

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, obtive-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.....	1
1	ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DA UNIDADE EDUCACIONAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	2
1.1	Objetivos	2
1.2	Público Alvo	2
1.3	Pré-requisitos.....	2
1.4	Recursos didáticos	3
1.5	Materiais para construção da maquete	3
1.6	Ficha técnica	4
2	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	8
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A - TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR	36
	APÊNDICE B – MATERIAL PARA IMPRESSÃO	60

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.

1- 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 Ampère¹, e a Lei de Faraday-Lenz².

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

¹ Oersted + Lei de Ampère = uma corrente elétrica gera um campo magnético;

² 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

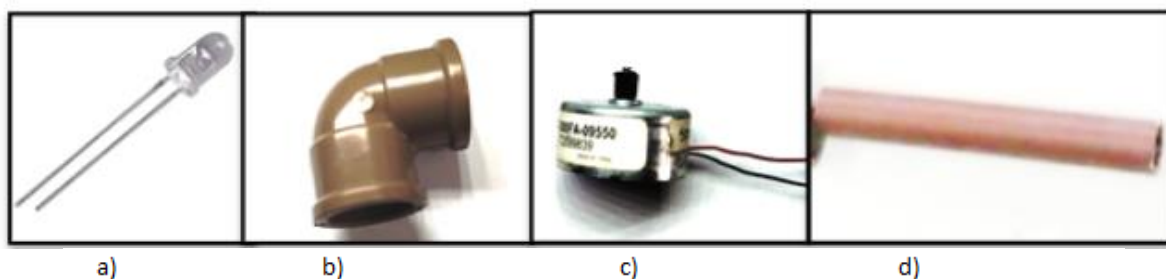
1.5 Materiais para construção da maquete:

- 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

2- 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.

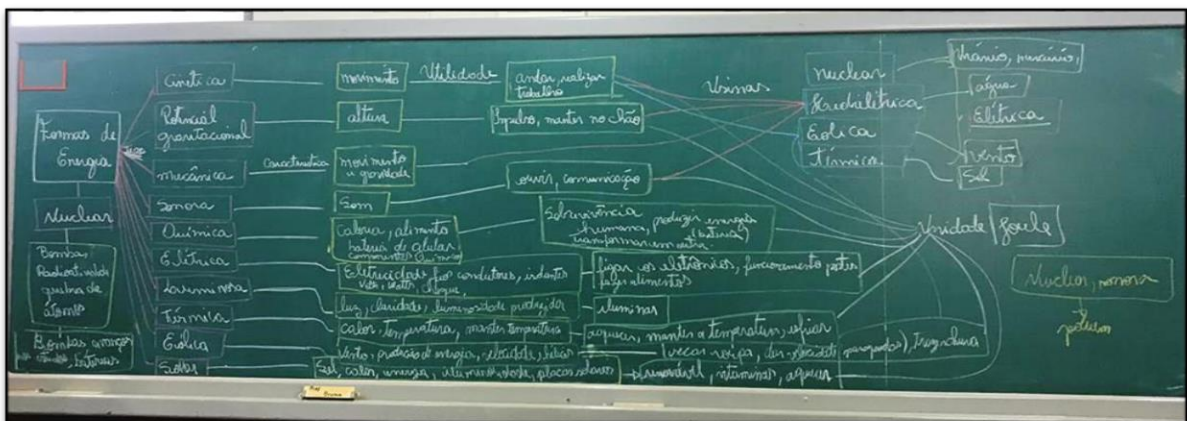
Ausubel nomeia de subsunçores a estrutura cognitiva existente, sendo importante para o desenvolvimento do processo de aprendizagem significativa, pois possibilita conhecer as premissas dos alunos e a partir disso elaborar as aulas para que consiga obter bons resultados.

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.

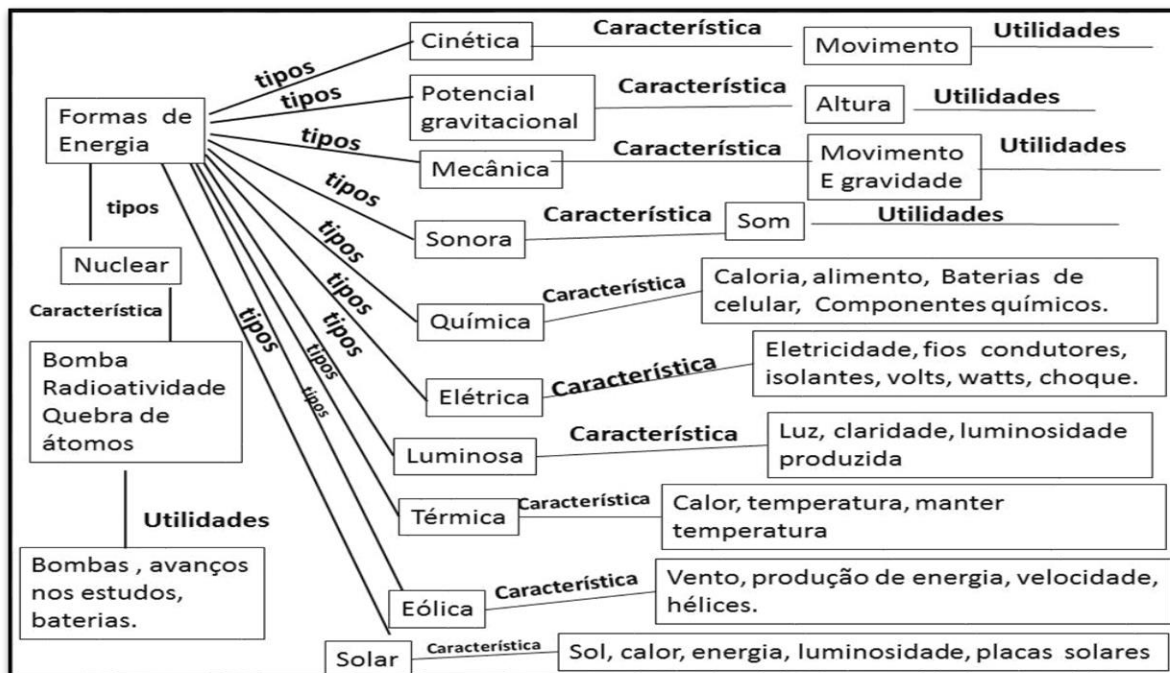
Figura 2.1 – Imagem fotográfica do mapa conceitual por inteiro, conforme elaborado pelos alunos do 9º ano B -Turma 1, e registrado em aula.



