

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPGF
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Vitor Chaves de Andrade
André Maurício Brinatti
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva
(organizadores)

**Jairo Rodrigo Corrêa
Silviom Luiz Rutz da Silva
André Vitor Chaves de Andrade**



volume 32

**Armazenamento e Produção
de Energia Elétrica:
Uma Abordagem para seu Estudo
no Ensino Médio**

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 32

JAIRO RODRIGO CORRÊA
SILVIO LUIZ RUTZ DA SILVA
ANDRÉ VITOR CHAVES DE ANDRADE

Armazenamento e Produção de
Energia Elétrica: Uma
Abordagem para seu Estudo
no Ensino Médio

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Everson Augusto Krum
VICE-REITOR

Profa. Dra. Edina Schimanski
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Prof. Dr. Giovani Marino Favero
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Prof. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)
Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Prof. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggatto Silveira (UTFPR)
Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

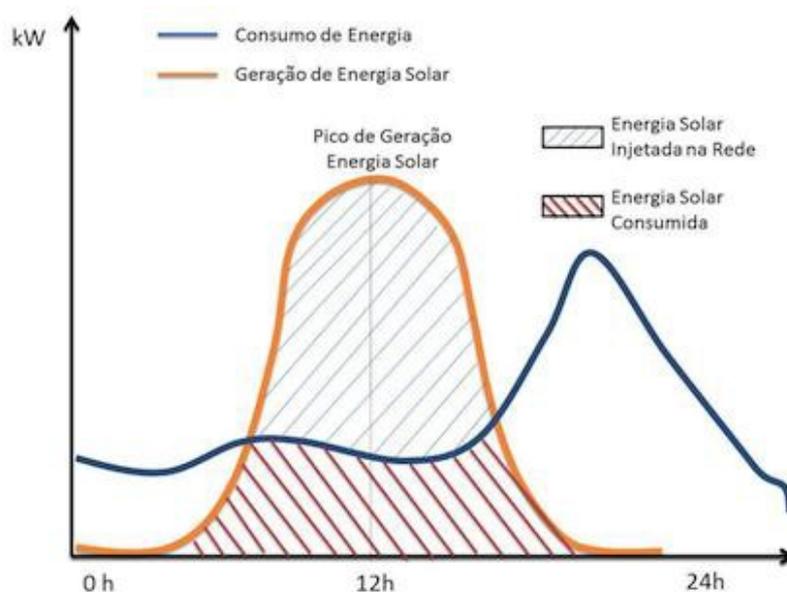
INTRODUÇÃO	9
3 FUNDAMENTOS SOBRE AS TEORIAS FÍSICAS	14
3.1 O QUE É ENERGIA	14
2 REFERENCIAIS TECNOLÓGICOS	24
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	24
ATIVIDADE: Nuvem de palavras	28
Aplicação da nuvem de palavras	31
Leitura dos textos	32
TEXTO: Flywheel	33
TEXTO: Armazenamento Hidrelétrico Bombeado	35
TEXTO: Geração de energia usando-se ar comprimido	37
Demonstração experimental dos dois cataventos	40
Demonstração experimental com a bexiga e os cataventos	42
ATIVIDADE: Mapas conceituais	44
AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	51

INTRODUÇÃO

O presente produto refere-se ao armazenamento de energia, a produção de energia, e a transposição destas tecnologias para o estudo da Física no nível de ensino médio em uma turma de Educação de Jovens e Adultos (EJA), buscando dar maior significado ao estudo dos conceitos que envolvem energia.

O armazenamento de energia pode permitir a utilização de diversas fontes renováveis de energia para a produção de energia elétrica, assim como que esta seja mais próxima ao consumidor que em algumas situações ainda reside ou trabalha em regiões conectadas à rede elétrica. Enquanto algumas tecnologias de armazenamento já se encontram em utilização em diversas aplicações para o setor elétrico como, por exemplo, as usinas hidráulicas reversíveis, algumas tecnologias de baterias de grande porte, outras tecnologias de armazenamento ainda se encontram em estágios iniciais de desenvolvimento com custos e falta de competitividade (SERRA; ORLANDO; MOSSÉ, 2016). Na Figura 001 ilustra-se esse fato.

Figura 001 – Consumo de energia e geração de energia solar



Fonte: PORTAL ENERGIA SOLAR. Fotovoltaico + Gerenciamento de energia. [2015]. Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQeRPVI8uROwQiS6XmYp6SX7H6HCR6htOzXKoUc9z0MmMfAY7Hg&s>. Acesso em: 10 set. 2019.

Atualmente, as redes fornecem eletricidade em tempo real, o que significa que a eletricidade está sendo constantemente produzida para atender à demanda do consumidor. Como resultado, os sistemas de geração de eletricidade são construídos para atender ao pico de demanda.

Dentre várias possibilidades, o armazenamento de energia permite:

- Armazenar energia para ser utilizada em períodos de maior demanda.
- Atenuar as pequenas flutuações na produção de energia em pequenas e/ou grandes fontes de geração.
- Utilização na área de transportes por: veículos elétricos, trens, bicicletas, dentre outros.

Os sistemas de armazenamento de energia têm sido tradicionalmente inviáveis economicamente, quando em escala comercial, o que tem sido contornado por evoluções nas tecnologias de armazenamento de energia elétrica.

Atualmente a viabilidade do emprego deste tipo de tecnologia considera três tipos de informações:

- a) Produção e consumo de eletricidade (perfis de carga);
- b) Características da bateria (armazenador), incluindo preço e desempenho;
- c) Preços e tarifas de eletricidade.

Alguns consumidores são cobrados a mais pelo uso de energia durante os horários de pico (prática conhecida como cobrança por demanda). O armazenamento de energia pode ser localmente usado para diminuir o pico de consumo (a maior quantidade de energia que um consumidor consome da rede), reduzindo assim a demanda e conseqüentemente o valor que os consumidores pagam pelos encargos de demanda.

Em nível residencial, a combinação de energia solar e de armazenamento só vale a pena quando existem condições específicas para tornar o valor do armazenamento maior que o custo de instalá-lo. Isso pode acontecer, por exemplo, quando o excesso de produção pode ser armazenado para consumo posterior; nesse caso, os consumidores precisam comprar menos energia empresa fornecedora e, assim, reduzir seus custos.

Dentre variadas possibilidades de utilização do armazenamento de energia existem os sistemas que se utilizam de tecnologias mecânicas baseadas volantes de inércia, no bombeamento de água em reservatórios (energia potencial gravitacional) e na compressão de ar.

O volante de inércia armazena energia rotacional através da aceleração de seu rotor de momento de inércia elevado de um motor que também funciona como gerador durante os períodos em que a energia elétrica está com custo reduzido (normalmente no período da madrugada).

No bombeamento de água em reservatórios a água é bombeada para o reservatório superior nos períodos de menor demanda de eletricidade e descarregada para o reservatório inferior gerando energia nos períodos de maior demanda (SERRA; ORLANDO; MOSSÉ, 2016).

A compressão de ar é utilizada atualmente como uma reserva para consumidores industriais e tem como objetivo basicamente nivelar a característica intermitente potência variável da geração de energia de fonte eólica.

Este sistema baseia-se na compressão em cavernas rochosas ou de sal durante os períodos de eletricidade de baixo custo. A energia armazenada é liberada utilizando-se gás natural para promover o aquecimento e a ignição desta mistura durante os períodos de pico de demanda nos quais o custo da energia elétrica é mais elevado. A mistura passa por uma turbina de expansão onde é queimada para acionar o gerador elétrico (SERRA; ORLANDO; MOSSÉ, 2016).

As novas tecnologias de armazenamento requerem investimentos com a finalidade de comprovar a viabilidade e consequente inserção no mercado. Este tipo de ação tem sido pesquisado para aprimorar o uso das novas energias renováveis na matriz energética brasileira.

Somente mediante toda a experimentação científica, brevemente sintetizada anteriormente, possibilitou todo o decorrente desenvolvimento tecnológico para a produção de energia elétrica. Percebeu-se que neste formato de energia permitiu grande flexibilidade para a sua utilização final (BURATTINI, 2008, p.47).

A energia proveniente de uma hidroelétrica tem como princípio de funcionamento a utilização da energia potencial gravitacional da água contida em um reservatório mais elevado convertida em energia cinética durante o escoamento por meio de dutos.

A energia eólica já era utilizada para a realização de trabalhos mecânicos ao longo da história como, por exemplo, na utilização dos moinhos. Atualmente também são utilizados os aerogeradores nos quais o vento gira as suas pás e estas por fim, fornecem energia mecânica para o gerador elétrico.

No ensino médio é de grande importância a relação entre a Física e outras áreas como, por exemplo, as Ciências Humanas. Desta forma espera-se melhorar a predisposição do aluno no processo de ensino-aprendizagem, pois os conteúdos passam a obter maior contextualização sociocultural para os conhecimentos de Física aos fatos históricos e sociais relacionados podem fornecer maior relevância aos assuntos aprendidos. Também é necessário considerar que o aluno será um futuro profissional e em qualquer área que seja escolhida necessitará conviver e interagir em um universo complexo, permeado pela tecnologia em constantes mudanças. Será de relevante importância que este futuro profissional utilize das competências em Física para lidar com sua atual realidade (KAWAMURA; HOSOUME, 2003).

Segundo as teorias de Vygotsky, a atividade de aprendizagem que envolva a conscientização e a vontade dos alunos, lhes permite assumir o controle de sua atenção e memória, o que é essencial para o processo de aprendizagem.

