio da fissão nuclear, como o urânio e por fim temos também as energias obtidas a partir de materiais orgânicos como a queima de madeiras, etanol, metano, óleos vegetais extraídos da natureza (considerados renováveis) e petróleo e seus derivados, como carvão mineral e gás natural (considerados recursos não renováveis).

As usinas nucleares são formadas por reatores nucleares, turbinas, uma caldeira, geradores, torre de resfriamento. O material radioativo utilizado normalmente é o urânio, após a fissão nuclear libera energia que aquece a água a mais de 300°C, convertendo a água em vapor, este vapor desloca-se pelas tubulações até movimentar as pás das turbinas, que fazem girar o gerador (Roldão, 2015). O vapor d'água passa pelo condensador e retorna a seu estado líquido.

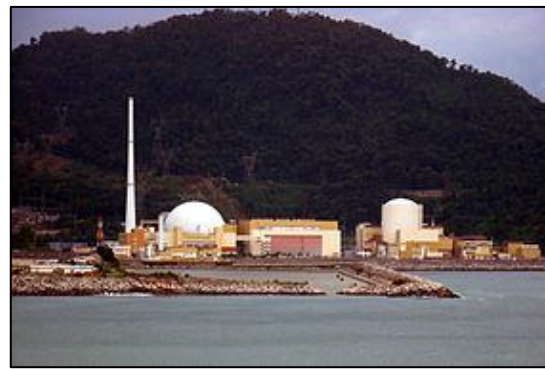
Como vantagem para usinas nucleares tem-se um menor custo de produção e transporte, são consideradas fontes limpas, por não emitirem gases poluentes, porém como desvantagem tem-se o risco de acidentes que trazem grandes consequências e apesar de todos os equipamentos de segurança, há a possibilidade.

Existentes no Brasil, as usinas nucleares mais conhecidas são as de Angra dos Reis no Rio de Janeiro. Figura (1.10 (b)).

Figura 1.10 – Imagem fotográfica (a) de placas solares (fotovoltaicas); (b) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto de Angra dos Reis.



(a)



(b)

Fontes: (a) https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel_solar_fotovoltaico, e (b) https://pt.wikipedia.org/wiki/Programa_nuclear_brasileiro.

As termelétricas são outra modalidade de usinas. Godoy (2015) explica que para seu funcionamento utilizam o calor proveniente da queima de combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e biomassa. Basicamente uma termoelétrica possui uma caldeira, que é o local em que a água será aquecida por meio da queima de algum tipo de combustível (como por exemplo, bagaço de diversos tipos de plantas, restos de madeira) em uma fornalha, o vapor d'água sob alta pressão passa pelas tubulações até as pás das turbinas, fazendo-as girar (energia cinética), movimentando o gerador, o vapor é direcionado para um condensador e depois retorna para a caldeira.

No Brasil, um exemplo é a usina de Juiz de Fora – MG (Figura 1.11). Mas as que produzem energia acima de 100 MW constituem 70 usinas, distribuídas principalmente nos estados do: Rio de Janeiro, Bahia, Maranhão, São Paulo e Pernambuco.

Figura 1.11 – Imagem fotográfica da usina termoeletrica de Juiz de Fora – MG.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_termel%C3%A9trica_no_Brasil.

Como vantagens ressaltam-se a agilidade na construção, instalação em regiões habitáveis, uma alternativa para países impossibilitados para instalar hidrelétricas, como desvantagem tem-se a grande liberação de gases poluentes devido à queima dos fósseis, podendo agravar o efeito estufa, o custo final é em geral mais caro.

Ressalta-se que a usina Solar é uma alternativa para crescente preocupação da preservação do meio ambiente, visto que a sua geração de energia ocorre a partir de uma fonte renovável, porém sua forma de gerar energia elétrica difere das citadas anteriormente, a corrente elétrica produzida não é do tipo alternada e sim contínua.

Sugestão de vídeos do youtube: o professor pode fragmentar se achar necessário, ou apresentar outros documentários que achar pertinente, tudo dependerá do tempo disponível.

* Fantástico - Acidente Nuclear Chernobyl - 30 Anos

(<<https://www.youtube.com/watch?v=VUHLS1WL6FM>>)

*Césio 137: 30 anos - Fantástico - 03/09/2017

(<<https://youtu.be/NZ1-pwXYVSM>>)

Sugestão de textos utilizados

O professor pode indicar textos para leitura do próprio material didático do aluno ou trazer textos impressos que trabalhem a produção, estes foram texto sugeridos aos alunos que lesem em casa.

- Texto 1: As transformações de energia e o ambiente- O texto aborda uma breve discussão sobre as diversas energias e suas transformações tanto em nosso corpo como na biosfera, ciclo da água, atividades do dia a dia, as alterações no

ambiente devido as transformações de energia, duas formas de geração de energia elétrica no Brasil e alguns questionamentos proposto. (Godoy, 2015)

- Texto 2- Transformação de energia mecânica em energia elétrica- abordando gerador elétrico mecânico, usinas, dínamos, impactos ambientais. (Godoy, 2015)

- Texto 3: Economia Energia elétrica- abordando como a maior parte da energia elétrica do Brasil é produzida, como evitar o desperdício de energia elétrica, podendo abordar a importância da economia de energia elétrica, investimentos em fontes limpas e renováveis de energia. (Godoy, 2015).

- Energia e tecnologia- abordando a exploração do ser humano ao longo da história dos recursos da natureza focando nas fontes naturais de energia (energia eólica, hidráulica, solar, nuclear). (Hermanson, 2015).

Por se tratar de textos retirados da apostila dos alunos, pode ser difícil acessá-los quando não for uma instituição que trabalhe com o mesmo material, porém o professor pode utilizar e sugerir outros textos que abordem o assunto, visto que esta atividade serve como um recurso extra para os estudantes.