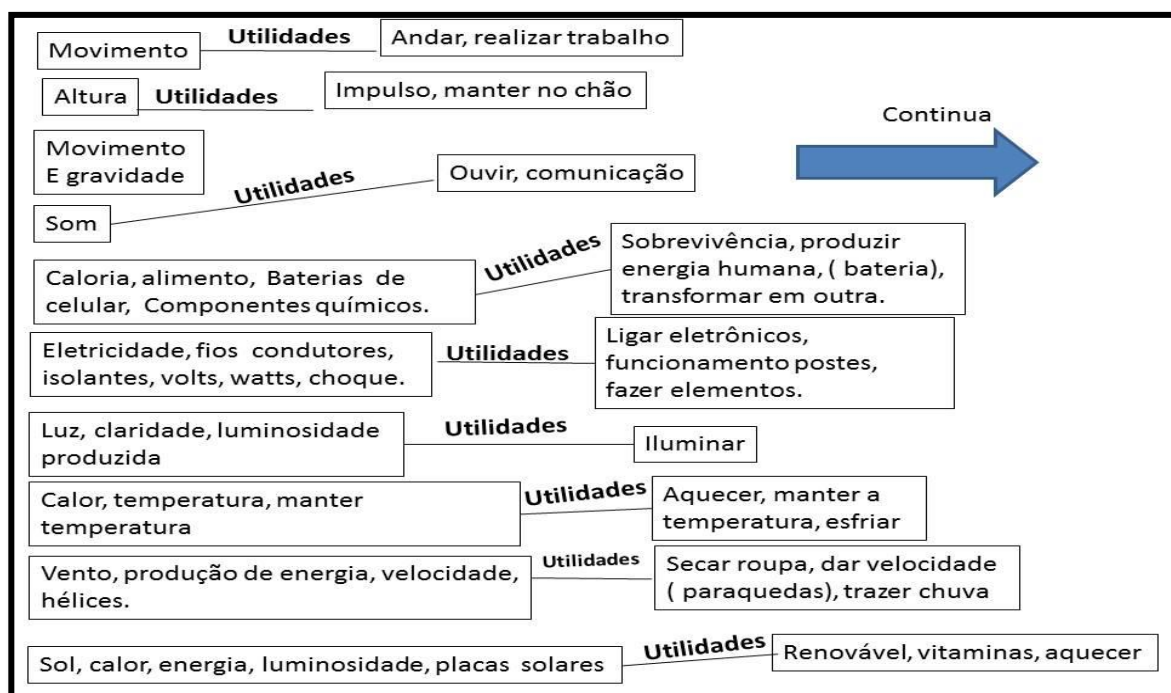
Fonte: arquivos da autora.

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

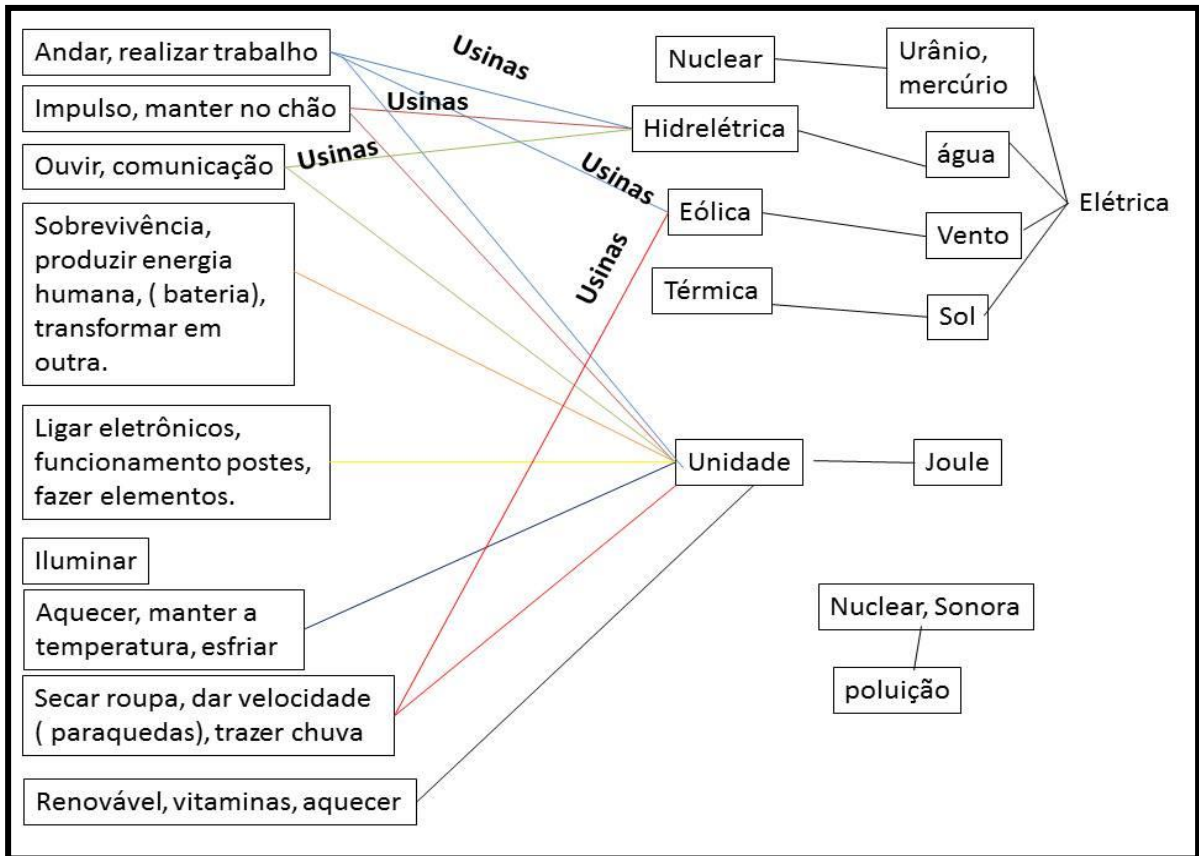
Figura 2.2. Desenho esquemático da transcrição mapa 9ºano B conceitual parte 1.- Turma 1, dividido em 3 partes (a), (b) e (c), a Figura 2 para facilitar a visualização.