Este trabalho foi planejado sob o ponto de vista da psicologia cognitiva, a qual prioriza o processo mental superior, que abrange: a percepção, o pensamento, a formação de conceitos e a memória.

Portanto foram consideradas as representações mentais (construção e uso) e o processamento da informação especialmente nas atividades com a nuvem de palavras e os mapas conceituais.

Por se tratar de uma turma de alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA), todos trabalhadores e na maioria, foi abordada a questão da energia no ensino médio, ressaltando também o seu papel econômico na sociedade, visando reforçar a relevância deste conteúdo.

Por fim, foram realizadas demonstrações experimentais com o objetivo de proporcionar mais momentos de aprendizagem, em complemento às aulas tradicionais. Assim, o aluno foi levado a assumir uma participação mais ativa no processo de aprendizagem, sendo estimulado a descobrir e analisar os fenômenos envolvidos para chegar aos conceitos e organizá-los em sua memória.

De uma forma geral, dentre os fundamentos nos quais se baseiam as teorias cognitivas, temos o fato de que cada indivíduo, neste caso “o aluno”, traz consigo determinadas informações, normalmente de acordo com os seus interesses próprios, meios nos quais conviveu e até mesmo suas características pessoais. Na tentativa de mapear e quantificar esses conhecimentos prévios, muitas vezes utiliza-se a nuvem de palavras, algo que tem se mostrado ágil e apropriado para esta tarefa.

De uma maneira geral, as teorias cognitivas consideram como pontos principais: a natureza da representação mental (os processos envolvidos na sua construção e no seu uso) assim como no processamento da informação pelo aluno (LEFRANÇOIS, 2016, p.218).

Compreender o conceito de energia, suas várias formas, como pode ser convertida de uma forma em outra, requer do estudante certo grau de abstração e conhecimentos específicos em áreas relacionadas à Física. Conceitos apresentados em áreas tais como: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo são fundamentais para a compreensão desse tipo de assunto.

3 FUNDAMENTOS SOBRE AS TEORIAS FÍSICAS

Neste capítulo, abordam-se os fundamentos dos fenômenos Físicos associados ao tema da proposta.

3.1 O QUE É ENERGIA

A palavra energia é empregada em muitas áreas do conhecimento, tais como: Física, Biologia, História, Tecnologia, Geopolítica, Ecologia, etc. Em cada uma dessas áreas, apesar de se tratar de um mesmo conceito, é apresentada de diferentes formas a depender do contexto na qual aparece.

O primeiro emprego registrado para esta palavra foi por volta do século III a.C. pelo filósofo grego Aristóteles com a expressão “energéia” no sentido de “força de expressão ou de manifestação”. Nessa época passou a ser relacionada com as máquinas simples e cujas fontes de energia eram a própria força física do homem ou de animais e o termo “energéia” passou a ser associado a “algo” que deve estar sendo “transferido” do homem ou animal para a máquina, pois do contrário nada seria realizado (BURATTINI, 2008. P103).

A Física passou a adotar esta palavra originária da Filosofia e que passou a ter a seguinte conceituação: “Energia é a capacidade que um sistema tem, de realizar trabalho” (BURATTINI, 2008, p. 25).

Na Natureza a energia pode se apresentar sob algumas diferentes formas como, por exemplo, química, térmica, cinética, elétrica, nuclear, etc.

Trabalho de uma Força

O trabalho de uma força é definido como a quantidade de energia consumida na execução de uma tarefa. Hoje em dia, por se tratar de uma quantidade de energia, sua unidade de medida no Sistema Internacional é o Joule (**J**).

Se cálculo do trabalho realizado for uma força constante “F”, aplicada em um corpo, durante um determinado deslocamento “d” é realizado pela resolução da equação (1), apresentada a seguir:

$$T = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad (1)$$

Na qual, T representa o trabalho, d o deslocamento do corpo durante a aplicação de uma força constante F .

Na equação, há a necessidade do cálculo de um produto escalar entre a força e o deslocamento, ambos tomados como sendo quantidades vetoriais. Como resultado desse produto, dá-se origem a uma quantidade escalar, o trabalho.

Potência

A capacidade de realizar um trabalho com maior ou menor rapidez define a grandeza conhecida como potência, cuja unidade no SI é o Watt (W).

Empregando-se a grandeza escalar trabalho (T) realizado durante um intervalo de tempo (Δt), temos a expressão para a potência (P) cuja magnitude é apresentada na equação (2):

$$P = \frac{T}{\Delta t} \quad (2)$$

Quanto maior o trabalho realizado pela força em um dado intervalo de tempo, maior será a potência, ou seja, P e T são diretamente proporcionais.

O quilowatt-hora

Embora a unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades (SI) seja o Joule (J), as concessionárias de energia elétrica utilizam o quilowatt-hora (kWh) nas suas faturas entregues aos consumidores para mensurar a quantidade de energia utilizada por um consumidor. Utilizando a equação (2), podemos reescrevê-la assim (3):

$$T = P \cdot \Delta t \quad (3)$$

Podemos transformar o que é fornecido como leitura pela concessionária de energia para o Sistema Internacional (SI) da seguinte maneira (4):

$$1 kWh = 1 kW \cdot 1 h = 1000 W \times 3600 \quad (4)$$

Na utilização da unidade kWh, embora não seja uma unidade do SI, os menores valores numéricos tornam-na mais prática para o cotidiano das pessoas.

Energia cinética

Intuitivamente, ao observar vários fenômenos da natureza tais como: ventos, água em movimento, cachoeiras, etc., as pessoas associam a energia a algo que está em movimento.

Denomina-se energia cinética a energia que um corpo possui quando se encontra em movimento.

Percebe-se também, a partir de algumas observações, que a energia dos corpos em movimento está associada com a sua velocidade. Por exemplo, um acidente de automóvel em baixa velocidade e outro em alta velocidade produzem efeitos completamente distintos. Qual causa mais danos ao veículo e aos seus passageiros? Com certeza irá se responder que é o segundo caso, o dos veículos em alta velocidade.

Utilizando-se outro exemplo semelhante, agora não em relação às velocidades, mas sim considerando as massas: um acidente envolvendo, por exemplo, dois carros de passeio e um envolvendo um carro de passeio e um caminhão. Ambos ocorrendo à mesma velocidade. Qual deles teria maior potencial de produzir danos?

Estas percepções são sintetizadas na fórmula da energia cinética, apresentada na equação (5):

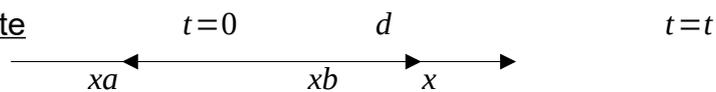
$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (5)$$

Trabalho e variação de energia cinética

De acordo com a definição do trabalho realizado por uma força constante (Equação 2) ao mover um objeto sobre um plano, de um primeiro ponto hipotético “a” até outro “b” (6).

$$T = F \cdot d$$

Força constante



$$d = xb - xa$$

$$vb = va + \frac{F}{m} \cdot \Delta t = va + \frac{F}{m} \cdot t \rightarrow \frac{vb - va}{\frac{F}{m}} = t$$

$$xb = xa + va \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{m} \cdot t^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow d = va \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{m} \cdot t^2 = t \left(va + \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{m} \cdot t \right)$$

$$d = \frac{vb - va}{\frac{F}{m}} = \left[va + \frac{1}{2} \cdot (vb - va) \right] =$$

$$= -) =$$

$$Fd = \frac{m}{2} (vb - va) \cdot (vb + va) = \dot{c}$$

$$\frac{m}{2} (vb^2 - va^2) = \frac{m}{2} \cdot vb^2 - \frac{m}{2} \cdot va^2 =$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot vb^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot va^2$$

$$Fd = \Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_b^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_a^2 \quad (6)$$

Portanto concluímos que o trabalho de uma força constante tem como resultado a variação de energia cinética de um objeto entre dois pontos arbitrários: a e b.

É possível perceber que a energia cinética no ponto “b” (E_{cb}) é a mesma que o objeto possuía quando estava no ponto “a” (E_{ca}), acrescida do valor da energia que pela realização de um trabalho (Tab) pela força constante F (7):

$$Tab = F \cdot d \quad (7)$$

Temos, portanto (8):

$$E_{cb} = E_{ca} + Tab$$

$$Tab = E_{cb} - E_{ca}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_a^2 + \frac{2 \cdot m \cdot a}{2} \cdot d \quad (8)$$

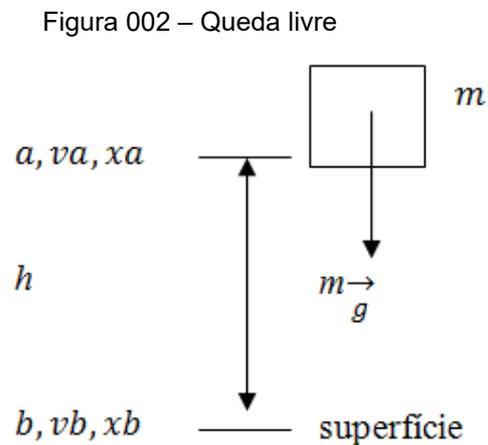
Esse resultado é bem mais fundamental e vale mesmo no caso de forças que não permanecem constantes durante o percurso do objeto entre os dois pontos arbitrários quaisquer. Muitas vezes esse resultado é denominado de “Teorema do Trabalho energia”.