(a)



(b)



(c)

Fonte: autora

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

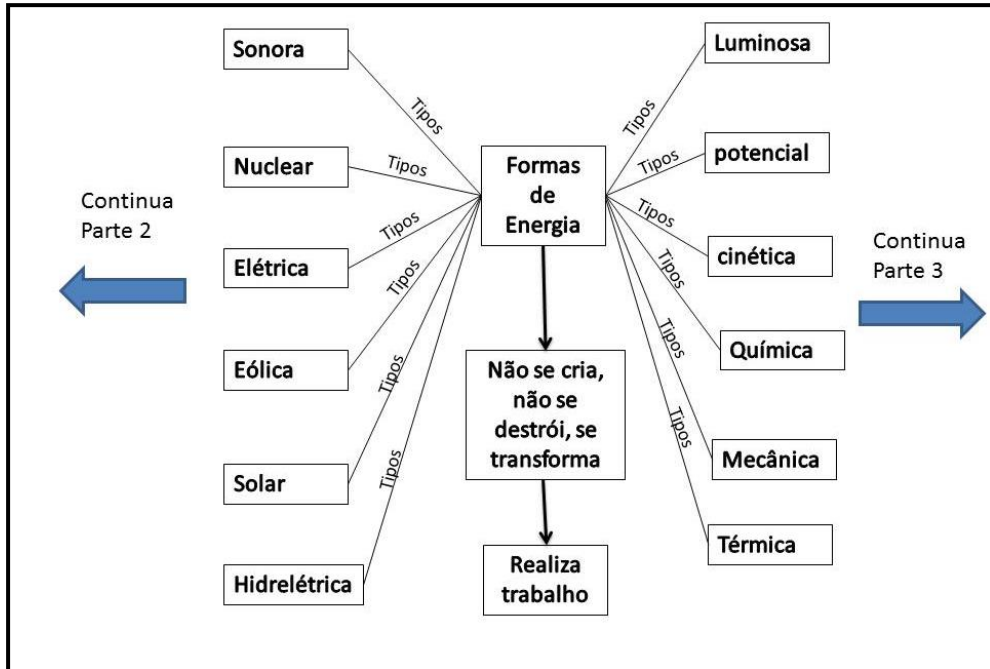
Figura 2.3 - Foto do mapa conceitual por inteiro, conforme elaborado pelos alunos do 9º ano A – Turma 2, e registrado em aula.



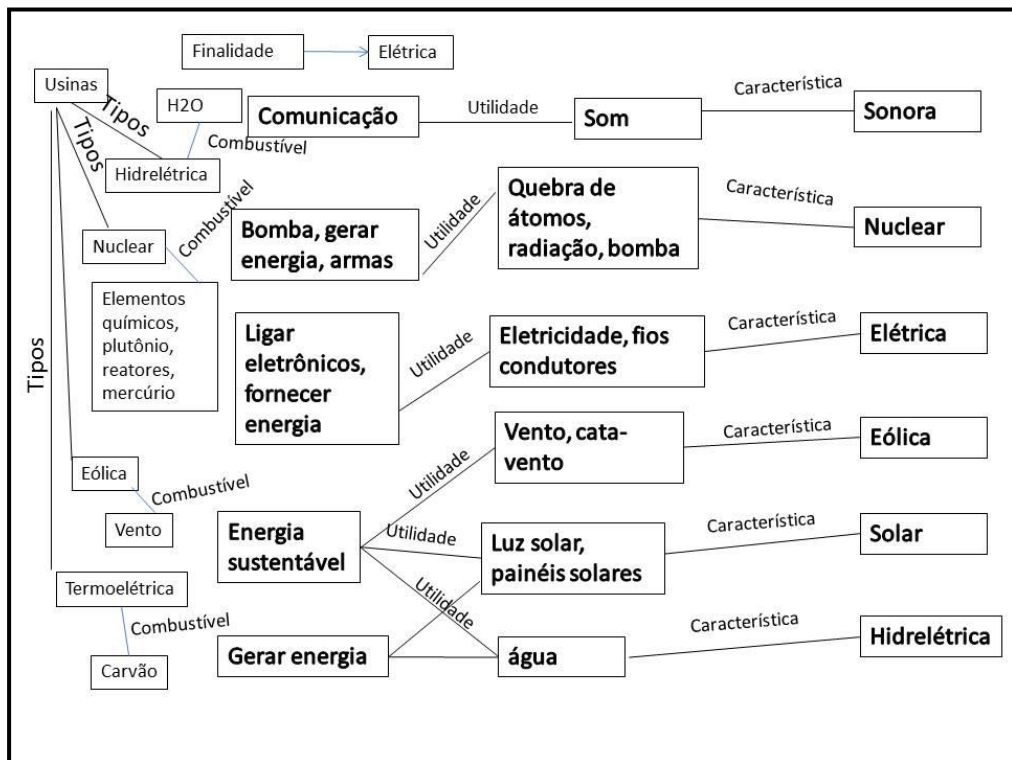
Fonte: Arquivos da autora.

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

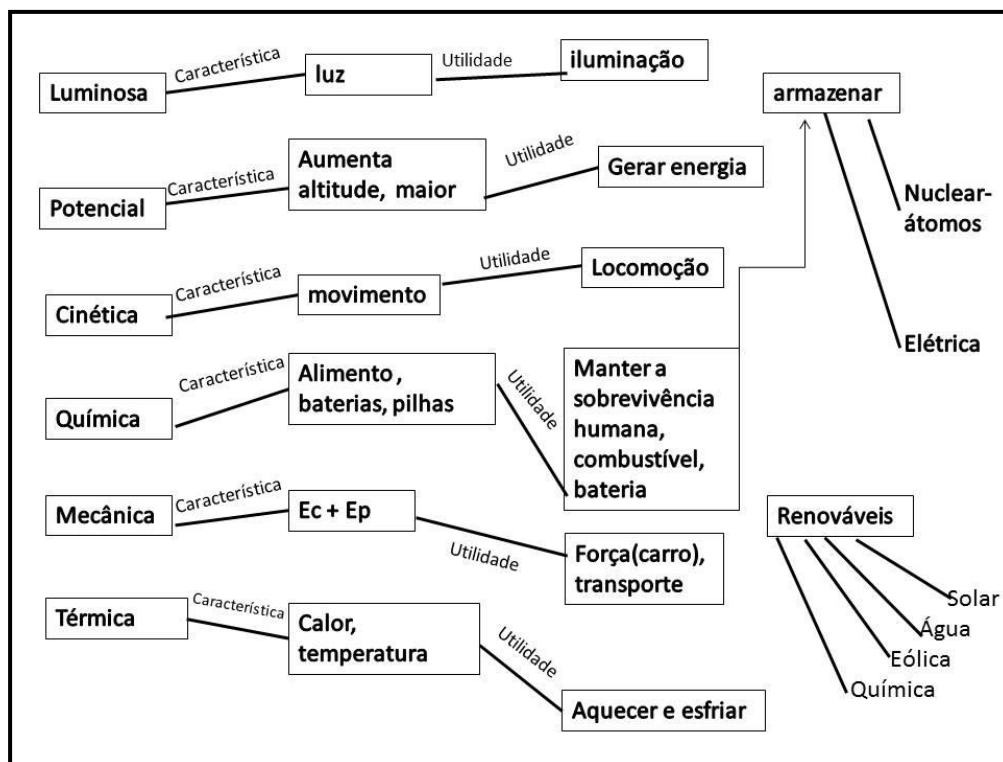
Figura 2.4 - Desenho esquemático da transcrição mapa 9ºano A conceitual parte 1.- Turma 2, dividido em 3 partes (a), (b) e (c), a Figura 4 para facilitar a visualização.



(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 B), 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 fragmentas 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

1) 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 A 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 A, 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 A.

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)

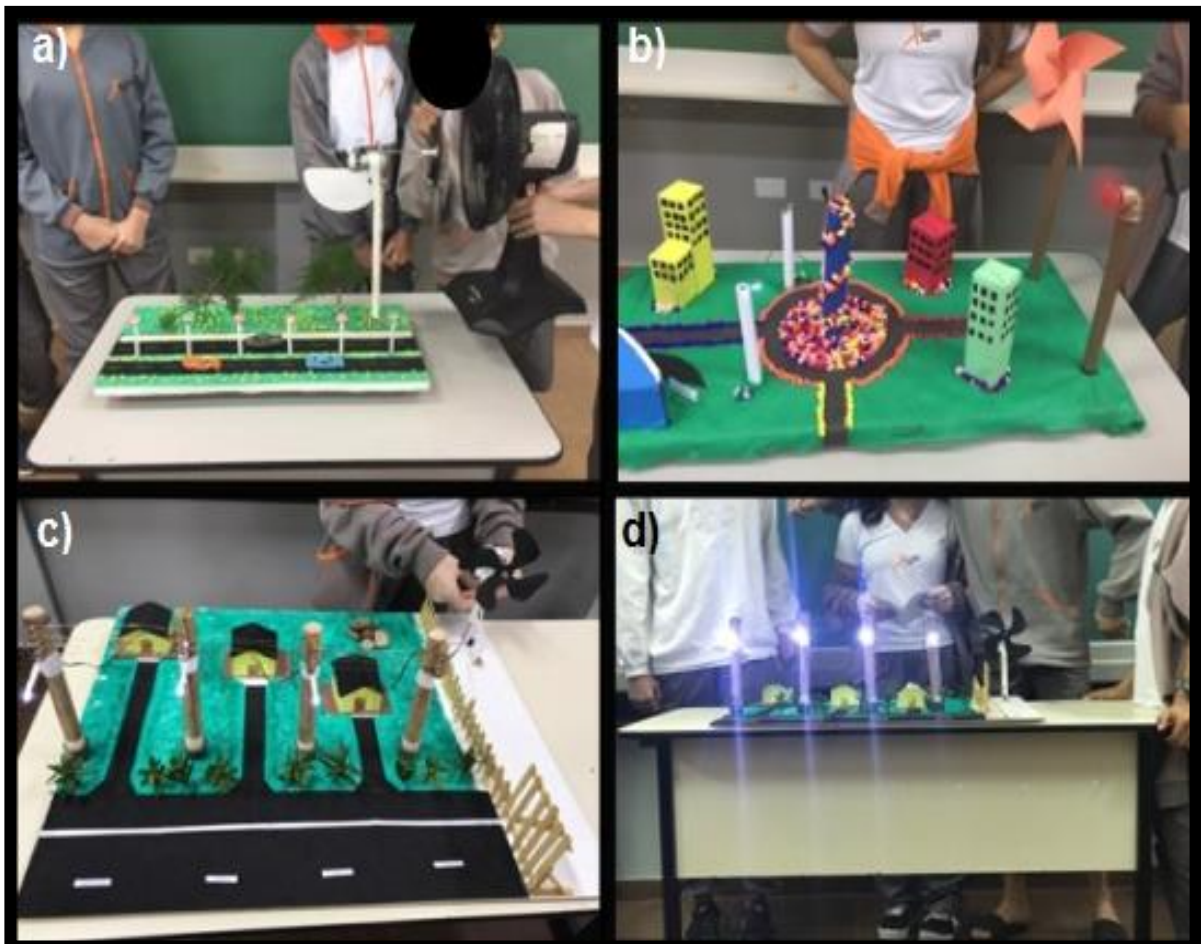
c)

d)