Como resultado geral, o trabalho realizado pela resultante das forças atuantes em um objeto é igual à sua variação de energia cinética.

Energia Potencial gravitacional

A energia potencial gravitacional é uma forma de energia associada à posição particular que um objeto está em relação a um referencial denominado de “Referencial Gravitacional”.

Analisemos a situação em que um objeto encontra-se a uma determinada distância (altura) h de uma superfície qualquer, como na Figura 002:



Fonte: O autor.

Força constante ($F=m.g$) (9)

$$A = \frac{F}{m} = g$$

$$v_b = v_a + at = v_a + \frac{F}{m}t \rightarrow v_b - v_a = \frac{F}{m}t \rightarrow t = \frac{(v_b - v_a)}{\frac{F}{m}}$$

$$x_b = x_a + vat + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow x_b - x_a = h = vat + \frac{1}{2}\left(\frac{F}{m}\right)t^2$$

$$= \frac{v_b - v_a}{\left(\frac{F}{m}\right)} \left[v_a + \frac{1}{2}(v_b - v_a) \right] \quad (9)$$

4

Do resultado apresentado anteriormente temos que (10):

$$F \cdot h = \Delta E_c \rightarrow mgh = \Delta E_c = Tab \quad (10)$$

Nas proximidades da superfície terrestre, esse objeto, cuja massa é igual a m , está sujeito à força gravitacional, cujo módulo é dado por $F_G = mg$. No caso de ser essa a única força a atuar no objeto, esse é acelerado (“cai”) em direção à superfície da Terra. Esse é frequentemente um assunto abordado nos cursos de Mecânica e é denominado de o “Problema de um corpo em queda livre”

De acordo com o equacionamento apresentado anteriormente, o resultado do Teorema trabalho energia para essa situação fica expresso como (11):

$$E_{pg} = \Delta E_c = m \cdot g \cdot h \quad (11)$$

A quantidade, assim como a cinética, é um tipo de energia. Denomina-se a quantidade de energia potencial do tipo gravitacional, a qual depende da configuração do sistema. No caso, sua posição em relação à superfície considerada. Como resultado mais fundamental, a situação é interpretada como, havendo-se um processo de transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética do corpo à medida que esse se move em direção à superfície terrestre. Em geral, essa superfície é tomada como sendo o referencial gravitacional, no qual a energia potencial é tomada como sendo zero.

Então, a energia potencial gravitacional “ E_{pg} ” de um corpo, em relação a esse referencial gravitacional é dada por (12):

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h \quad (12)$$

Energia Potencial elétrica

De forma também análoga, para a definição da energia potencial elétrica podemos considerar a situação mais simples de uma carga colocada em um campo elétrico constante, tal como o que é criado por duas placas e paralelas uniformemente carregadas.

Ao colocar uma carga elétrica puntiforme entre essas placas, a carga elétrica se deslocará de um ponto “a” ao ponto “b” sob a ação da força elétrica (13):

$$F = q \cdot E \quad (13)$$

Durante seu percurso entre os pontos arbitrários “a” e “b”, o trabalho (***Tab***) realizado pela força elétrica é dado por (14):

$$Tab = q \cdot E \cdot d \quad (14)$$

A quantidade Ed é associada à variação do potencial elétrico V , quando a carga se desloca entre os pontos arbitrários escolhidos. Então (15):

$$Tab = q \cdot \Delta V = \Delta Ec \quad (15)$$

O resultado é interpretado como o de haver uma transformação da energia potencial elétrica em energia cinética da carga em questão. Essa transformação é a que é capaz de produzir corrente elétrica em um circuito elétrico fechado.

Produção de corrente elétrica por um fluxo magnético variável

O fenômeno do estabelecimento de uma corrente elétrica em um circuito fechado, a partir da variação do fluxo magnético em seu interior, é denominado de indução eletromagnética. A corrente assim estabelecida recebe a denominação de corrente induzida.

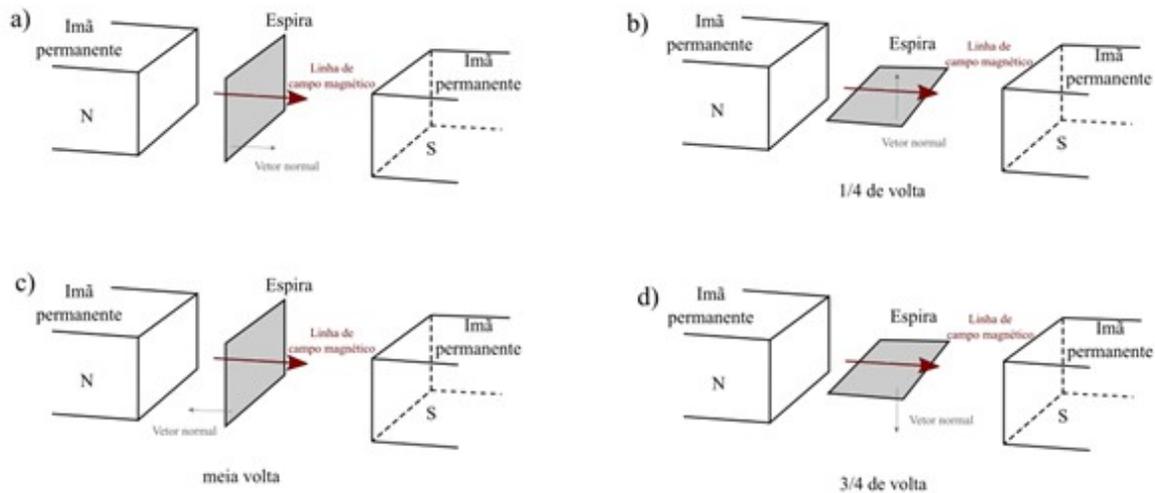
O fluxo magnético através de uma superfície está ligado à quantidade de linhas de indução que penetram.

Observa-se que sempre que ocorre uma variação desse fluxo magnético através desse ou de um circuito fechado é estabelecida nesse circuito uma corrente induzida. Além disso, observa-se também que o sentido da corrente elétrica estabelecida no circuito quando o fluxo aumenta é contrário ao que é estabelecido quando o fluxo é diminuído.

Esse fenômeno é fundamental para se gerar corrente elétrica pelo dispositivo mostrado na Figura 2, uma simplificação de um dispositivo conhecido como “alternador”.

O dispositivo é constituído basicamente de uma espira, a qual é posta a girar em uma região de campo magnético, estabelecida por um par de ímãs permanentes, dispostos como mostrado na Figura 003 e por uma questão de simplicidade, apenas uma linha de campo magnético é apresentada.

Figura 003 – Geração de corrente em uma bobina



Fonte: O autor.

Imaginemos que a espira inicialmente está com sua superfície perpendicular à direção do campo como mostrado na Figura 2a (o vetor normal à superfície paralelo ao campo magnético). Neste ponto o fluxo do campo magnético é máximo.

Ao se rotacionar a espira no sentido anti-horário, como mostrado na Figura 2b, o fluxo decresce, até que se torna nulo, na situação em que a superfície da bobina fica paralela à direção do campo, Figura 2b (vetor normal perpendicular à direção do campo magnético).

Continuando o movimento de rotação, o fluxo volta a aumentar até que se torna máximo novamente, na situação em que a espira gira de meia volta. No entanto, nesta situação, o vetor normal à superfície da espira é antiparalelo à direção do campo magnético. Seguindo a análise, ao continuar seu giro, o fluxo na espira decresce novamente até que se anula no momento em que a espira completa três quartos de volta, Figura 2d (vetor normal perpendicular ao vetor campo magnético). Ao continuar seu giro, o fluxo do campo magnético na espira volta a

aumentar e atinge seu valor máximo novamente. Ao continuar seu giro, tudo o que foi apresentado anteriormente se repete.

Como dito anteriormente, a corrente na espira possui direções diferentes no caso do aumento ou diminuição do fluxo do campo magnético que a atravessa. Portanto, quando o fluxo diminui, a corrente flui em um sentido, e quando diminui no sentido oposto. Estabelece-se na espira uma corrente dita alternada.

Na usina hidrelétrica, por exemplo, a energia potencial da água armazenada em uma represa se transforma em energia cinética durante sua queda pela tubulação. Essa energia é usada para fazer girar uma turbina ligada a um conjunto de espiras, as quais estão imersas em uma região de campo magnético. Esse conjunto possui comportamento semelhante ao da espira da Figura 2 e, portanto, ligado a um circuito elétrico (redes de transmissão e de distribuição), é capaz de gerar uma corrente elétrica alternada, a qual é transmitida para o consumo residencial ou industrial pelo país.

2 REFERENCIAIS TECNOLÓGICOS

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

A energia é fundamental para o desenvolvimento humano e a prosperidade. Sob essa perspectiva, vale ressaltar a invenção do motor a vapor com a consequente revolução industrial e o uso de energia pela civilização.

No ensino médio o conceito de energia é considerado um dos mais complexos no processo de ensino-aprendizagem, pois é empregado em várias disciplinas e sob diferentes aspectos. Os conceitos básicos procuram descrever e explicar como o mundo funciona. O ensino científico no ensino médio dificilmente promove uma compreensão de fácil assimilação desse conceito. Muitas vezes os alunos aprendem a usar expressões que “resolvem” determinadas situações, sem entender o significado de energia.

O conceito de energia é muito utilizado no cotidiano científico e acadêmico dos estudantes. No entanto, muitas vezes é colocado de lado por eles quando tentam explicar os vários fenômenos naturais que observam diariamente. Existem cinco estruturas principais para a interpretação do conceito de energia:

Sobrevivência de seres vivos. Considerada essencial para a preservação da vida, como se tivéssemos um equilíbrio entre ganhos e perdas de energia.

Força e energia. Alguns estudos mostram que os alunos costumam usar os termos força e energia como sinônimos e que, se puderem distingui-los, o fazem de maneira a manter um relacionamento entre eles.

Combustível. Concepção associada ao senso comum sobre o esgotamento futuro de fontes de energia usadas pelo homem.

Fluido. A energia é vista como algo que pode fluir de um corpo para outro ou como algo que lhe é latente.

Energia armazenada. Um modelo de armazenamento de energia que requer objetos capazes de armazenar a energia necessária para promover alterações em outros objetos que entrem em contato com eles.

A energia elétrica é uma das formas mais comuns de energia usada no planeta cuja descoberta permitiu um grande desenvolvimento tecnológico, transformando a eletricidade em outras formas de energia (BARBOSA, 2006, p.22).

Existem muitas formas de armazenamento de energia. Dentre elas destacam-se as que utilizam:

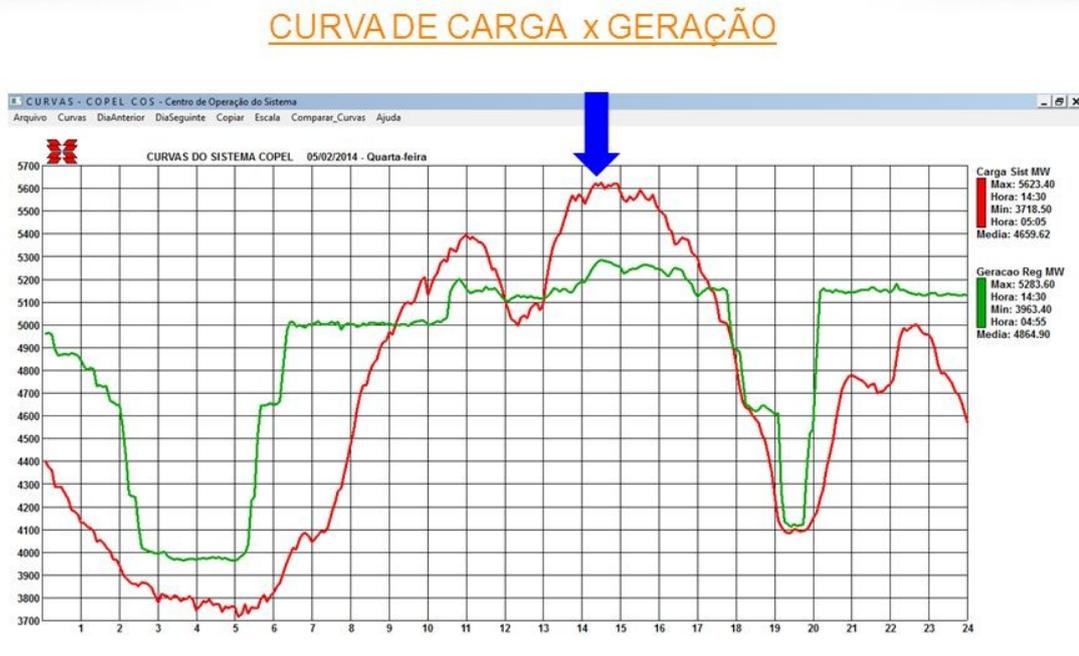
- Baterias que empregam uma variedade de soluções de armazenamento eletroquímico.
- Baterias de fluxo nas quais a energia é armazenada diretamente na solução de eletrólitos, permitindo ciclos de carga e descarga.
- Térmica na qual calor é convertido em energia elétrica.
- Volantes, os quais são dispositivos mecânicos que transformam a energia rotacional em elétrica.
- Ar comprimido, o qual pode gerar energia elétrica pela rotação de sistemas que envolvem bobinas elétricas.
- Hidrelétrica bombeada a qual converte energia potencial hidráulica em energia elétrica, pela rotação de turbinas.

A escolha da tecnologia de armazenamento de energia é tipicamente ditada pela aplicação, economia, integração ao sistema e disponibilidade de recursos.

O armazenamento de energia tem muitos benefícios. É particularmente importante para o desenvolvimento e integração de tecnologias que envolvam fontes renováveis de energia. Algumas fontes de energia renovável têm perfis de geração intermitentes, o que significa que a eletricidade só é produzida quando, por exemplo, o sol está brilhando ou quando o vento está soprando. Isso cria discrepâncias entre oferta e demanda, uma vez que pode haver a necessidade de energia elétrica, mesmo na ausência de sua produção por fontes renováveis. Na Figura 005 ilustra-se esse fato.

Atualmente, as redes fornecem eletricidade em tempo real, o que significa que a eletricidade está sendo constantemente produzida para atender à demanda do consumidor. Como resultado, os sistemas de geração de eletricidade são construídos para atender ao pico de demanda.

Figura 004 – Curva de carga x geração



Mercado COPEL : 4 milhões de consumidores

Demanda Máxima Verificada: 5668 MW (05/02/2014 – 14h57min) T=33 °C



Fonte: SLIDEPLAYER. Planejamento, coordenação e operação. [2016]. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10704968/37/images/37/CURVA+DE+CARGA+x+GERA%C3%87%C3%83O.jpg>. Acesso em: 12 abr. 2021.

Dentre várias possibilidades, o armazenamento de energia permite:

- 1.1 Armazenar energia para ser utilizada em períodos de maior demanda.
- 2.1 Atenuar as pequenas flutuações na produção de energia em pequenas e/ou grandes fontes de geração.
- 3.1 Utilização na área de transportes por: veículos elétricos, trens, bicicletas, dentre outros.

Os sistemas de armazenamento de energia têm sido tradicionalmente inviáveis economicamente, quando em escala comercial, o que tem sido contornado por evoluções nas tecnologias de armazenamento de energia elétrica.

Atualmente a viabilidade do emprego deste tipo de tecnologia considera três tipos de informações:

- Produção e consumo de eletricidade (perfis de carga);
- Características da bateria (armazenador), incluindo preço e desempenho;
- Preços e tarifas de eletricidade.

Alguns consumidores são cobrados a mais pelo uso de energia durante os horários de pico (prática conhecida como cobrança por demanda). O armazenamento de energia pode ser localmente usado para diminuir o pico de consumo (a maior quantidade de energia que um consumidor consome da rede), reduzindo assim a demanda e conseqüentemente o valor que os consumidores pagam pelos encargos de demanda.

Em nível residencial, a combinação de energia solar e de armazenamento só vale a pena quando existem condições específicas para tornar o valor do armazenamento maior que o custo de instalá-lo. Isso pode acontecer, por exemplo, quando o excesso de produção pode ser armazenado para consumo posterior; nesse caso, os consumidores precisam comprar menos energia empresa fornecedora e, assim, reduzir seus custos.

ATIVIDADE: Nuvem de palavras

As TIC ou Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC consistem em ferramentas que podem ser úteis no aprimoramento do trabalho do professor na articulação de atividades e interações dentro ou mesmo fora da sala de aula, realizado em um ambiente virtual de aprendizagem. Permite ao professor ter uma noção de maneira ágil quanto ao conhecimento acumulado pelo aluno.

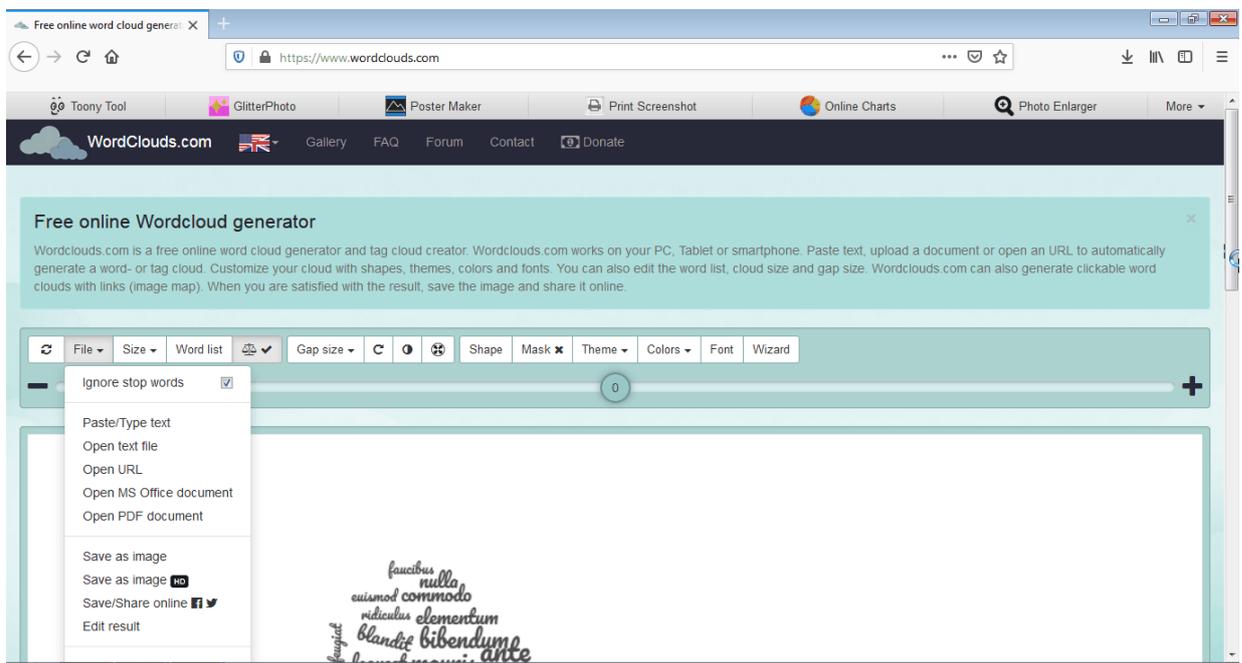
No caso específico dos cursos de física da Educação de Jovens e Adultos (EJA) no ensino médio, estas novas tecnologias podem ser aliadas importantes no processo de ensino e aprendizagem de conteúdo. De maneira geral, o uso das TIC pelos professores pode permitir o enriquecimento de recursos didáticos para a interação entre o aluno e o professor.