Fonte: arquivos da autora.

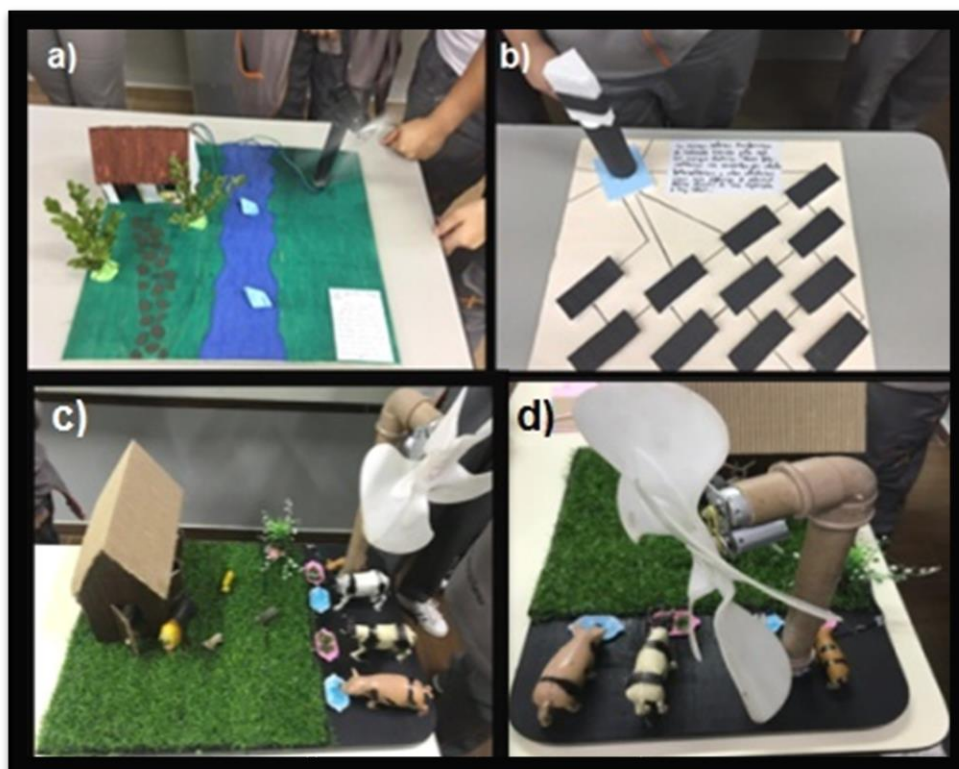
Após as aulas, para construção da maquete, teve-se um momento de exposição na sala, para que as mesmas fossem avaliadas, na Figura 2.9 (a), (b), (c) e (d), Figura 2.10 (a), (b), (c) e (d), e Figura 2.11 (a), (b), (c) e (d), teremos as maquetes prontas, alguns alunos construíram maquetes estáticas representando 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.



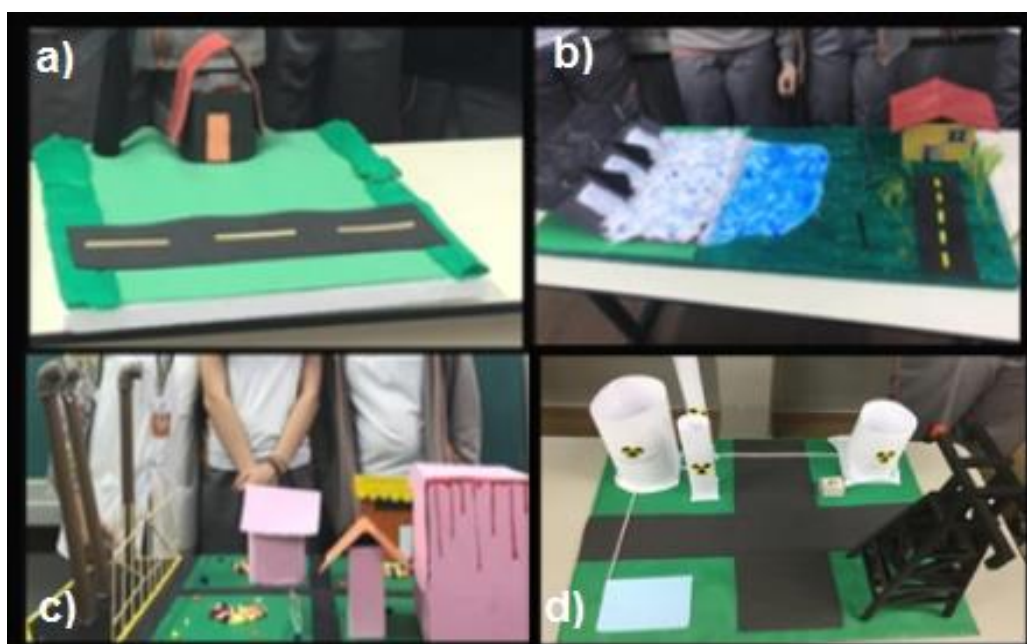
Fonte: arquivos da autora.

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 B).

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

trabalho³, 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

³ 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 escrita⁴, 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.

⁴ 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.

- 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.

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:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad , \quad (1.6)$$

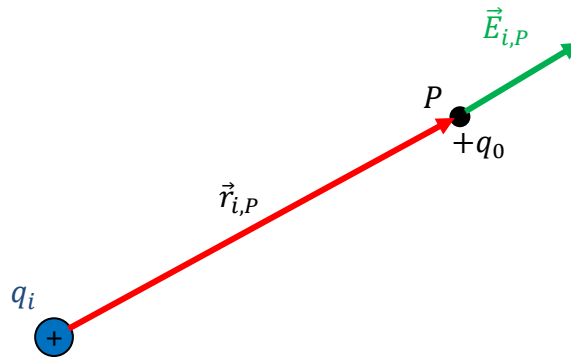
A lei de Coulomb afirma que a força entre uma carga de prova $+q_0$ (situada em P) e uma carga q_i distantes de uma quantidade $\vec{r}_{i,0}$ (Figura 1.1) é representada pela

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}

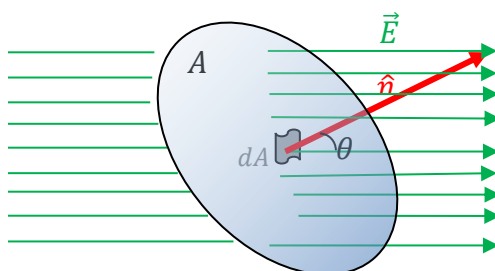
Fonte: adaptado da referência Tipler (2000).

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.):

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.17)$$

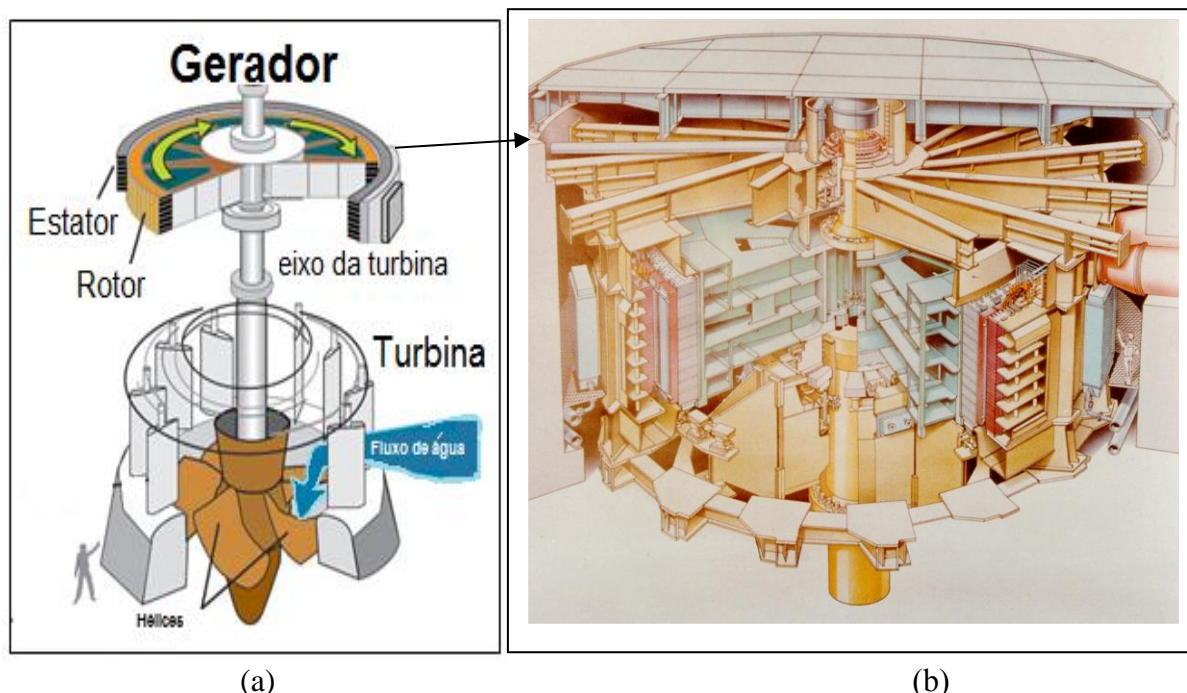
A indução eletromagnética é a produção de uma corrente elétrica induzida, a partir da variação de um campo magnético.

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.

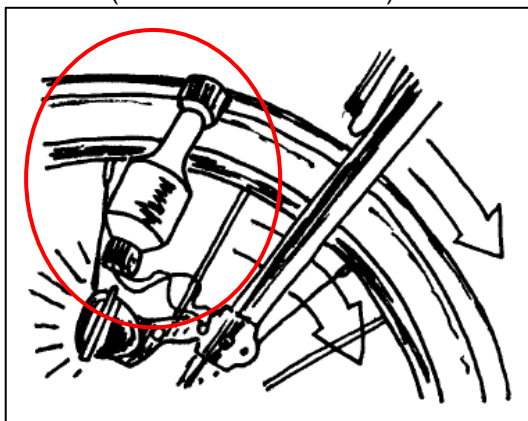
Segundo o GREF (1998), além dos geradores em usinas, temos também alternadores e dínamos que funcionam a partir do mesmo princípio, o que difere é a forma de se obter a rotação do eixo do gerador.

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.