Apresenta ainda um ganho na redução do tempo utilizado, pois, um material didático inteiro, como, por exemplo, uma apostila em formato digital pode ser convertida sinteticamente em uma nuvem de palavras. O resultado é apresentado em apenas uma página, na qual a relevância ou incidência de cada palavra ou conceito dentro do tema abordado é ressaltada pelo tamanho da fonte a ser utilizada, em geral um maior tamanho da fonte está associado a um conceito que se pretende dar maior visibilidade ou importância.

Assim, o professor consegue visualizar rapidamente as principais lacunas ou deficiências apresentadas pelo aluno.

O “Wordcloud” foi escolhido por ser um programa online e gratuito que cria nuvens de palavras. Além de ser de fácil utilização existem vários recursos como: importação de arquivos de texto em diferentes formatos, definição de resolução, edição manual da lista de palavras, etc. Permite ao usuário um tipo de visualização gráfica muito empregada atualmente. A tela inicial do Wordcloud é apresentada na Figura 03.

Figura 009 – Nuvem de palavras



Fonte: O autor.

Na Figura 010 está apresentada como exemplo a nuvem de palavras que pode ser utilizada para o preenchimento pelos alunos.

Aplicação da nuvem de palavras

Na atividade 1 serão verificados os conhecimentos prévios sobre o tema energia. Para isso foi montada a nuvem de palavras apresentada na Figura 011, a qual foi desenvolvida utilizando-se o aplicativo “Wordcloud”. A nuvem de palavras será entregue individualmente a cada um dos alunos, pedindo-se que eles a olhem cuidadosamente. Após a visualização inicial, deverá ser solicitado que eles circulem os assuntos que ao menos já tido contato no nível fundamental e tenham condições de explicá-los ao colega vizinho. Ao término da atividade serão recolhidas as folhas com o nome do aluno.

Na atividade 2 será realizada a análise dos resultados a fim de verificar de maneira geral o entendimento que os alunos possuam quanto ao tema energia.

Leitura dos textos

Na atividade 3 será entregue o texto impresso (*Flywheel*) para leitura e discussão.

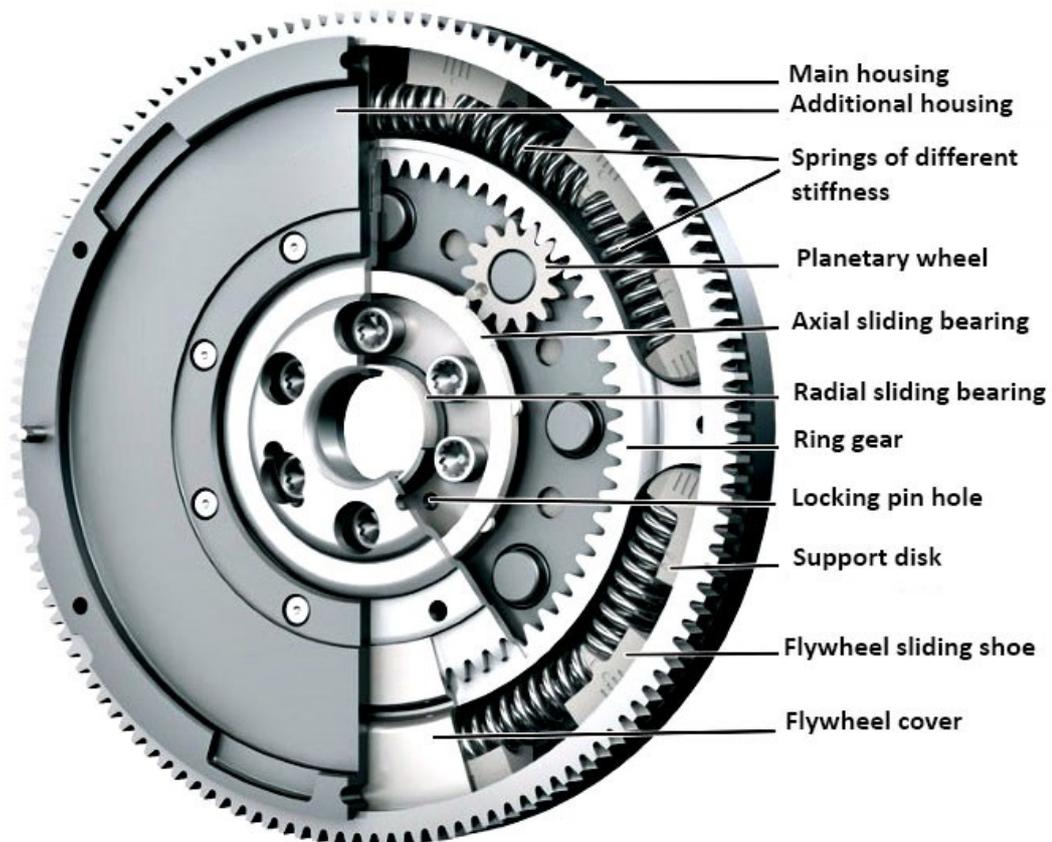
Na atividade 4 será entregue o texto impresso (Armazenamento Hidrelétrico Bombeado) para leitura e discussão.

Na atividade 5 será entregue o texto impresso (Geração de energia usando-se ar comprimido) para leitura e discussão.

TEXTO: Flywheel

Um Flywheel (volante) (Figura 011) é um dispositivo mecânico rotativo usado para transformar energia rotacional em elétrica. Basicamente, um volante aciona um dispositivo semelhante a uma turbina para produzir eletricidade.

Figura 011 – Flywheel (volante)



FLYWHEEL CONSTRUCTION

Fonte: NEWKIDSCAR. Engine Construction. [2021]. Disponível em: <https://www.newkidscar.com/wp-content/uploads/2019/08/flywheel-construction.jpg>. Acesso em: 05 mai. 2021.

A tecnologia do volante possui propriedades que permitem melhorar nossa atual rede elétrica. Um volante é capaz de receber energia de fontes intermitentes e injetá-las na rede elétrica.

Os volantes são tradicionalmente feitos de aço e giram em rolamentos convencionais; estes são geralmente limitados a uma taxa de revolução de alguns milhares de rotações por minuto (RPM). Nos projetos mais avançados, os volantes são feitos de materiais como fibra de carbono, armazenados em vácuo para reduzir o arrasto e empregam levitação magnética em vez de rolamentos convencionais.

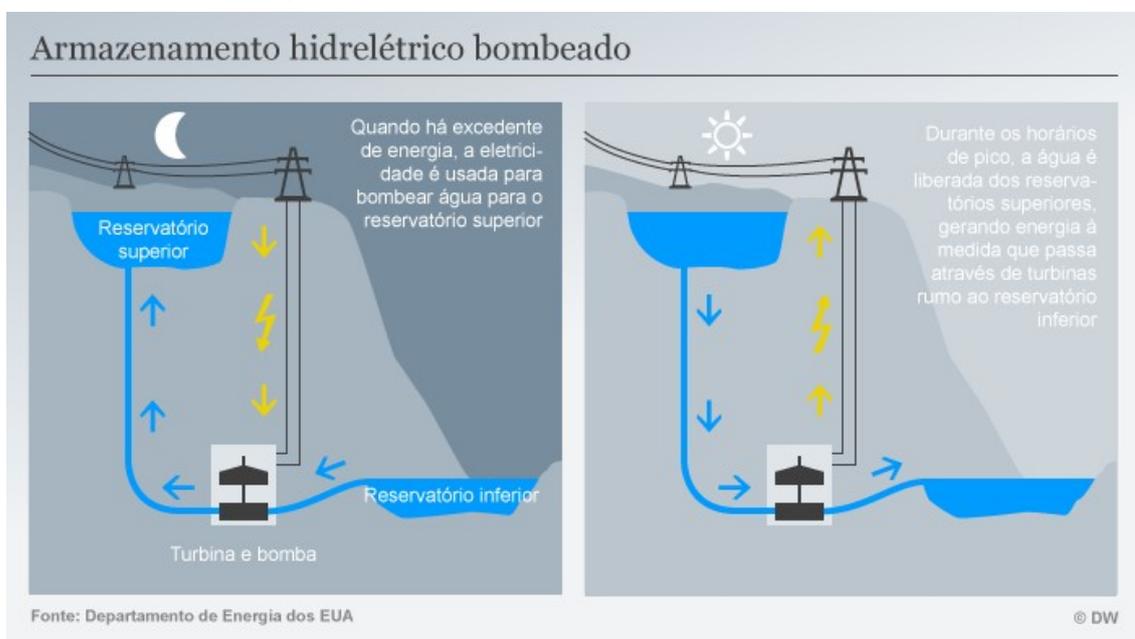
TEXTO: Armazenamento Hidrelétrico Bombeado

A força gravitacional é de fundamental importância para sustentar uma das tecnologias de geração de energia mais utilizadas no Brasil: a hidrelétrica bombeada.

Uma barragem hidrelétrica convencional utiliza um fluxo de água através de uma turbina, quando esta se desloca de um nível mais alto para um mais baixo de um reservatório. No processo, energia potencial gravitacional armazenada pela água é convertida em energia cinética do movimento das pás de uma turbina a qual finalmente é energia elétrica injetada na rede elétrica conectada às residências e indústrias de um local.

Durante períodos de alta demanda de eletricidade, a energia elétrica assim produzida é liberada. Durante períodos de baixa demanda, o reservatório superior é recarregado por bombeamento usando eletricidade armazenada na rede elétrica. O processo é mostrado esquematicamente na Figura 012.

Figura 012 – Armazenamento hidrelétrico bombeado



Fonte: INFRAROI. Análise: Mudanças climáticas podem acabar com hidrelétricas? [2018]. Disponível em: https://www.dw.com/image/42812457_401.png. Acesso em: 8 jun. 2021.

Essa geração de energia é, muitas vezes, bastante eficiente (a eficiência por ciclo chega a mais de 80%).

Embora as instalações de armazenamento por bombeamento em um primeiro momento não pareçam fazer muito sentido, podem ser muito econômicas, pois a diferença de preço do kWh pode chegar a ser 16 vezes menor dependendo com o horário de consumo, conforme mostrado na Figura 013.

Figura 013 – Custo da energia elétrica de acordo com o horário

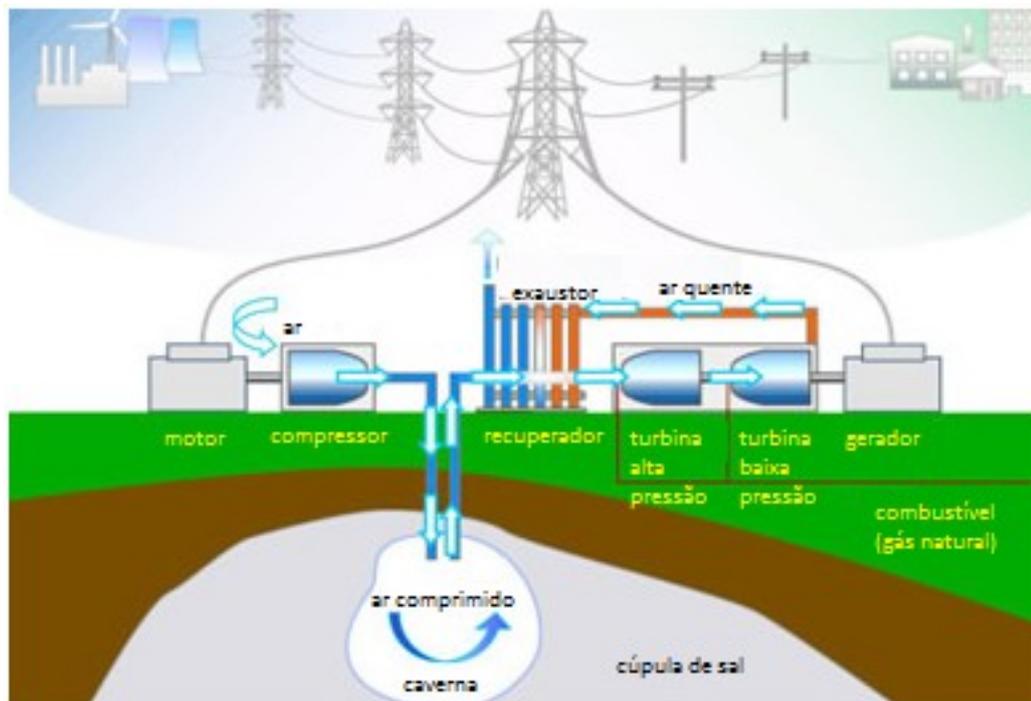
MODALIDADES TARIFARIAS HORARIAS												
Modalidade Tarifária Azul - Grupo A												
SUBGRUPO	TUSD			TE								
	DEMANDA PONTA	DEMANDA FORA DE PONTA	R\$/kWh	PONTA				FORA DE PONTA				
				TE	BAND. * AMARELA	BAND. VERDE 1	BAND. VERDE 2	TE	BAND. * AMARELA	BAND. VERDE 1	BAND. VERDE 2	
	R\$/kW	R\$/kW	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	
A3 (69kV)	14,25	5,88	0,06359	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
A3a (30 a 44kV)	31,83	13,75	0,07979	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
A4 (2,3 a 25kV)	31,83	13,75	0,07979	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
A5 (Subterrâneo)	63,86	14,10	0,10741	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
Modalidade Tarifária Verde - Grupo A												
SUBGRUPO	TUSD			TE								
	DEMANDA R\$/kW	PONTA	FORA DE PONTA	PONTA				FORA DE PONTA				
				TE	BAND. * AMARELA	BAND. VERDE 1	BAND. VERDE 2	TE	BAND. * AMARELA	BAND. VERDE 1	BAND. VERDE 2	
	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	
A3a (30 a 44kV)	13,75	0,85456	0,07979	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
A4 (2,3 a 25kV)	13,75	0,85456	0,07979	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
A5 (Subterrâneo)	14,10	1,66291	0,10741	0,43245	0,015	0,040	0,060	0,25950	0,015	0,040	0,060	
Modalidade Tarifária Branca - Grupo B												
SUBGRUPO	ENERGIA ELÉTRICA CONSUMO R\$/kWh			ADICIONAL BANDEIRAS R\$/kWh			Condições para opção tarifária em Baixa Tensão: transformador até 112,5kVA. Modalidade Tarifária Convencional: extinta em 24/06/2016. Solicitação de mudança tarifária somente após 12 faturamentos completos na modalidade anterior ou até o 3º faturamento após reajuste tarifário. Consulta a débitos, históricos de faturamento, consumo, demanda contratada e medida, fator de potência ou gráficos correlatos, simulação modalidade tarifária e 2ª via de fatura, acessar: http://www.copel.com > Agência Virtual.					
	Ponta	Intermed.	Fora Ponta	Amarela	Verde 1	Verde 2						
												R\$/kWh
B1 Residencial	0,94276	0,60704	0,44426	0,015	0,040	0,060						
B2 Rural	0,71650	0,46135	0,33764	0,015	0,040	0,060						
B3 Com/Industr.	0,98486	0,63230	0,45268	0,015	0,040	0,060						
TUSD - TARIFA DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO. TE - TARIFA DE ENERGIA, COMPOSTAS PELA PARCELA DE TRANSPORTE, PERDAS E ENCARGOS, TERMOS DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 464/11. AS TARIFAS TUSD E TE ESTÃO APRESENTADAS DE FORMA UNIFICADA NAS FATURAS A PARTIR DE 01/05/2015. * BANDEIRAS TARIFÁRIAS APLICAÇÃO A PARTIR DE 01/01/2015. INFORMAÇÕES: www.aneel.gov.br HORÁRIO DE PONTA: DAS 18H ÀS 20H59 - 2ª À 6ª FEIRAS (DAS 19H ÀS 21H59 NO HORÁRIO DE VERÃO). HORÁRIO FORA DE PONTA: DEMAIS HORAS DO DIAS, FINAIS DE SEMANA E FERIADOS NACIONAIS.												

Fonte: COPEL. Taxas e tarifas. [2019]. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela_tarifas.jpg/\\$FILE/tabela_tarifas.jpg](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela_tarifas.jpg/$FILE/tabela_tarifas.jpg). Acesso em: 13 out. 2019.

TEXTO: Geração de energia usando-se ar comprimido

A geração de energia elétrica pela utilização de ar comprimido é um método eficiente, limpo e econômico. Em 1973 a CAES (Compressed Air Energy Storage) instalou na Alemanha, a primeira usina de geração de energia usando ar comprimido. Esse ar é comprimido em cavernas subterrâneas nas imediações da planta, usando-se energia elétrica de baixo custo (a que é gerada fora dos horários de pico). Nos horários de maior demanda, o ar armazenado é liberado através de dutos para a movimentação das pás de turbinas, as quais gerarão energia elétrica, processo semelhante ao que ocorre em uma usina hidroelétrica. O processo é descrito esquematicamente na Figura 014.

Figura 014 –Compressed air energy storage



Fonte: MESSINA, John. Compressed Air Energy Storage: Renewable Energy. Phys.org, 2010. Disponível em: <https://scx1.b-cdn.net/csz/news/800/compressedai.jpg>. Acesso em: 12 abr. 2021.

Demonstrações Experimentais

Demonstração experimental da lata mágica

Na atividade 6 será realizado o experimento demonstrativo da lata mágica para observação e discussão.

Este experimento terá por finalidade demonstrar as transformações de energia cinética em potencial e vice-versa.