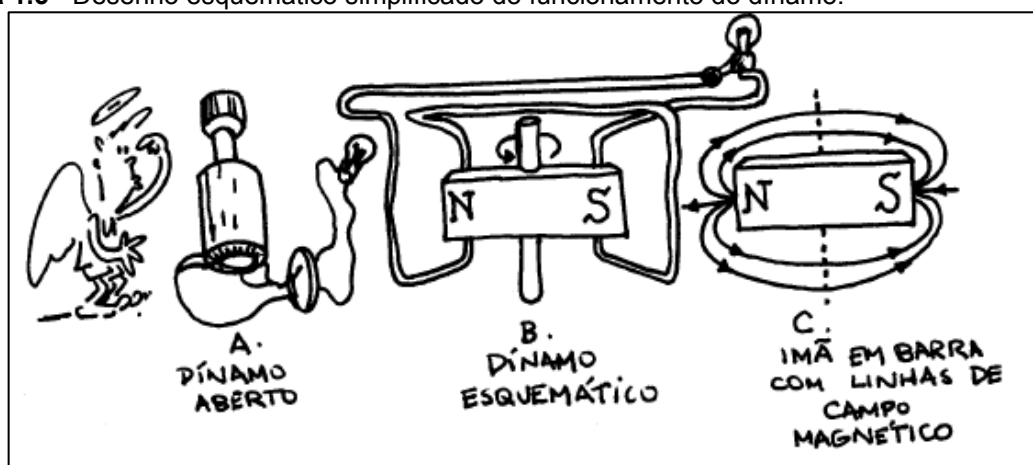
A Figura 1.4 representa um dínamo em contato com a roda de uma bicicleta, em que o movimento do pneu transfere rotação ao dínamo, o ímã é fixo no eixo e gira entre as bobinas e é isso que faz a lâmpada (atualmente se usam *leds*) do farol acender.

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.



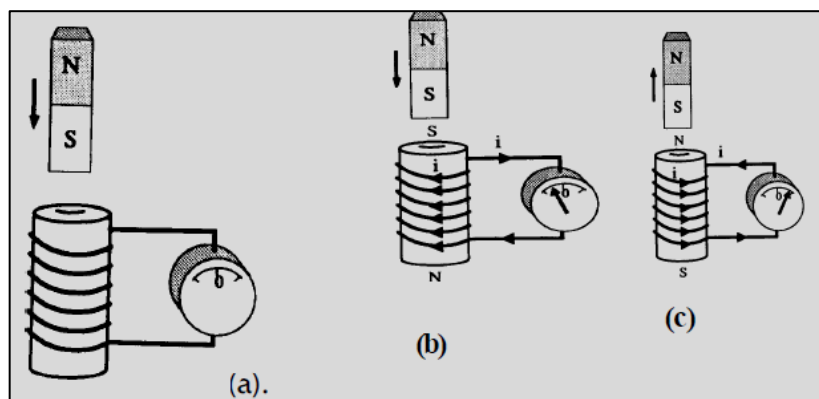
Fonte: GREF, 1983, p. 83, disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro4.pdf>>.

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.

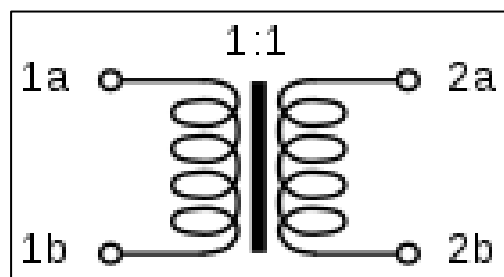
Nas diversas formas de “produção” de energia elétrica, existe um circuito que se coloca em rotação numa região onde há um campo magnético. Ao girar a espira, varia-se o fluxo magnético que a atravessa, criando, assim, uma *fem* induzida.

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)



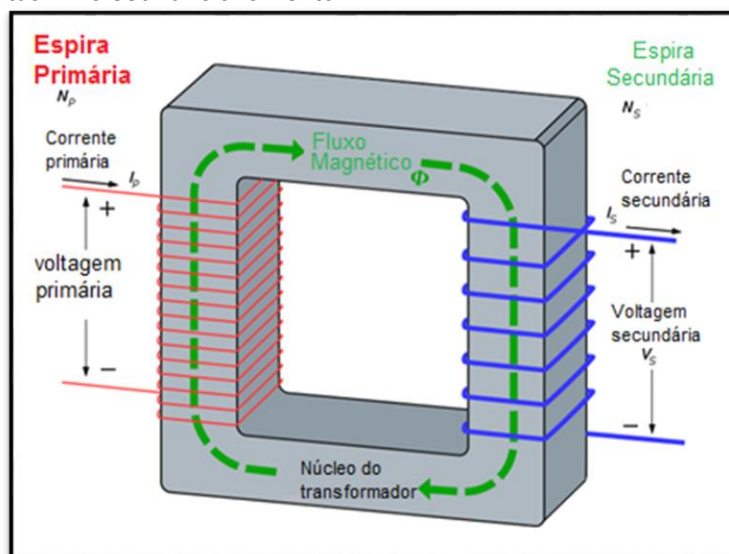
(b)

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.

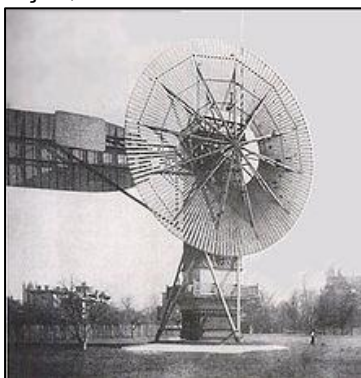
As etapas que antecedem a produção da energia elétrica no gerador são diferentes, sendo que em uma usina hidrelétrica a água é represada por barragens, para formar reservatórios capazes de armazenar um grande nível de água,

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.

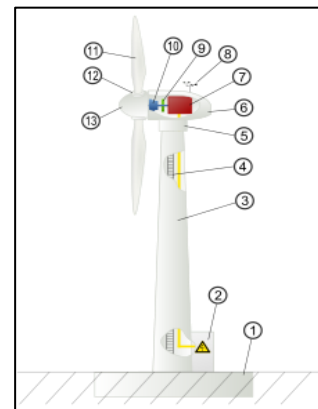
Figura 1.9 – (a) Imagem da turbina eólica que gerou energia em 1888 nos USA; (b) Imagem fotográfica da usina eólica de Osório no Rio Grande do Sul, Brasil; (c) Partes de uma turbina eólica: 1-Fundação; 2- Conector à rede elétrica; 3-Torre; 4-Escada; 5-Control de orientação; 6-Nacelle; 7-Gerador; 8-Anemômetro; 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.

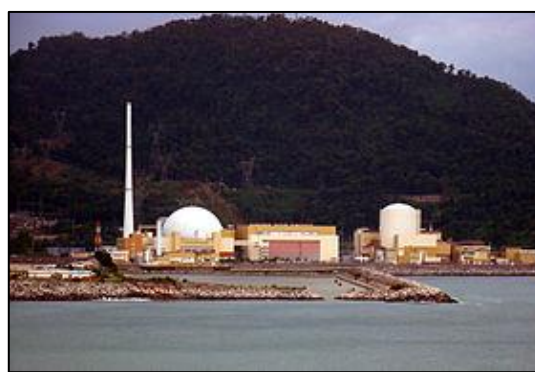
Como vantagem para usinas nucleares tem-se um menor custo de produção e transporte, são consideradas fontes limpas, por não emitirem gases poluentes, porém como desvantagem tem-se o risco de acidentes que trazem grandes consequências e apesar de todos os equipamentos de segurança, há a possibilidade.

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.

Apêndice B – Material para impressão

Este apêndice apresenta o material para impressão das atividades que foram realizadas pela autora do trabalho. Seguem a ordem proposta pela mesma na aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa em que se iniciou com um questionário avaliativo referente ao filme, um questionário para atividade exploratória da lanterna e a atividade avaliativa final o mapa conceitual, consta ainda um roteiro para quem desejar utilizar o filme de forma fragmentada.

Questionário Avaliativo - (Filme)



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.

() 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 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.

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?

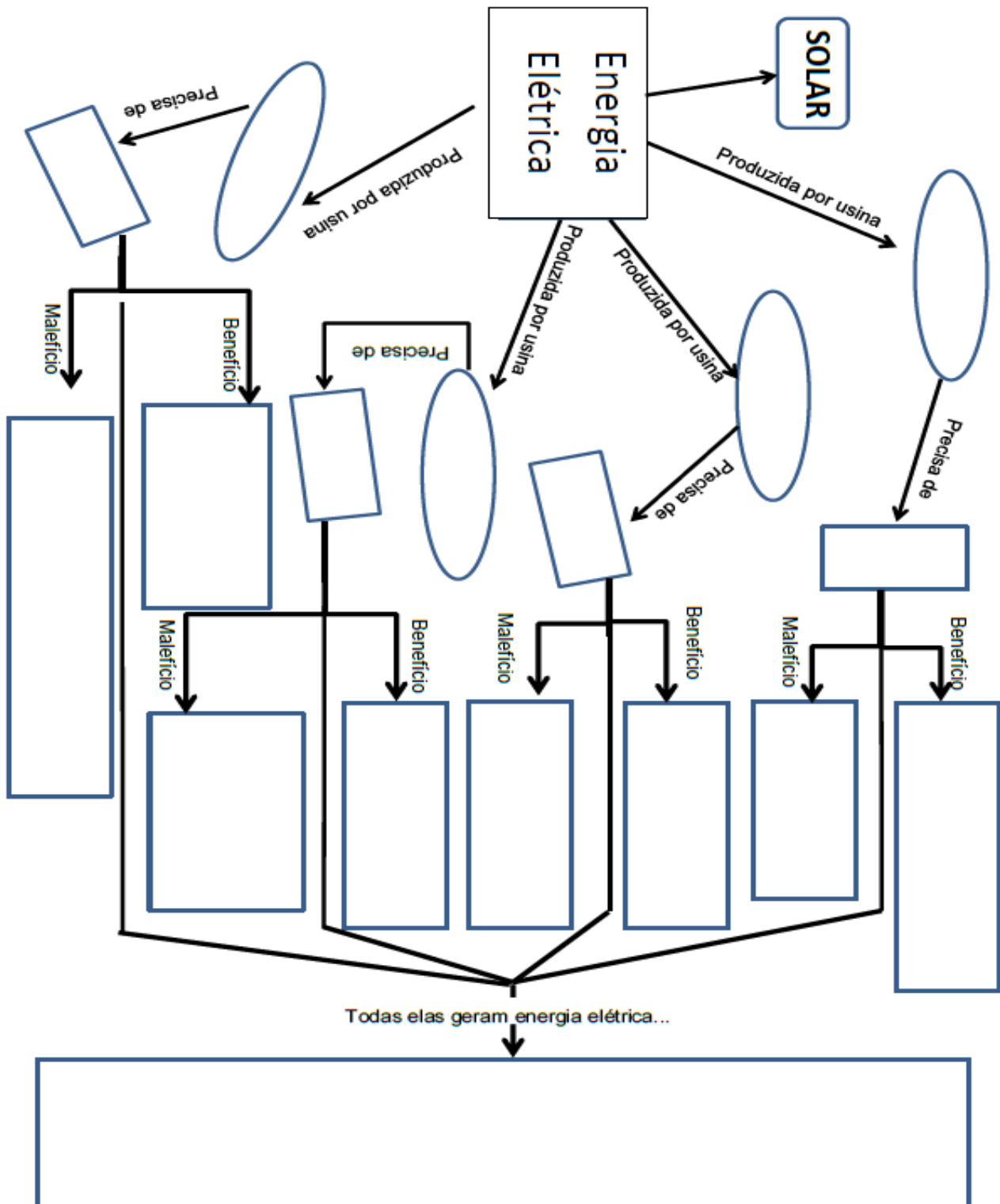
2) Como você explica o funcionamento da lanterna?

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

Avaliação Final - Mapa Conceitual



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.