Sua confecção é bastante simples e são necessários os seguintes itens:

- a) 1 lata vazia;
- b) 1 objeto com aproximadamente 0,15 kg (nesse experimento utilizou-se uma porca de parafuso);
- c) 2 dois cliques de papel;
- d) 1 elástico;
- e) fita adesiva.

Inicialmente são feitos furos nas extremidades superior e inferior da lata, respectivamente, sua tampa e seu fundo. Por esses furos, passa-se o elástico. Feito isso, amarra-se o objeto escolhido no elástico de forma que este fique no centro e do elástico esticado. Por fim, utilizar os cliques para se segurar o elástico tanto na tampa quanto no fundo da lata. Vide Figura 015.

Figura 015 – Detalhe da lata mágica



Fonte: O autor.

No experimento, a lata mágica é posta a rolar sobre uma superfície plana qualquer. Ou seja, é fornecida energia cinética inicial à mesma. Por inércia, a porca inicialmente fica parada torcendo o elástico, o qual armazena energia na forma de energia potencial elástica. Ao final do rolamento, a energia potencial elástica armazenada no elástico é convertida novamente em energia cinética da lata, o que produz seu rolamento no sentido oposto ao do movimento inicial. Esse processo de conversão de uma energia em outra permanece até que a energia do sistema seja dissipada (pela produção de som, atrito, aquecimento das superfícies e etc.) até cessar o seu movimento de vai e vem.

Demonstração experimental dos dois cataventos

Na atividade 7 será realizado o experimento demonstrativo dos dois cataventos para observação e discussão.

Neste experimento será possível verificar-se as perdas que ocorrem nos processos de transformação de energia.

O experimento consiste em dois cataventos afixados em uma escada, cada um com uma polia adaptada ao seu eixo de rotação. Em cada uma das polias foi enrolado um fio de determinado comprimento, ao qual foi atada uma porca de parafuso.

Quando uma das porcas é solta de sua posição mais elevada em relação ao solo, faz-se com que o catavento gire, produzindo energia eólica que é utilizada pelo outro catavento colocado em suas proximidades.

Os alunos verificam que quaisquer que fossem os ajustes feitos nesse sistema, em nenhuma hipótese a energia era totalmente recuperada pelo catavento inicialmente em repouso, algo semelhante ao que ocorre sistema hidroelétrico bombeado.

Figura 016 – Demonstração experimental com dois cataventos



Fonte: O autor.

Ao final da demonstração calcula-se o trabalho realizado pela força gravitacional na porca que se desloca desde sua posição inicial até a posição em que o fio encontrar-se esticado totalmente. Além disso, serão discutidos os processos de perdas de energia envolvidas no processo e ainda as possibilidades tecnológicas necessárias na tentativa de armazenar a energia para uma posterior utilização.

Demonstração experimental com a bexiga e os cataventos

Na atividade 8 será realizado o experimento demonstrativo bexiga e cataventos para observação e discussão. Neste experimento será utilizada a mesma montagem do experimento anterior, acrescentando uma bexiga inflável e uma bomba manual, semelhante às que são utilizadas para o enchimento de bexigas de festa:

Figura 017 – Materiais para o experimento com a bexiga



Fonte: O autor.

Será demonstrado que, deve-se fornecer energia à bomba para se preencher a bexiga de ar, e que essa pode ser em parte recuperada, quando a bexiga se esvazia, devido às suas propriedades elásticas. Ao ser expelido, o ar do interior da bexiga pode produzir movimento dos cataventos, um processo de transformação de energia elástica em cinética do ar e das pás do catavento.

Neste processo o catavento girará, fazendo com que o objeto amarrado ao fio suba, armazenando energia potencial gravitacional. Como no experimento anterior será possível calcular o trabalho da força gravitacional sobre o objeto

amarrado ao fio e será possível a discussão das semelhanças e diferenças desse sistema com o de geração de energia por armazenamento de ar comprimido.

Figura 018 – Demonstração experimental com a bexiga e os cataventos



Fonte: O autor.

ATIVIDADE: Mapas conceituais

Os mapas conceituais têm como finalidade representar da forma mais detalhada possível, a relação entre vários conceitos sobre determinado assunto, quando estes se encontram fragmentados ou dispersos.

Esta ferramenta permite apresentar ideias por meio de ilustrações ou figuras, dentro de um contexto específico, relacionar causa e efeito, por semelhança ou simetria e assim tentar dar mais clareza a um assunto.

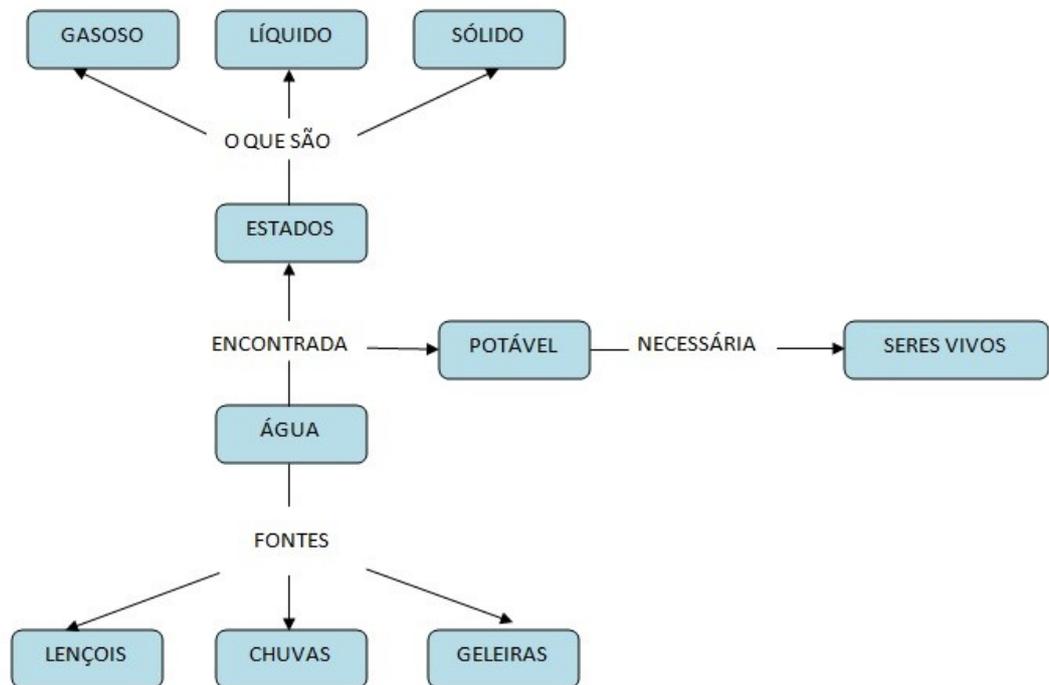
Os desenhos feitos em um mapa conceitual partem de um único centro a partir do qual as informações relacionadas são irradiadas. Eles podem ser feitos manualmente com canetas e folhas de papel ou com o auxílio de programas específicos de computador.

Este método de planejamento e gravação gráfica está cada vez mais sendo utilizado em todas as áreas do conhecimento humano.

No contexto deste trabalho serviu para os alunos expressarem a estrutura das suas ideias ao final dos assuntos abordados.

Na Figura 013 está apresentado um mapa conceitual que foi utilizado como exemplo para os alunos.

Figura 019 – Exemplo de mapa conceitual



Fonte: O autor.

Na atividade 9 será entregue um exemplo de mapa conceitual (Figura 12) para cada um dos alunos e lhes solicitar a construção de um mapa conceitual com os assuntos vistos nos experimentos descritos anteriormente.

Os mapas conceituais foram posteriormente analisados pelo professor e são apresentados na Atividade 10.

AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS

Segundo Souza Júnior (2017, p.6), pode ser utilizado como critérios para avaliação de mapas conceituais feitos por alunos os seguintes aspectos:

Conceito:

- a) Nenhum conceito relevante;
- b) Conceitos identificados, mas sem relação ao mapa proposto;
- c) Conceitos são identificados conforme o tema do mapa proposto.

Hierarquização:

- a) Conceitos trabalhados de forma ordenada com distinção dos conceitos mais gerais e o mais específicos

Relacionamento entre os conceitos:

1. Ligação inexistente entre os conceitos gerais e os específicos;
2. Existe ligação entre os conceitos gerais e específicos.
 - Clareza ao leitor:
 - Não existe clareza alguma no mapa ao leitor;
 - Existe clareza de leitura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto a Física explica e descreve os fenômenos de diferentes elementos da natureza, como eles funcionam e como eles reagem submetidos a diferentes situações, a tecnologia por sua vez nos ajuda a resolver problemas e a realizar tarefas utilizando-se do mundo ao nosso redor.

Por meio das pesquisas baseadas nos conceitos da Física, novos produtos têm surgido ou sido aprimorados para utilização no cotidiano das pessoas.

Com o avanço da tecnologia, a energia, como conceito, tornou-se parte de praticamente todos os aspectos de nossas vidas e torna-se cada vez mais importante no cotidiano. Ensinar o conceito de energia é desafiador, pois a maioria dos estudantes não o compreende adequadamente por tratar-se de um conceito abstrato no qual os professores de física necessitam desempenhar um importante papel.

Dentro das ciências naturais os experimentos científicos permitem aos alunos participarem de um ambiente propício para testar as teorias científicas e o de estabelecer as bases para o conhecimento científico.

O ensino experimental é também uma parte importante do trabalho no ensino médio, pois é uma das principais formas para cultivar a capacidade de analisar e resolver problemas que é uma das competências necessárias para os alunos.

Tornou-se comum observar as situações atuais nas quais o ensino de Física ocorre praticamente sem significado e exclusivamente por meio da utilização de conceitos memorizados, bem como leis e fórmulas, de forma desarticulada e distante da realidade vivida, tanto pelos alunos quanto dos próprios professores.

O conceito de energia quando é ensinado permite tornar cada aluno mais consciente quanto a formas utilização no cotidiano, buscando apresentá-lo não como um conhecimento científico pronto e definitivo, mas como uma área de estudo ainda em desenvolvimento e com vários desafios e necessidades.

Neste trabalho, procurou-se analisar as contribuições do tema “armazenamento de energia” para o ensino médio como forma de auxiliar na compreensão referente ao conceito de energia. Os resultados mostraram uma interessante ferramenta para o ensino e aprendizagem de Física.

Percebeu-se então que o produto gerado neste trabalho tem potencial para auxiliar o ensino de Física, especialmente na área Mecânica a qual foram aplicados os experimentos.

Proporcionou, portanto, uma abordagem de conteúdos sobre energia no Ensino Médio a partir de atividades práticas que normalmente são tratados de forma meramente teórica das discussões neste segmento de ensino.

Essa pesquisa em ensino de Física teve como um dos pontos principais a proposta da inserção de uma abordagem para o ensino do conceito de energia baseado nos desafios tecnológicos atuais, destinada a estudantes de Ensino Médio da Educação de Jovens e Adultos.

Foram priorizados os experimentos didáticos relacionados às atuais necessidades quanto ao armazenamento de energia, como forma de despertar nos alunos interesse e significado ao conteúdo estudado, especialmente tratando-se de alunos adultos já inseridos no mercado de trabalho com variadas profissões.

As atividades experimentais elaboradas foram relacionadas ao tema de Mecânica com a utilização de materiais acessíveis, baixo custo e fácil reprodução visando simplificar ao máximo aos professores que possuem tempo reduzido.

Os kits experimentais utilizados foram elaborados com a finalidade de relacionar cada parte do conteúdo selecionado ao correspondente dispositivo tecnológico discutido anteriormente no respectivo no texto. Ainda houve esforço tanto na elaboração quanto na utilização de cada experimento para despertar nos estudantes uma expectativa para favorecer o ambiente de aprendizagem. Estão detalhados no Apêndice - Produto Educacional, tal como utilizados de acordo com os critérios previamente detalhados com a finalidade de reprodução das atividades pelos docentes que porventura se interessarem nesta pesquisa.

Tendo-se como objetivo a aproximação entre a teoria e o cotidiano dos alunos buscando tornar a aprendizagem significativa, percebeu-se que os experimentos permitiram observar os alunos mais atuantes no que diz respeito à construção de seus próprios conhecimentos. Na maioria dos alunos verificou-se que o estímulo despertou o interesse por esta sequência de aulas, bem como a interação entre professor-aluno e aluno-aluno.

Verificou-se também que o uso dos experimentos auxiliou no desenvolvimento dos conceitos físicos com relativa progressão na compreensão dos conteúdos, considerando certa defasagem de uma turma da EJA.

Na primeira aula a nuvem de palavras apresentada permitiu uma rápida verificação dos termos e conceitos previamente conhecidos e relacionados ao tema pelo professor. Essa mesma atividade também foi interessante, pois permitiu uma percepção das formas de energia mais conhecidas pelo aluno (Gráfico 01).

Apurou-se que a maioria dos alunos associava o tema energia com a forma de energia solar poucos com a energia mecânica, ressaltando a necessidade de esmiuçar mais a segunda que já estava prevista para os experimentos já planejados. Se houvessem mais aulas disponíveis para esta sequência didática seria possível trabalhar mais formas de energia aproveitando estas informações levantadas.

Na segunda aula foram utilizados os três textos prévios (Flywheel, Armazenamento Hidrelétrico Bombeado e Compressed Air Energy Storage), relacionados respectivamente aos experimentos, permitiram correlacionar o atual estágio de tecnologia em armazenamento de energia com a Física em sala de aula.

Assim, a estratégia desta atividade era estabelecer o uso desses textos como organizadores prévios para os conceitos utilizados posteriormente nos experimentos a fim de facilitar ao aluno no encontro do significado.

Na terceira aula, a primeira experimental, os estudantes observaram com atenção a demonstração experimental da lata mágica, o qual despertou muito interesse e curiosidade nos alunos. Todos os alunos conseguiram associar o experimento ao respectivo texto. Essa atividade permitiu a discussão dos conceitos de energia cinética e energia potencial com a posterior avaliação por meio dos mapas conceituais.

Na quarta aula, a segunda experimental, os estudantes observaram com atenção a demonstração experimental dos dois cataventos, o qual despertou muito interesse e curiosidade nos alunos. Todos os alunos conseguiram associar o experimento ao respectivo texto. Essa atividade permitiu a discussão dos conceitos de energia cinética e energia potencial com a posterior avaliação por meio dos mapas conceituais.

Na quinta aula, a terceira experimental, os estudantes observaram com atenção o experimento da bexiga e do catavento, o qual despertou muito interesse e

curiosidade nos alunos. Todos os alunos conseguiram associar o experimento ao respectivo texto. Essa atividade permitiu a discussão dos conceitos de energia cinética e energia potencial com a posterior avaliação por meio dos mapas conceituais. Ao fim dessas três aulas experimentais os estudantes já tinham vivenciado as experiências e possuíam os pré-requisitos para uma abordagem mais quantitativa dos fenômenos observados.

Na sexta aula foram aplicados os mapas conceituais para posterior análise, conforme detalhamento no Capítulo 7. Esta atividade mostrou ainda que, naquela avaliação, alguns estudantes trouxeram referências ao fenômeno e aos experimentos realizados, evidenciando a aprendizagem e, portanto, a validade da atividade. Também, percebeu-se que alguns alunos apresentaram um acréscimo de palavras, comparando a primeira atividade (nuvem de palavras) com a última (mapa conceitual).

Como exemplos dos fatores que interferiram negativamente no processo de ensino e aprendizado, são eles: acentuada defasagem dos alunos da EJA, a reduzida carga horária presencial (20% da carga horária da disciplina presencial) e a tendência elevada para evasão escolar nesta modalidade de ensino.

Entretanto, um dos desafios deste trabalho era justamente trabalhar com as dificuldades acima em comum acordo com a equipe pedagógica. As aulas previstas no planejamento das atividades deveriam ter sido executadas para que pudesse obter resultados a respeito deste processo de aprendizagem.

Comparando-se a atividade inicial da nuvem de palavras com a posterior elaboração de mapas conceituais ao final, procurou-se identificar avanços conceituais e evidências da aprendizagem significativa. Os mapas conceituais permitiram, portanto, a verificação de como o aluno organizou os assuntos, considerando a limitação de tempo de uma hora-aula e conseqüentemente os possíveis resultados que poderiam ser obtidos.

Considera-se ainda como ponto positivo o uso da linguagem na qual foram utilizadas diferentes ferramentas didáticas (nuvem de palavras, leitura de textos, experimentos e mapas conceituais), pois raramente percebeu-se situação tediosa nos alunos, ou seja, houve considerável predisposição dos alunos para o aprendizado.

REFERÊNCIAS

BURATTINI, Maria Paula T. de Castro. **Energia: uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

COPEL. Taxas e tarifas. [2019]. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela_tarifas.jpg/\\$FILE/tabela_tarifas.jpg](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/tabela_tarifas.jpg/$FILE/tabela_tarifas.jpg). Acesso em: 13 out. 2019.

INFRAROI. Análise: Mudanças climáticas podem acabar com hidrelétricas? [2018]. Disponível em: https://www.dw.com/image/42812457_401.png. Acesso em: 8 jun. 2021.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. **A contribuição da Física para um Novo Ensino Médio**. Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003.

LEFRANÇOIS, Guy. R. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2016.

MESSINA, John. Compressed Air Energy Storage: Renewable Energy. Phys.org, 2010. Disponível em: <https://scx1.b-cdn.net/csz/news/800/compressedai.jpg>. Acesso em: 11 fev. 2019.

NEWKIDSCAR. Engine Construction. [2021]. Disponível em: <https://www.newkidscar.com/wp-content/uploads/2019/08/flywheel-construction.jpg>. Acesso em: 05 mai. 2021.

PORTAL ENERGIA SOLAR. Fotovoltaico + Gerenciamento de energia. [2015]. Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQeRPVI8uROwQiS6XmYp6SX7H6HCR6htOzXKoUc9z0MmMfAY7Hg&s>. Acesso em: 10 set. 2019.

SERRA, Eduardo T.; ORLANDO, Alcir de Faro; MOSSÉ, Acher; MARTINS, Nelson Martins. **Armazenamento de Energia: Situação atual, perspectivas e recomendações**. Comitê de Energia da Academia Nacional de Engenharia, 2016.

SLIDEPLAYER. Planejamento, coordenação e operação. [2016]. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10704968/37/images/37/CURVA+DE+CARGA+x+GE RA%C3%87%C3%83O.jpg>. Acesso em: 12 abr. 2021.

SOUZA JÚNIOR, Marinaldo Vilar et al. Mapas conceituais no ensino de física como estratégia de avaliação. Scientia Plena, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2017.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceitualização e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I - **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melódia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

Jairo Rodrigo Corrêa

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilha Igual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPGF ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX